



Universitetet  
i Stavanger

DET TEKNISK-NATURVITENSKAPELIGE FAKULTET

## MASTEROPPGAVE

Studieprogram/spesialisering:

**Konstruksjoner og materialer – Energi**

Vår.....semesteret, 2011.

Åpen / Konfidensiell

Forfatter:

**Jon Runar Kotthaus**

.....  
(signatur forfatter)

Fagansvarlig: **Kåre Bærheim**

Veileder(e):

Tittel på masteroppgaven: **Energieffektivisering av Gjesdal Gard**

Engelsk tittel:

Studiepoeng: **30**

Emneord:

Sidetall: .....

+ vedlegg/annet: .....

Stavanger, .....  
dato/år



# Energieffektivisering av Gjesdal Gard



Masteroppgave Våren 2011

Konstruksjoner og materialer, Energi

Universitetet i Stavanger

Jon Runar Kotthaus

## Sammendrag

Gjesdal Gard består av ett fjøs, ett redskapshus og to boliger. Garden har et samlet energiforbruk på 115 MWh årlig, noe eierne ønsker å redusere. Eksisterende og fremtidig energiforbruk blir avdekket og det påpekes forhold som bør utbedres. Deriblant er det ønskelig å installere ventilasjon med varmeveksling i boligene, samt oppgradere planene for ny bolig til passivhus. For å dekke fremtidig forbruk analyseres flere mulige energianlegg. Innledningsvis avdekkes forutsetninger og tilhørende kostnader for anlegg, deretter analyseres anleggene. Anlegg som er valgt for analyse er flisfyringsanlegg, biogassanlegg, fjøsvarmepumpe, solcellepaneler og vindkraft. Anleggene har svært forskjellige egenskaper og karakteristikk. Biogassanlegg krever store investeringer, men gir også relativt store gevinster. Flere av gevinstene er ikke tallfestede i form av økt kontantstrøm, derfor er lønnsomheten usikker. For innehaveren representerer gevinstene likevel en signifikant verdi. Andre anlegg som flisfyringsanlegg har vesentlig lavere investeringskostnad, men lønnsomheten begrenses av nødvendig utstyr. Flisfyringsanlegg har mindre ikke-kvantifiserte gevinster, men har også mindre risiko og større forsyningsikkerhet. Varmepumpe basert på spillvarme fra fjøsets ventilasjon utnytter en stabil og lett tilgjengelig energikilde. Varmepumpen benytter elektrisitet som innsatsfaktor, derfor er reduksjon i strømforbruk mindre enn i andre anlegg. Solenergi i form av solceller er et interessant alternativ, men de økonomiske forutsetningene er manglende. Vindkraft i moderat skala er et alternativ med god mulighet for lønnsom drift. Anleggets størrelse og behov for fritt terreng medfører begrensninger gjennom nabohensyn og lang tilknytningskabel. Ved dagens strømpriser er anleggene betinget lønnsomme, men ved en moderat stigning i strømpris og eventuell støtte blir flere av anleggene lønnsomme. Valg av endelig anlegg ligger hos eierne, som må evaluere hvilket anlegg som passer dem best.

## Innholdsliste

Forord.....	4
1. Introduksjon.....	5
2. Energieffektivisering.....	6
3. Dagens situasjon.....	7
Norge og EU.....	7
Det norske landbruket.....	8
Det norske skogbruket.....	10
Regjeringens mål.....	12
4. Kartlegging.....	13
4.1 Bygningsdata.....	13
4.2 Energiforbruk.....	15
4.3 Fremtidsplaner.....	16
4.4 Resurser på garden.....	19
4.5 Eksisterende effektivisering.....	21
5. Oppvarmingsbehov.....	23
5.1 Kårbolig.....	23
5.2 Hovedhus.....	25
5.3 Nytt hus.....	27
5.4 Verkstaden.....	29
Beregning av annet forbruk i verkstaden.....	30
Beregning av U-verdi for elementer i verkstaden (Alternativ 4).....	31
Varmefotografering av verkstaden (Alternativ 5).....	47
Forbruksestimat for husdyrhold (Alternativ 3).....	53
Estimering av forbruk gjennom energimåling av oppvarming i verkstad (Alternativ 7).....	54
Endelig oppvarmingsbehov i verkstaden.....	55
5.5 Samlet oppvarmingsbehov.....	56
6. Forbruksreduksjon.....	57
6.1 Varmefotografering.....	57
6.2 Redusere forbruk i eksisterende hus.....	60
6.3 Nytt hus.....	60
6.4 Redusere forbruk i fjøs.....	61
6.5 Redusere forbruk i verkstaden.....	62
7. Varmetransport.....	63
7.1 Beregning av kulvert for nytt hus.....	63
7.2 Beregning av kulvert for hovedhus.....	67
7.3 Beregning av kulvert for verkstad.....	67
7.4 Oppsummering av kulvertløsninger.....	68
7.5 Kostnader for varmeavgivelse.....	69
7.6 Totalkostnader for distribusjon av varme.....	69
8. Samlet elektrisk energibehov.....	71
9. Energianlegg.....	72
9.1 Beregningsgrunnlag.....	72
Beregningsmåte.....	72
Strøm.....	73
Finansiering.....	73
9.2 Flis- / vedfyringsanlegg.....	75

Beskrivelse.....	75
Energipotensiale.....	78
Kostnadsestimat.....	78
Muligheter.....	81
9.3 Biogassanlegg.....	82
Beskrivelse.....	82
Energipotensiale.....	86
Referanseanlegg.....	87
Kostnadsestimat.....	88
Muligheter.....	90
9.4 Varmepumpe.....	94
Beskrivelse.....	94
Fjøsvarmepumpe.....	95
Energipotensiale i fjøsvarme.....	95
Kostnadsestimat.....	97
Muligheter.....	98
9.5 Solenergi.....	99
Beskrivelse.....	99
Energipotensiale.....	101
Referanseanlegg.....	102
Kostnadsestimat.....	103
Muligheter.....	104
9.6 Vindenergi.....	105
Beskrivelse.....	105
Energipotensiale.....	108
Kostnadsestimat.....	109
Muligheter.....	111
Konklusjon.....	113
Ordforklaringer.....	115
Kilder.....	121
Vedlegg	
Vedlegg AA – TINE, Årsutskrift Buskap 2010.....	
Vedlegg AB - Lyse, Strømforbruk fjøs, hovedhus og verkstad 2009-20011.....	
Vedlegg AC - Lyse, Strømforbruk kårbolig 2009-20011.....	
Vedlegg AD – Fordeling av årlig energiforbruk i kårbolig.....	
Vedlegg AE – Fordeling av årlig energiforbruk i hovedhus.....	
Vedlegg AF – Tilbakebetalingstid for merkostnad ved passivhus over TEK 10.....	
Vedlegg AG – Beregning av U-verdi i verkstad tak.....	
Vedlegg AH – Beregning av U-verdi basert på varmefotografier.....	
Vedlegg AI – Estimering av energiforbruk til husdyrhold.....	
Vedlegg AJ – Forbruksmåling for oppvarming av verkstad og energiforbruk i fjøs.....	
Vedlegg AK – Beregning av kulvert for nytt hus.....	
Vedlegg AL – Beregning av kulvert for hovedhus.....	
Vedlegg AM – Beregning av kulvert for verkstad.....	
Vedlegg AN – Estimert stigning i gjennomsnittlig årlig strømpris.....	
Vedlegg AO – Beregning av kulvert for nytt hus med 100% dekning.....	
Vedlegg AP – Beregning av kulvert for hovedhus med 100% dekning.....	
Vedlegg AQ – Beregning av kulvert for verkstaden med 100% dekning.....	

Vedlegg AR – Beregning av lønnsomhet for flisfyringsanlegg, reell.....	
Vedlegg AS – Beregning av lønnsomhet for flisfyringsanlegg, nødvendig.....	
Vedlegg AT – Beregning av lønnsomhet for flisfyringsanlegg uten tømmervogn med innkjøpt flis, nødvendig.....	
Vedlegg AU – Beregning av lønnsomhet for biogassanlegg, reell.....	
Vedlegg AV – Beregning av lønnsomhet for biogassanlegg, nødvendig.....	
Vedlegg AW – Beregning av lønnsomhet for gårdsvarmepumpe, reell.....	
Vedlegg AX – Beregning av lønnsomhet for gårdsvarmepumpe, nødvendig.....	
Vedlegg AY – Beregning av potensiale for solceller på redskapshuset.....	
Vedlegg AZ – Beregning av potensiale for solceller på fjøset.....	
Vedlegg AÆ – Beregning av lønnsomhet for solcelleanlegg, reell.....	
Vedlegg AØ – Beregning av lønnsomhet for solcelleanlegg, nødvendig.....	
Vedlegg AÅ – Beregning av lønnsomhet for vindturbin, reell.....	
Vedlegg BA – Beregning av lønnsomhet for vindturbin, nødvendig.....	
Vedlegg BB – Beregning av lønnsomhet for vindturbin, med økt årsproduksjon.....	

## Forord

Denne oppgaven representerer slutten på 17 års sammenhengende skolegang. Det er litt vemodig å legge det bak seg, samtidig som det er knyttet stor spenning og forventninger til det kommende arbeidslivet. Jeg har allerede i ung alder hatt interesse for det tekniske. I nyere tid har energitekniske spørsmål også fått min interesse, da med særlig fokus på fornybar energi. Etter å ha bodd flere år på gård har jeg utviklet en sterk tilhørighet til landbruket.

Flere sommerferier har jeg jobbet ved maskinstasjonen på Gjesdal Gard, hvor jeg har fått utløp for mitt årlige behov for traktorkjøring. Slik har jeg blitt kjent med Tarjei og kona Marit. Tarjei skiller seg fra bønder flest gjennom meget god orden og struktur. Derfor ble det et naturlig valg å skrive min masteroppgave om energieffektivisering av Gjesdal Gard.

Gjennom arbeidet med oppgaven har jeg fått meget god hjelp av flere, jeg vil benytte anledningen til å takke disse:

- Veileder Kåre Bærheim for et hyggelig samarbeid og god veiledning.
- Mattis Strande ved Tangen Automasjon for meget gode svar vedrørende flisfyringsanlegg.
- Erlend Vingelen ved BioWaz for god hjelp med spørsmål vedrørende biogass
- Christian Heinlein for gode råd innen solceller.
- Min far, Hans Joachim Kotthaus, for en hyggelig tur til Hannovermesse 2011 og til besiktigelse av min onkels solcelleanlegg i Tyskland.

Jeg håper oppgaven er interessant og kommer leseren til nytte.



## 1. Introduksjon

Gjesdal Gard ligger naturskjønt til på Gjesdal, i Gjesdal kommune. Garden drives av Tarjei Gjesdal og kona Marit Epletveit Gjesdal. Garden er på 750 mål, hvorav 246 mål er dyrket mark. Drifta har hovedfokus på melkeproduksjon og har en kvote på 189 000 liter per år. I tillegg driver Tarjei maskinstasjon, som innebærer sesongbasert leiekjøring med traktor.

Tarjei er en miljøbevisst mann og har deltatt i flere tiltak arrangert av Forsøksringen i Rogaland for å kartlegge potensialer for effektivisering av landbruket. Han har også installert enkelte innovative løsninger på garden for å redusere energiforbruket samt å gjenvinne energi. Til tross for dette er samlet energiforbruk på garden omlag 115 000kWh årlig.

Tarjei og Marit overtok garden i Januar 2009 og har flere planer for kommende investeringer. Deriblant er et nytt og mer energieffektivt hus, ny gjødselkumme samt et ønske om mindre elektrisitetsforbruk.

Oppgaven fokuserer på å avdekke muligheter for redusert energiforbruk samt å bistå eierne i energitekniske spørsmål. Formålet med energieffektivisering blir satt i en kontekst som beskriver dagens situasjon og problemer. Slik kan oppgaven sees som en del av en større sammenheng og Tarjeis motivasjon for energieffektivisering gjøres mer synlig. For å redusere forbruket av innkjøpt energi er det ønskelig å se på utnyttelse av resurser som er tilgjengelig på garden. Det blir gitt konkrete forslag som kan installeres, samt en økonomisk analyse av disse. Det er ikke i oppgavens hensikt å velge ett anlegg som skal gjennomføres. Lønnsomhet avhenger av mange eksterne faktorer og ikke-kvantifiserte verdier. Valg og gjennomføring av tiltak overlates til Tarjei og Marit.

Rekkefølgen av analysen er delt inn i sekvenser. Innledningsvis avdekkes eksisterende og fremtidige behov. Resurser som kan utnyttes til å dekke behovet vurderes, samtidig som tilhørende tap estimeres. For innhenting av informasjon og priser oppsummeres samlede behov for forskjellige anlegg. Deretter analyseres aktuelle anlegg praktisk og økonomisk.

En stor del av gardens forbruk går til dekning av oppvarmingsbehov. Muligheter for reduksjon av oppvarmingsbehovet i form av energieffektivisering, samt dekning med alternative energikilder vurderes. Det vurderes også anlegg for lokal elektrisitetsproduksjon som har som formål å erstatte innkjøpt energi. Viktige kriterier for anlegg er robust konstruksjon, enkelt vedlikehold og god forsyningsikkerhet.

Garden har flere resurser som kan utnyttes. Deriblant 23 mål skog og en årlig gjødselproduksjon på 930 m<sup>3</sup> kugjødsel. Mindre innlysende resurser er sørvendte takflater og høytliggende fjellområder med sterk vind. Også fjøsets ventilasjonsluft blir vurdert som en potensiell kilde for energiutvinning.

I sammenheng med oppgaven blir det gjennomført noen reiser for å få tilgang til førstehåndsinformasjon om eksisterende anlegg samt kommende nyvinninger. Reisene gir ny innsikt i betraktninger og erfaringer rundt anlegg, som ellers ikke er innlysende. Anleggene settes dermed i en definert kontekst, slik at evaluering av muligheter for anlegg på Gjesdal blir mer definerte.

I oppgaven blir det konsekvent unngått avrunding utover desimalplasser på verdier som kilowattimer og kroner, når disse er beregnet eller avlest. Til tross for at avrundingen ville hatt få feilkilder, brukes metoden for lettere gjenkjennelse av tallenes opphav. For å minimere misforståelser er viktige konklusjoner og forutsetninger som danner grunnlag for videre arbeid skrevet i kursiv.

Av termodynamikkens første lov er det ikke mulig å skape eller forbruke energi, energi kan bare gå over til andre former. I oppgaven brukes ord som energiproduksjon og energiforbruk, disse er ment til å kvantifisere mengden energi som blir foredlet eller omdannet til lavere kvalitet.

## 2. Energieffektivisering

Energieffektivisering innebærer å redusere forbruket av høyverdig energi samtidig som energibehovet fortsatt tilfredsstilles. I sammenheng med energieffektivisering er det ønskelig å bruke en energikilde av lavest mulig verdi for å dekke et behov. Varme ved lav temperatur er en potensielt nyttbar energikilde med lav verdi. Ikke-fornybare energikilder som fossile brensler er ofte å regne som høyverdige energikilder. Et resultat av energieffektiviseringen kan derfor være reduserte klimagassutslipp, noe som er en stor motivasjon bak tiltakene.

Et eksempel på et enkelt tiltak for energieffektivisering er å erstatte en gammel vedovn med en nyere ovn som brenner renere og avgir mer varme i rommet. Den nye ovnen krever mindre ved for å tilføre rommet samme varme. Dermed reduseres forbruket samtidig som behovet for oppvarming fortsatt tilfredsstilles. Oppvarmingen er mer energieffektiv.

En annen side av energieffektivisering er å redusere behovet, slik at mengden tilført energi kan reduseres. Gjennom etterisolering kan varmetapet fra et rom reduseres og dermed resultere i redusert behov for oppvarming, og tilhørende forbruk av energi.

All energi har verdi. Av termodynamikkens første lov kan ingen energi brukes opp, den kan bare reduseres til en lavere verdi. Forbrenning av olje til oppvarming er en reduksjon av energiens verdi samtidig som det avgir miljøskadelige gasser. Det er derfor viktig å forstå at all bruk av energi har konsekvenser. Noen konsekvenser er små og rettes enkelt opp igjen av naturen, mens andre er store og påvirker hele nasjoner. Klimaproblematikken, som antas å være konsekvensen av forbruk av fossil energi, har fått store deler av verden til å innse at det finnes begrensninger på begge sider av energiforbruket. På produksjonssiden er det blitt stadig klarere at det er en knapphet på resurser, mens på forbrukssiden har det blitt synlig at det er begrenset hvor stort forbruk naturen kan tåle.

«Miljøvennlig energiproduksjon» er et begrep som brukes stadig oftere, til tross for at mennesket sjelden vært i nærheten å kunne utvinne energi uten miljøkonsekvenser. Begrepet brukes i dag hovedsakelig til å beskrive energiutvinning med *mindre* konsekvenser for miljøet globalt, selv om konsekvensene lokalt kan være dramatiske.

Forståelsen av knapphet på resurser er på stadig innmarsj i samfunnet. Den må komplementeres med en forståelse av at energi har forskjellig verdi og at all energiforbruk har konsekvenser. Gjennom en slik forståelse blir det klart at økt forbruk ikke kan motvirkes av økt produksjon uten at det påvirker miljøet. En av de viktigste løsningene på energiproblematikken er derfor energieffektivisering -reduksjon av forbruk og behov.

### 3. Dagens situasjon

Målsetningen med kapitlet er ikke å belyse problemer i politikken, men å prøve å se store sammenhenger i en helhetstenkning. Det er viktig å belyse konteksten rundt oppgaven slik at betraktninger og motivasjon blir mer forståelig. Det ønskes å fremheve hvilken resurs landbruket har potensiale til å bli. Gjennom informasjon og bevisstgjøring kan forståelse og atferdsendring oppnås. I landbruket er det spesielt viktig å fremme en forståelse om muligheten for bedre utnyttelse av resurser, samt en reduksjon av forbruk.

*Verden har nok til menneskenes behov, men ikke nok til menneskenes begjær - Mahatma Gandhi (1869-1948)*

#### *Norge og EU*

EU satte 6. april 2009 et klimamål for medlemslandene som skal nåes innen 2020.

Medlemslandenes utslipp skal reduseres med 20%, energiforbruket skal reduseres med 20% og 20% av brukt energi skal være fornybar [1]. Til sammenligning hadde Norge i 2005 et innenlands forbruk på 227TWh, hvorav 59,8% var fornybar energi [2]. For å kunne realisere målet for alle medlemslandene har EU satt særs høye krav til de rikeste. Det betyr at Norge må øke sin andel fornybar energi til 74,3 % innen 2020. Dette svarer til en økning på 33TWh årlig produksjon, hvis energibruket holdes på dagens nivå. FNs klimapanel (IPCC) og det internasjonale energibyrået (IEA) har slått fast at energieffektivisering er det tiltaket som vil gi størst og raskest klimagassreduksjon. IEA angir at frem mot 2030 vil 54% av klimagassreduksjonene måtte skje innenfor energieffektivisering. Tatt i betraktning at ca. 40% av netto innenlandsk sluttforbruk av energi skjer i bygningsmassen, er energieffektivisering av bygninger absolutt på dagsorden. SINTEF anslår at det er mulig å spare inntil 12TWh på energieffektivisering innen 2020 [2].

For å oppnå de pålagte kravene satser EU-land som Danmark, Tyskland og Nederland stort på offshore vindkraft. Målet er at det skal være installert 40GW vindkraft i Europa innen 2020. Den europeiske vindkraftorganisasjonen Ewea estimerer at Europa til sammen vil investere ca 1200 milliarder kroner i vindkraft fra 2009 til 2030 [3]. Problemet med vindkraft er at den bare produserer strøm ca 30% av tiden. Statistikken er bedre for offshore installasjoner, men for norske landinstallasjoner er statistikken nedslående. I følge Roar Rose, daglig leder i Norsk Varmepumpeforening og kritiker av norsk vindkraft, hadde de 14 norske vindkraftverkene som var i drift ved utgangen av 2008 produsert samlet 780GWh, mens de var estimert til å dekke 1100GWh [4]. Han fastslår at den årlige kapasitetsutnyttelsen for den samlede norske vindparken har ligget mellom 25,7% og 28,9% i perioden 2005 til 2009 [5].

Med vindkraft er det rom for store svingninger i strømproduksjonen. Et forslag for å utjevne svingninger i kraftmarkedet er mer regulert kjøring av norske vannkraftverk og store internasjonale strømkabler. Skagerrak 4 er en eksisterende sjøkabel lagt i samarbeid mellom Norge og Danmark. 100MW av kabelens kapasitet er reservert for reguleringstjenester. Verdien på salg av regulering er den dobbelte av spotsalg av strøm [6].

Regulert kjøring av vannkraftverk, også kjent som effektkjøring, har miljømessig store konsekvenser for vassdrag. Hurtig tapping av magasiner gir store erosjonsskader og etterlater et vann med unaturlig lav vannstand. Dette er sjenerende for lokalbefolkning, friluftsliv og turisme. Turisme er en viktig inntekt i distriktsnorge [7]. Et enda viktigere element er fiskebestanden i elva. I elva Surna på indre Nordmøre, har Statkraft tillatelse til å justere vannføringen etter strømprisene. Her er det dokumentert at yngel og lakseunger har økt dødelighet og at fisk kan drukne på land når vannføringen brått stopper. Statkraft har ett av sine elleve settefiskanlegg i denne elva for å

oppretholde bestanden. I 2010 var det umulig å finne nok stamfisk i elva til å erstatte tapene gjennom settefiskanlegget. Forskning fra Altaelva viser at stabil vannføring og tapping av overflatevann er noen av nøkkelfaktorene for å sikre laksen levelige kår [8]. Helhetlig er det derfor langt i fra sikkert at resultatet av effektkjøring er lønnsomt når miljøskader, økte utgifter og reduserte inntekter taes med i betraktningen.

Et viktig problem med utbygging av norsk kraftproduksjon for eksport er at den er spredt over hele landet. Det norske strømmettet er allerede underdimensjonert, og utbygging av kraftverk vil bety store investeringskostnader i nett. Professor Jørgen Randers påpeker at Norge siden år 2000 har produsert i snitt 2% mer strøm enn det som er brukt. Med kommende energieffektivisering tror han heller ikke at forbruket vil stige som før. Han anslår at nåværende planlagt utbygging vil dekke økningen i forbruk i de kommende år. I stedet for å drive overproduksjon over hele landet, foreslår Randers å bygge et stort anlegg for eksport. Offshore vindkraft i havområder nær kontinentet er et aktuelt forslag. Med eksportkabler direkte til kontinentet vil kostnaden ved utbygging av strømmett bli mye lavere [9]. Teorien hans støttes opp av Norsk Industri og Norges Naturvernforbund som i et samarbeid har analysert fremtidsutsiktene for norsk kraftproduksjon. De fremhever at kraft er en ferskvare og at det oppstår betydelige tap ved transport. Eksport av 9-13 TWh årlig vil innebære et tap på 15-21%. Derfor foreslås det å bruke overskuddskraften i Norge og legge energikrevende industri til områder med høyt kraftoverskudd. Slik kan ferdigbehandlede komponenter selges og energi bli eksportert i fast form [10].

Begrensninger i strømmettet og høye strømpriser medfører at Statnett har avtaler for å koble ut inntil 820MW strømforbruk for å opprettholde forsyningssikkerheten. I hovedsak dreier det seg om el-kjeler i industri som blir koblet ut og erstattet med oljefyring når strømforbruket er på sitt høyeste. Dette resulterte i 2009 i en økning i forbruket av fyringsolje på 100 millioner liter, sammenlignet med nivået i 2008. Dette skjer to år etter at Terje Riis-Johansen erklærte død over norske oljekjelanlegg [11].

Med bakgrunn i ulykken i Fukushima og andre miljøhensyn vedtok Tysklands regjering den 30. Mai 2011 full avvikling av landets 17 atomkraftverk innen 2022. Anleggene dekker nå 22% av landets elektrisitetsbehov, dette er planlagt erstattet med gasskraftverk og vindmølleparker samt redusert forbruk. Skeptikere frykter ytterligere økning i kullkraft, som allerede dekker 43% av landets elektrisitetsbehov [12]. Det er grunn til å anta at behov for norsk gasseksport og reguleringstjenester av elektrisk kraft vil øke.

Når overnevnte problemer taes i betraktning blir det synlig at mer effektivt bruk av energi er den beste måten for å nå EU-målene. Det er viktig å ta i bruk resurser som er lett tilgjengelige og som har små miljømessige konsekvenser. Disse finnes det flere av i landbruket.

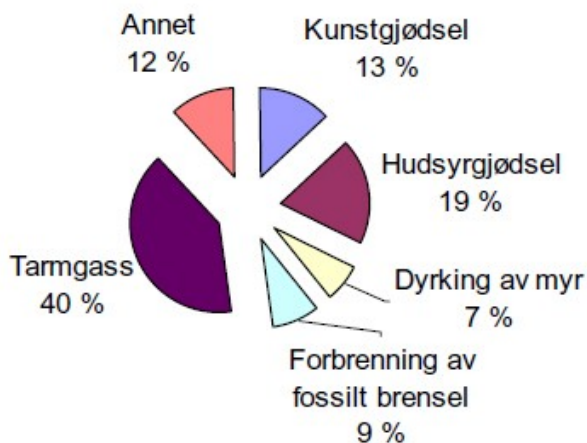
### *Det norske landbruket*

Det norske landbruket er hovedsakelig en konsument av elektrisk energi, samtidig som store mengder nyttbar energi fra andre kilder ikke blir utnyttet. Et typisk gardsbruk bruker elektrisitet til store deler av drifta og oppvarmingen av bygninger og varmtvann. Resterende oppvarmingsbehov dekkes ofte med ved.

9% av Norges totale utslipp av klimagasser kom i 2005 fra landbruket. Av dette var 46% metan ( $\text{CH}_4$ ) mens 45% var lystgass ( $\text{N}_2\text{O}$ ) og de resterende 9%  $\text{CO}_2$ . I faktiske størrelser var dette 415 000 tonn  $\text{CO}_2$ , 106 000 tonn metan ( $\text{CH}_4$ ) og 7 000 tonn lystgass [13]. Av størrelsesforholdene er det synlig at det er stor forskjell på gassene. Lystgassutslippet var på bare 7 000 tonn, men stod for 45% av landbrukets utslipp av klimagasser. Dette skyldes at klimagassutslipp regnes i  $\text{CO}_2$ -ekvivalenter.

Lystgass er en 310 ganger sterkere som klimagass enn CO<sub>2</sub>. Metan er 21 ganger sterkere enn CO<sub>2</sub>. Det er viktig å nevne at kartlegging av klimagassutslipp fra landbruket har meget høy usikkerhet. SSB operer med en usikkerhet på pluss/minus 59% ved beregning av lystgassutslipp.

En fordeling av landbrukets utslipp av klimagasser er vist i illustrasjon 1.



Illustrasjon 1: Prosessutslipp fra jordbruk fordelt på utslippskilde – [SSB, Jordbruk og miljø 2006]

Av illustrasjon 1 er det synlig at 19% av landbrukets totale klimagassutslipp i 2006 kom fra husdyrgjødsel. Utslipp fra gjødsel innebærer utslipp ved lagring og spredning. Verdt å merke seg er at 40% av det totale klimagassutslippet kommer fra husdyrenes tarmgass.

Statens forurensningstilsyn har anslått det tekniske potensialet for utslippsreduksjon i landbrukssektoren til 1,1 millioner tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter innen 2020. Dette støttes av regjeringen i stortingsmelding nr.39 (2008-2009) [14, 15]. Til sammenligning var landbrukets totale utslipp av CO<sub>2</sub>-ekvivalenter på 4,8 millioner tonn i 2005 [13]. Potensialet er altså en reduksjon på 23% av utslippsnivået i 2005.

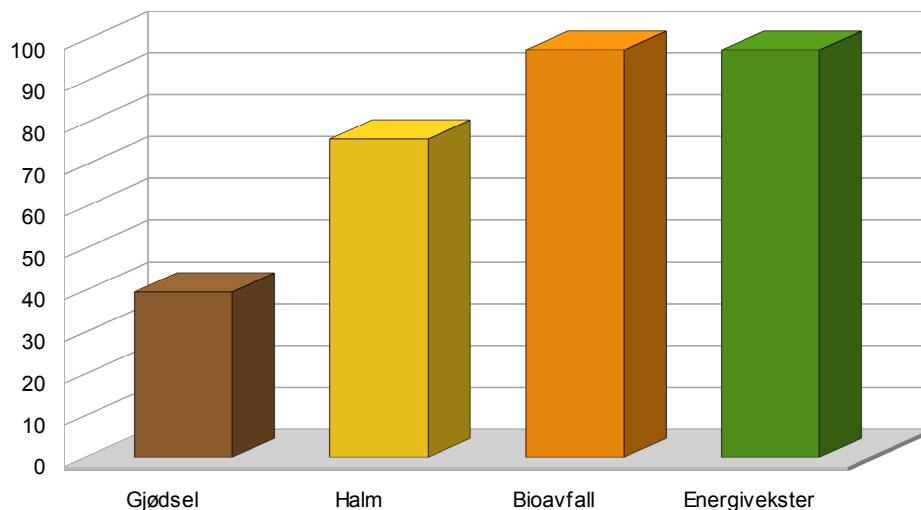
Metan er en brennbar gass som kan utnyttes til varmereproduksjon eller som erstatning for fossilt brensel. Vanligvis oppstår metangass i husdyrenes fordøyelse, men noe dannes også under lagring og spredning av gjødsel. Av totalt metanutslipp fra landbruket kommer 85% fra dyrenes tarmgass mens 15% kommer fra husdyrgjødsel [16]. I landbruket kan metangass også dannes kunstig ved å behandle gjødsel og annet organisk avfall i et biogassanlegg. Utnyttelse av metangass representerer et stort potensiale for energiproduksjon, derfor er det satt som målsetning at 30% av norsk husdyrgjødsel skal behandles i biogassanlegg innen 2020 [16]. For Rogaland har Fylkesmannen ytret et ønske om å utnytte hele 60% av gjødsla innen 2020 [17].

Husdyr som storfe produserer mye varme. I konvensjonelle fjøs ventileres det direkte med uteluft, slik at all termisk energi i avtrekksluften går tapt. Det har vært gjort forsøk på varmepumpeanlegg basert på avtrekksluft helt siden 80-tallet. Nå er fungerende anlegg tilgjengelige, men til tross for dette er de ikke særlig utbredt i Norge.

Landbruket har andre resurser som store takarealer egnet for utnyttelse av solenergi og skogsarealer til bioenergi. Det er estimert et potensiale for å utvinne inntil 1,3TWh bioenergi fra husdyrgjødsel, samt 2,5TWh fra halm. Potensialet er 3,2TWh for bioavfall og 3,2TWh for energivekster [13]. I 2006 brukte landbruket og veksthusnæringen 3,3 TWh energi. Derav var 39% elektrisitet, 43% diesel, 15% fyringsolje og 3% bensin [13]. Forholdet mellom nyttbart potensiale og samlet

energiforbruk i 2006 er vist i illustrasjon 2.

Nyttbart potensiale i prosent av landbrukets energiforbruk 2006

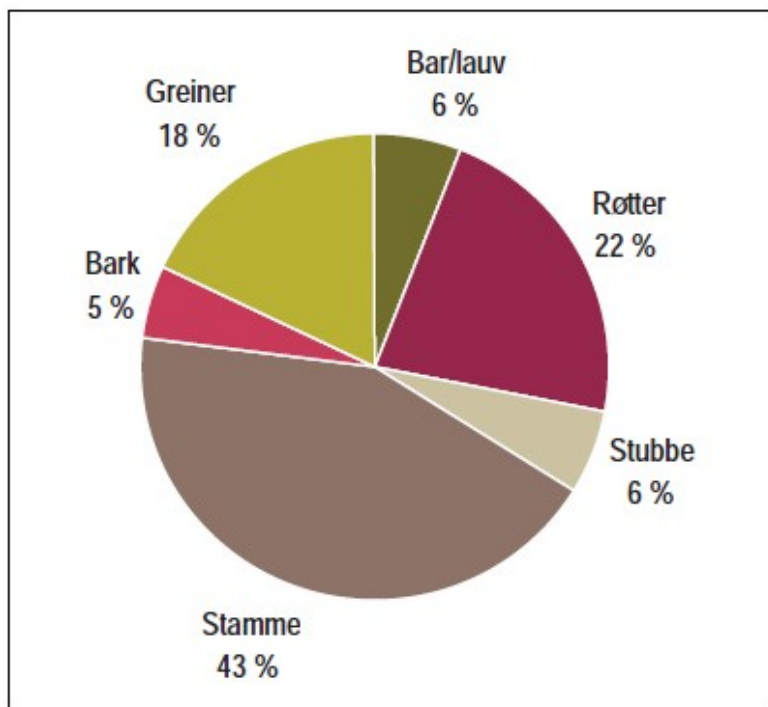


*Illustrasjon 2: Landbrukets nyttbare energipotensiale i prosent av landbrukets totale energiforbruk – Basert på data fra LU rapport 4-2008 – Dokumentasjon av klimagassutslipp, energiforbruk og energiresurser i landbruk og næringsmiddelindustri*

Med nyttbart potensiale menes energi som kan utvinnes økonomisk lønnsomt og som er teknisk mulig. Av illustrasjonen er det synlig at bare delvis utnyttelse av potensialet kan summeres opp til å dekke hele næringens forbruk. Dessverre kan ikke forskjellige typer energi erstatte hverandre ubetinget. Diesel og bensin som brukes til drift av kjøretøyer kan erstattes med høyverdig komprimert metangass i et spesialtilpasset kjøretøy. Traktorprodusenten Valtra fra Finland har utviklet en traktor som drives på 80% metan og 20% diesel [18]. En traktor som drives med energi utvunnet på garden vil kunne redusere dieselforbruket drastisk og redusere gardens klimagassutslipp. Dessverre kreves det meget store investeringer for å installere slike anlegg. Usikkerheten til lønnsomhet er stor.

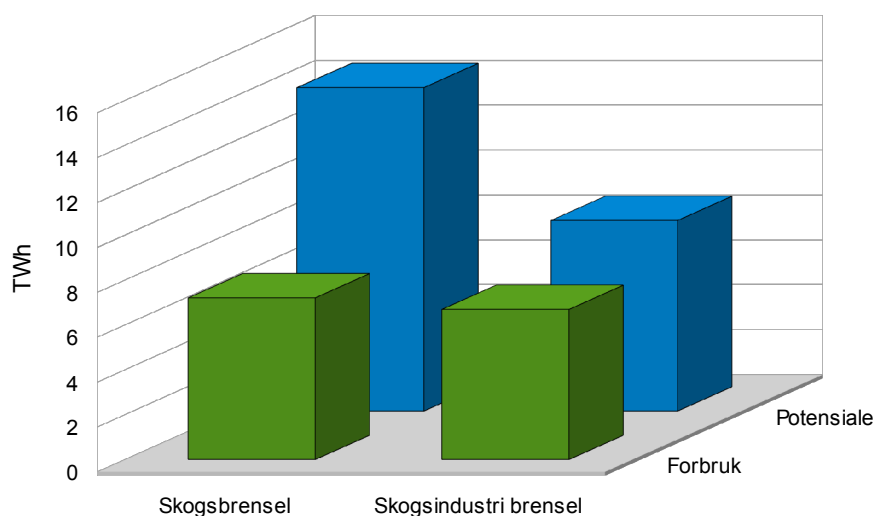
#### *Det norske skogbruket*

Norske gardar er innehavere av store skogsområder. I Norge er det totale skogsarealet samt tresatt mark omtrent 120 000 km<sup>2</sup>, hvorav 76 000 km<sup>2</sup> er produktiv skog. [15]. Tall fra statistisk sentralbyrå viser at det i 2009 stod 749 millioner kubikkmeter tømmer på produktivt skogbruksareal. Tilveksten på samme areal var 23,1 millioner kubikkmeter, mens det ble avvirket 6,6 millioner kubikkmeter til industriformål. Foreløpige tall for 2010 viser at det ble avvirket 8,3 millioner kubikkmeter tømmer gjennom året [19]. Av tallene er det synlig at tilvekst er vesentlig større enn uttak og at det er mulig å øke årlig hogst betraktelig. Naturligvis gjelder dette hovedsakelig i de tettste skogsområdene, men også på steder med mindre skogsareal er tilveksten stor.



Illustrasjon 3: Massefordeling i trær – Norsk institutt for skog og landskap

Illustrasjon 3 viser at tretopper, røtter og greiner representerer omlag 52% av skogens volum. I dagens hogst blir dette liggende igjen på skogbunnen for å råtne. Forråtnelsen av trevirke er god næring for skogen, men det er en saktegående prosess som avgir mye metangass og CO<sub>2</sub> til atmosfæren. Metan er 21 ganger sterkere som klimagass enn CO<sub>2</sub>. Det estimeres at hogstavfall fra 5,5 millioner kubikkmeter gran i 2005 hadde et energipotensial i størrelsesorden 3 TWh termisk energi. Når dette ikke ble utnyttet førte forråtnelsen av hogstavfallet til et utslipp på 1,5 millioner tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter [15]. Seniorforsker Nicholas Clarke ved Norsk institutt for skog og landskap påpeker at det er det mulig å ta ut ca 2,7 millioner kubikkmeter med hogstavfall fra dagens hogst. Omregnet har denne massen et varmpotensial på 5,4 TWh [20]. Hvis det var mulig å få utnyttet alt hogstavfallet direkte til oppvarming for å erstattet bruken av elektrisk energi, ville det frigitt 5,4TWh og vært et godt bidrag mot EUs klimamål. Økt uttak fra skogen vil kreve nye investeringer, men de vil ikke være av samme størrelsesorden som nye kraftverk og strømmnett. I tilknytning til økt uttak vil det være en tilhørende økning i drivstofforbruk for skogsmaskiner og transport. Kutting av flis er en energikrevende prosess, tradisjonelt drevet med dieselmotorer. Illustrasjon 4 viser uttak og potensiale i norske skoger beregnet i 2005.



*Illustrasjon 4: Uttak og potensiale i norske skoger – Basert på data fra LU rapport 4-2008 – Dokumentasjon av klimagassutslipp, energiforbruk og energiresurser i landbruk og næringsmiddelindustri*

I statens klimaregnskap i henhold til Kyoto-avtalen og målsetninger satt av EU, diskuteres det om CO<sub>2</sub> binding i skogen kan motregnes landets utslipp. CO<sub>2</sub> binding i trevirke er av signifikant størrelse, slik at tilvekst i skog ønskes høyest mulig. Bruk av tre i bygninger er en måte å binde CO<sub>2</sub>. Når tre erstatter stål spares 36-530 kg CO<sub>2</sub>-ekvivalenter per kubikkmeter, mens det spares 186-2124 kg CO<sub>2</sub>-ekvivalenter per kubikkmeter ved å erstatte betong [15].

#### *Regjeringens mål*

På bakgrunn av overnevnte potensiale har regjeringen satt seg som mål å øke utbyggingen av bioenergi med inntil 14TWh innen 2020, samt å redusere klimagassutslippene fra jordbruket med 1,1 millioner tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter [15]. Dette innebærer reduksjon i utslipp av lystgass, CO<sub>2</sub> og metan. Regjeringen ønsker å fremme biogassproduksjon og har satt som mål at 30% av all husdyrgjødsel skal brukes i biogassanlegg innen 2020. Uten å ha satt noen tallfestede mål ønsker regjeringen også å stimulere til økt uttak av råstoff fra skogbruket samt en bedre utnyttelse av biprodukter og avfall fra skog- og landbruk.

For å oppnå målene har regjeringen i flere år jobbet med innføringen av et felles sertifikatmarked mellom Norge og Sverige. Avtalen ble signert 8 desember 2010, og har planlagt oppstart 1 januar 2012. «Handel med elsertifikater for fornybar energi, vanligvis elektrisitet, har til hensikt å stimulere til økt produksjon av elektrisitet fra fornybare energikilder som vind, vann og bio.» [21]. Det er fremdeles uklart hva som støttes og hvor stor støtten vil være. I oppgaven antas det at anlegg som produserer strøm og anlegg som erstatter strømforbruk vil ha mulighet for støtte, til tross for at grønne sertifikater hovedsakelig gjelder strømproduksjon. Denne antakelsen er valgt for å vise hvor mye støtte som kreves for at investeringen skal bli lønnsomme. Det ansees som mulig at støtteordninger for tiltak som erstatter elektrisk forbruk vil komme i fremtiden.



## 4. Kartlegging

Flyfotoet i illustrasjon 5 viser et overblikk over garden. Øverst i bildet er kårboligen hvor Tarjei og familien hans bor. Denne er fra 1947, mens nederst i bildet er hovedhuset som ble bygget i 1986. I hovedhuset bor kårfolket, mens bonden Tarjei og familien bor i kårboligen.



Illustrasjon 5: Flyfoto av Gjesdal Gard 2009 – [www.skogoglandskap.no](http://www.skogoglandskap.no)

Redskapsuset og verkstaden ligger i samme bygg, hvor verkstaden ligger i byggets østlige ende. Verkstaden er adskilt fra redskapsuset med isolerte vegger. Driftsbygningen ligger sentralt i gårdsrommet og består av en ny og en eldre del. Den nyeste delen, hvor husdyrene står er mot vest.

### 4.1 Bygningsdata

I tabell 1 vises generelle data for bygningene på garden.

<b>Hovedhus</b>	
Byggeår	1986
Grunnflate	160m <sup>2</sup>
Bruksareal	400m <sup>2</sup>
Oppvarmet areal	170m <sup>2</sup>
<b>Kårbolig</b>	
Byggeår	1947, renovert 1975
Grunnflate	56m <sup>2</sup>
Bruksareal	112m <sup>2</sup>
Oppvarmet areal	80 m <sup>2</sup>
<b>Redskapshus – verkstad</b>	
Byggeår	1984
Grunnflate	240m <sup>2</sup>
Oppvarmet areal (15°C)	63m <sup>2</sup>
Takvinkel	28°
Takareal	285 m <sup>2</sup>
<b>Driftsbygning - Båsfjøs</b>	
Byggeår	1933, påbygd 1973
Grunnflate	460 m <sup>2</sup>
Oppvarmet areal (elektrisk oppvarming)	0 m <sup>2</sup>
Fjøsareal	320m <sup>2</sup>
Dyrekapasitet	46 liggebåser og kalvegarde for 6 kalver
Gjødselkapasitet	500m <sup>3</sup>
Takvinkel	39°
Takareal	600m <sup>2</sup>

Tabell 1: Bygningsdata for Gjesdal Gard

## 4.2 Energiforbruk

Strømforbruket på Gjesdal Gard fordeles mellom hovedhus, kårbolig, driftsbygning og verkstad. Hovedhuset har flere rom med elektrisk gulvvarme, samt elektrisk oppvarmet varmtvann som hovedforbrukere av elektrisk energi. I kårboligen brukes elektrisitet hovedsakelig til oppvarming av varmtvann og oppvarming av bad. Hovedhuset har to beboere, mens Tarjeis familie på seks bor i kårboligen.

I verkstaden er energibehovet konsentrert rundt oppvarming av bygget, som skjer med en 6,3kW termostatstyrt vifteovn. Varmeovnen er i drift hele fyringssesongen. På sensommeren og høsten brukes i tillegg elektrisk energi til oppvarming av melk til kalver. Om vinteren har kalvene sluttet å få melk, men de blir gitt varmt tappevann for å unngå ising i drikkekaret og for å tilføre dyrene varme.

I driftsbygningen brukes elektrisitet ekstensivt til den daglige driften. To ganger daglig driver en elektromotor vakuumpumpa til melkeanlegget. Etter hver melking kjøles melka av en kjølemaskin tilknyttet melketanken, samtidig som melkeanlegget vaskes med varmtvann fra en varmtvannsbereder. Utenom denne bruken har fjøset to ventilasjonsvifter som er termostatstyrt. Ventilasjonen har tre steg. Først starter en nivåstyrt vifte i enden av fjøset på nivå én. Stiger varmen ytterligere startes en vifte i midten av fjøset, og ved maksimal ventilasjon slår den nivåstyrte vifta inn på nivå to.

På garden er det montert tre elektrisitetsmålere. Hovedhuset, driftsbygningen og verkstaden går på en måler, mens kårboligen går på en annen. I tillegg er det montert en måler i driftsbygningen som skiller forbruk i hovedhuset fra forbruk i fjøs og verkstad. Tabell 2 viser strømforbruket for 2009 og 2010 ved Gjesdal Gard. Samlet strømforbruk i 2010 var på 99 425kWh, mens gjennomsnittet ligger på 92 138kWh. Videre i oppgaven brukes gjennomsnittsverdiene for begge år ettersom 2010 var vesentlig kaldere enn tidligere år.

<b>Strømforbruk</b>	<b>kWh</b>
Kårbolig 09-10	17233
Kårbolig 08-09	16416
<b>Gjennomsnitt kårbolig</b>	<b>16825</b>
Hovedhus 09-10	30460
Hovedhus 08-09	25020
<b>Gjennomsnitt hovedhus</b>	<b>27740</b>
Driftsbygning og verkstad 09-10	51732
Driftsbygning og verkstad 08-09	43414
<b>Gjennomsnitt driftsbygning og verkstad</b>	<b>47573</b>

Tabell 2: Strømforbruk i perioden 2008-2010 [Vedlegg AB og AC]

I tillegg til elektrisk oppvarming ble det fyrte med 8 favner blandet ved, hvorav 2 favner gikk til hovedhuset og 6 til kårboligen. Med mindre den eksisterende bruken av ved skal opprettholdes, er

det kritisk at denne taes med i betraktningen av et eventuelt sentralanlegg for varme. I følge data fra Innovasjon Norges byggeveileder for Gardsvarmeanlegg [22] har bjørkeved en effektiv brennverdi på 1490kWh per løskubikkmeter, heretter  $\text{lm}^3$ , mens gran ligger på 1150kWh/ $\text{lm}^3$ . I favn tilsvarer vanligvis 2,4 løskubikkmeter, noe avhengig av hvordan veden er stablet. Gardens forbruk er 19,2 $\text{lm}^3$  årlig. Grunnet meget stor variasjon i vedkvalitet regnes det ut øvre og nedre fyringsvarme. Øvre fyringsvarme på garden er 28 608kWh, nedre fyringsvarme er 22 080kWh. Tarjei estimerer at vedkvaliteten ligger i nedre sjikt, med en omtrentlig fordeling 20-80, slik at totalt forbruk blir 23 386kWh. Tabell 3 viser gardens energiforbruk. Totalt energiforbruk på garden er 115 521kWh, basert på gjennomsnittsverdier for 2009 og 2010.

<b>Energiforbruk</b>	
Vedforbruk	8 favner
Estimert volum	19,2 $\text{lm}^3$
Effektiv brennverdi	1 218kWh/ $\text{lm}^3$
Varme fra vedfyring	23 386kWh
Energiforbruk vedfyring hovedhus	5 847kWh
Energiforbruk vedfyring kårbolig	17 536kWh
Totalt energiforbruk hovedhus	33 587kWh
Totalt energiforbruk kårbolig	34 361kWh
<i>Totalt energiforbruk på garden</i>	<i>115 521kWh</i>

Tabell 3: Totalt energiforbruk

Fra beregningene over er det viktig å legge merke til fordelingen av vedforbruket, hvor den lille kårboligen brukte 6 favner mens hovedhuset brukte bare 2. I kapittel 5 vil dette synliggjøres når boligens oppvarmingsbehov beregnes.

### 4.3 Fremtidsplaner

Det skal bygges nytt hus på garden for å erstatte kårboligen. I utgangspunktet er det planlagt å bygges etter laveste krav, som er TEK 10. Det vil gi en reduksjon i energiforbruk. Til tross for dette bør det vurderes om huset skal bygges til lavenergistandard eller høyere. Kostnader ved spart energiforbruk i huset vil kunne motvirkes gjennom at det tillater bruk av et mindre og rimeligere sentralvarmeanlegg. Enova tilbyr støtte til bygging av passivhus og energieffektiviserende tiltak, derfor må dette også taes med i beregningene.

Det er i skrivende stund ikke avklart om det er Tarjei eller kårfolket som skal bo i det nye huset. Som skrevet tidligere bor familien til Tarjei på seks under trange forhold i kårboligen. Hovedhuset har 400  $\text{m}^2$  bruksareal og er alt for stort for to personer. Mange rom står ubenyttet og oppvarmet areal er unødvendig stort i forhold til bruket. Som vist i illustrasjon 6 ligger hovedhuset bare 5 meter fra fjøset, mens gåavstand til kårboligen er 140 meter. I den daglige drifta av garden er det ønskelig å holde avstanden fra bondens bolig til fjøset så liten som mulig, for best mulig tilsyn med dyrene.

Kostnader ved bygging og av hus øker med antallet kvadratmeter, det samme gjør oppvarmingsbehovet. Størrelsen på et eventuelt sentralvarmeanlegg avhenger derfor også av dette.

Behovet for boligens størrelse er gitt av antallet beboere og deres arealbehov. *Ut fra en ren økonomisk og praktisk vurdering er derfor den gunstigste løsningen å la kårfolket bo i det nye huset mens Tarjei og familien overtar hovedhuset. Denne forutsetningen vil det bli gått ut i fra i resten av oppgaven.* Det nye huset er planlagt bygget til 120 m<sup>2</sup> grunnflate med et loft med skråtak, oppvarmet bruksareal estimeres til 180 m<sup>2</sup>.

Det nye huset kan plasseres to steder, enten nært til den gamle kårboligen (1) eller oppe på en åskam vest for driftsbygningen (2). Plasseringene vises i illustrasjon 6.



Illustrasjon 6: Alternativer for plassering av nytt hus, flyfoto – [www.skogoglandskap.no](http://www.skogoglandskap.no)

Det er ikke oppgavens formål å fastlegge hvor huset skal plasseres, men plasseringen påvirker valget av eventuelt varmeanlegg og distribusjonssystem. Derfor belyses fordeler og ulemper med de forskjellige alternativene. Senere i oppgaven vil tallfestede kostnadsestimater bli fremstilt for hvert av plasseringsalternativene.

Fra illustrasjon 6 er det synlig at plassering nummer 2, heretter åskammen, har over dobbelt så stor avstand til driftsbygningen som plassering nummer 1, ved kårboligen. Tall fra programmet for Skifteplan ved Gjesdal Gard viser at avstanden fra kårboligen til inngangspartiet i driftsbygningen er 140 meter, mens avstanden til åskammen er 315 meter. Generelt kan det konkluderes med at all grøftegraving og tilknytning til boligen vil bli dyrere for alternativet på åskammen.

Et annet viktig aspekt er at kårboligens første etasje ligger 4,5 meter lavere enn gardsrommet, mens åskammen ligger 24 meter over. Vannet på garden er trykksatt av tyngdekraft, uten hverken mekanisk pumping eller filtrering. Hvis et nytt hus skal plasseres på åskammen vil det medføre en omfattende ombygging av vannanlegget på garden. Dette kan forsvares fordi det nåværende systemet har trykkproblemer og at vannet er meget surt. Det sure vannet har allerede forårsaket flere lekkasjer og sjenerende grønn korrosjon av kobber i boligene. Problemet må håndteres før samtlige rør i boligene må byttes ut, uavhengig av plasseringen av et nytt hus. Anlegget vil koste noe mer for å kunne levere vann til et hus på åskammen.

Sirkulasjonsanlegg for vannbåren varme vil på grunn av hevertvirkning ikke ha behov for økt løftehøyde på grunn av høydeforskjeller i anlegget. I noen tilfeller kan en trykkholdingspumpe være nødvendig. Ved igangkjøring må pumpa kunne trykke vann opp til anleggets høyeste punkt for å luften anlegget. Under vanlig drift er det friksjon i rør som blir problemet. Stor rørfriksjon gir stort

trykktap. Det kan resultere i farlig lavt trykk i anleggets høyeste punkt eller mest fjerntliggende sløyfe, noe som gir fare for koking. For å unngå dette må en tilstrekkelig stor sirkulasjonspumpe velges, hvor pumpestørrelsen avhenger direkte av lengde på rørgata og sirkulert vannmengde. Økt pumpekraft betyr større investeringskostnad og dyrere drift.

En fordel med plasseringen av huset på åskammen er at huset vil plasseres i åpnere terreng med muligheter for en stor fasade mot sør. Ved å bygge huset på høyere grunn vil dette innebære lengre solinnstråling gjennom vinterhalvåret. Ulempen er et hus mer utsatt for vind med økt infiltrasjon som følge. Estetisk har plasseringen på åskammen større utsikt, samt at den gir et overblikk over garden og beitet.

Grunnen til at det ikke er flere plasseringsalternativer er kombinert mellom Tarjeis preferanser og tanker om videre utbygging. Et forestående investeringsprosjekt er ny gjødselkumme. Årlig produserer dyrene på garden  $930\text{m}^3$  gjødsel, mens kapasiteten i det eksisterende gjødsellageret er  $500\text{m}^3$ . Hver vinter kjøres derfor omtrent  $200\text{m}^3$  gjødsel til gjødsellageret hos en nabo. Når det gjødsles kjører Tarjei ut all gjødsla si, i tillegg til  $800\text{m}^3$  grisegjødsel som han mottar fra samme nabo. Det er ønskelig å redusere transport av gjødsla mest mulig. Med tanke på senere utbygging av nytt fjøs er det ønskelig å ha et gjødsellager med tilstrekkelig kapasitet.

Vanlig praksis i norsk landbruk er åpne kummer med direkte ventilasjon til atmosfæren. Dette er forbudt blant annet i Danmark ettersom 15% av metangassutslippet fra landbruket kommer direkte fra husdyrgjødsel [16, 23]. Det er ikke urimelig å anta at det vil komme krav om dette i Norge også.

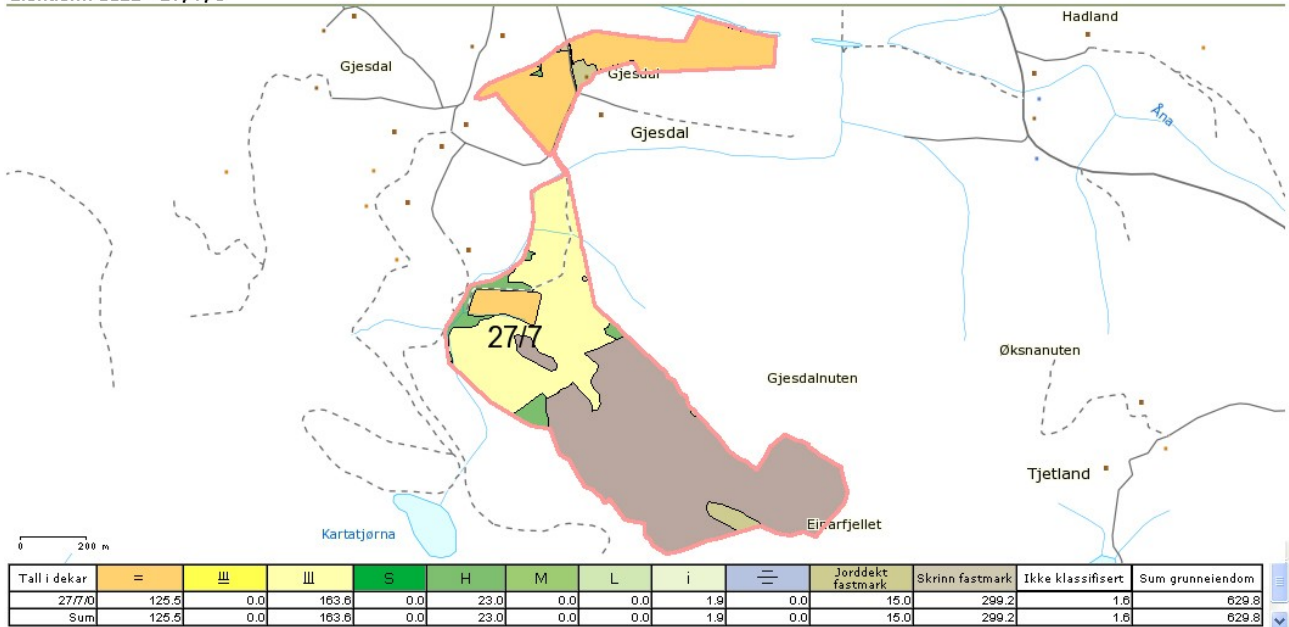
Planen er å bygge gjødsellageret rektangulært med en grunnflate opp mot  $1000\text{m}^2$ . Lageret skal være tett og bli kjeller i et nytt redskapshus. Med dette lageret vil garden ha to gjødsellager, noe som er nødvendig for et biogassanlegg. Dette kan derfor bli et meget interessant alternativ.

Taket på det nåværende redskapshuset og fjøset begynner å bli gammelt og må byttes innen noen år. Det kan være interessant å se på muligheter og kostnader ved å erstatte vanlig taktekking med solcellepaneler eller solfangere.

### 4.4 Resurser på garden

Gardens samlede areal er 630 mål, hvorav 126 mål er dyrka mark, som vist i illustrasjon 7.

Eiendom: 1122 - 27/7/0



Illustrasjon 7: Eiendomsillustrasjon Gjesdal Gard – [www.skogoglandskap.no](http://www.skogoglandskap.no)

I tillegg leier garden dyrka jord hos to naboer, slik at samlet dyrket areal blir 249 mål.

<b>Land</b>	
Totalt areal inklusiv leid areal	752,8 daa
Dyrket areal	248,8 daa
Beite	163,3 daa
Skog	23 daa
Skrinn fastmark	299,2 daa
<b>Dyr</b>	
Gjødselproduksjon storfe 2010	930 m <sup>3</sup>
Gjødselkapasitet	500 m <sup>3</sup>
Mottatt grisejødsel	800 m <sup>3</sup>
Total årlig gjødselmengde	1730 m <sup>3</sup>
Antall årskyr	32,4
Antall dyr i fjøset i vinterhalvåret	45 storfe og 6 kalver
Melkeproduksjon 2010	181 002 liter
Tankekapasitet	2000 liter
Gjennomsnittlig melkeproduksjon unntatt beitesesongen	655,6 liter / dag

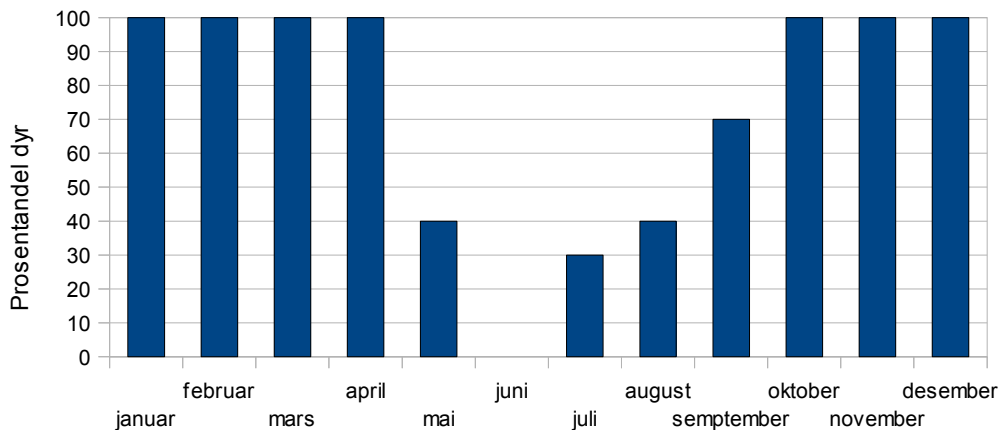
Tabell 4: Gardsresurser

Resursene nevnt i tabell 4 kan nyttes til mange formål. Deriblant er solenergi, vindkraft, varmpumpeanlegg, fyringsanlegg for biobrensel og biogassanlegg. Garden har ikke fallrett til bekker eller elver, men har utmark som kan egnes for vindkraft. Skogen på garden er på 23 mål, og er trolig for liten til å dekke hele gardens oppvarmingsbehov over lengre tid.

For å avdekke maksimal mulighet for lokal strømproduksjon ble Lyse kontaktet. Begrensende kabel ligger mellom gardens hovedinntak og Lyses strømskap. Denne er en 4x16mm<sup>2</sup> Cu-PFSP som tillater maksimalt 36A strøm. Med gjeldende spenning svarer det til ca 25kW elektrisitetsforbruk eller -produksjon. Denne kabelen er ikke særlig kostnadsintensiv å oppgradere hvis det skulle være nødvendig. Fra strømskapet går det 4x240mm<sup>2</sup> aluminiumskabel med maksimal strøm på 315A, men bare ca 138A anbefales av Lyse for en økonomisk utnyttelse av kabelen. Til tross for dette gir 138A en maksimalproduksjon på 95kW. Videre går nettet til en nærliggende transformator og direkte inn på høyspent nett. Med moderat nærhet til Oltedal kraftstasjon anslår Lyse at utligning ikke vil være et problem.

I sommersesongen er det stor pågang på maskinstasjonen på garden. For å frigjøre tid er drifta regulert slik at kyrne avgjeldes 1. Mai. Samme dag slippes kvigene på beitet, mens kyrne slippes rundt 15. Mai. De første kyrne kalver i Juli. Fra 1. August er normal produksjon i gang igjen og alle kyrne er inne om nettene. Ingen dyr er inne om dagen. 15 September avsluttes beitesesongen og kvigene hentes fra beitet. Etter dette er alle dyrene inne hele døgnet. Dette er vist i illustrasjon 8 og sammenfaller bra med varmebehovet på garden.





Illustrasjon 8: Andel dyr i fjøset etter måned

#### 4.5 Eksisterende effektivisering

De fleste effektiviseringstiltakene har blitt gjort i tankrommet i driftsbygningen. Det har blitt montert en tank av type Landteknikk 25AL som utnytter varmeoverskuddet ved nedkjøling av melka til å forvarme varmtvann. Kaldtvann føres gjennom en platevarmeveksler for å kjøle ned kjølemediet i kjølemaskinen. Det oppvarmede vannet sendes i rør til en dobbelmantlet varmtvannstank, hvor kaldt vann forvarmes til 45°C før det går inn i hovedberederen. Vannet som har avgitt varme til forvarming slippes ut gjennom en rørsøyfe i gulvet for å avgi resterende varme. Foreløpig avgir ikke avløpsvannet særlig mye varme til gulvet, men anlegget skal kunne redusere energiforbruket til oppvarming av varmtvann med 60% [24].

Daglig produseres det i gjennomsnitt ca.656 liter melk på gården i følge Tarjei. Melken kommer til tanken med tilnærmet 38°C og kjøles ned til 3,5°C. Spesifikk varme for helmelk er 3,79kJ/kg·K og densitet er 1030kg/m<sup>3</sup>, tabell A-3c [25]. I formel 1 beregnes varmepotensialet i daglig melkeproduksjon.

$$\Delta h = C_p \cdot \Delta T \quad [kJ/kg]$$

$$\Delta h = 3,79 \cdot (38 - 3,5)$$

$$\Delta h = 130,76 \text{ kJ/kg}$$

$$Q = \Delta h \cdot V \cdot \rho \quad [kJ]$$

$$Q = 130,76 \cdot 655,6 \cdot 1,030$$

$$Q = 88\,294,7 \text{ kJ}$$

$$1 \text{ kWh} = (1/3600) \text{ kJ}$$

$$Q = 24,5 \text{ kWh}$$

*Formel 1: Beregning av varmpotensial i melk*

Daglig avgir melka 24,5kWh når den kjøles ned til lagringstemperatur. For 656 liter daglig produksjon estimerer leverandøren at tanken avgir 22,7kWh til forvarming av varmtvann. Verdien er noe lavere enn estimert fordi det trolig er medregnet tap i kjølemaskinen og varmeveksleren. Kjølingen av melka har en kapasitet til å forvarme inntil 650 liter kaldt vann til 35°C [26].

Melkeanlegget vaskes tre ganger ved hver melking. Først skylles hele anlegget med 35 liter varmtvann på 72°C. Etter melking skylles anlegget med 35 liter vann på 33°C, så vaskes anlegget med 35 liter såpe og varmtvann på 72°C. Anlegget vaskes med vekslende sur eller basisk såpe. I tillegg vaskes tanken hver gang melken hentes, tre ganger i uken. Vannforbruk med vanlig vasking av tanken er minimum 25 liter varmtvann.

Det synes litt ugunstig at forbruket av varmtvann starter omtrent samtidig når forvarmingen av varmtvannet starter. Den mest gunstige situasjonen hadde vært om forvarmingstanken hadde vært fullt oppvarmet til sin maksimaltemperatur når tappingen av varmtvann starter. Dette kunne vært undersøkt ytterligere, men det blir ikke tatt med i oppgaven.

For å unngå unødig strømforbruk er ventilasjonen i fjøset termostatstyrt og har tre nivåer. Måkeanlegget har en spesiell styringselektronikk slik at det ikke kjøres lenger enn absolutt nødvendig.

## 5. Oppvarmingsbehov

Oppvarmingsbehov for en bygning med elektrisk oppvarming beregnes enklest gjennom å finne totalt elektrisitetsforbruk og deretter trekke fra annet forbruk. Slik gjenstår bare forbruk til oppvarming. Blir det brukt andre kilder til oppvarming vil disse måtte legges til forbruket av elektrisk oppvarming for å gi et totalt forbruk. Uheldigvis er det mulighet for store feilkilder i estimering av annet energiforbruk i bygninger. Dataene avhenger i stor grad av estimer basert på skjønn og individuelle vaner. Det er trolig derfor standardverdier for energiforbruk per person ikke er tilgjengelige.

For å avdekke annet strømforbruk i kårboligen og hovedhuset ble det kjøpt inn fire enkle forbruksmålere for enfasede apparater fra Biltema. Målerne har delenummer 35617 og kan brukes med inntil 3600W effekt. Det er ikke oppgitt toleranser for målte verdier. Målerne ble koblet inn for å måle forbruk på de mest forbruksintensive komponenter som vaskemaskin, tørketrommel, oppvaskmaskin og varmtvannsbereder. Ukentlig forbruk ble beregnet og multiplisert med antatt antall driftsuger i løpet av året.

Det var viktig å ha avklart energibehov til oppvarming i både kårbolig og hovedhus før utgangen av Mars, slik at et samlet oppvarmingsbehov for garden var fastsatt. Dette skyldes planlagte utflukter i begynnelsen av April som forutsatte gode forbrukstall for garden for å få best mulig informasjon og rådgivning. Energimålingene ble utført i løpet av to uker per husstand.

### 5.1 Kårbolig

Oppvarmingsbehovet av kårboligen er ikke vesentlig for oppgaven da denne er planlagt erstattet. Fra et innsparringssynspunkt kan det være interessant å sammenligne oppvarmingsbehov i kårboligen mot det kommende huset. Det er gunstig å avdekke annet energiforbruk i boligen siden det antas å være konstant for familien og dermed vil følge med til neste bolig. En beregning av energiforbruket basert på målinger og estimer er gjort i vedlegg AD. Et utdrag av resultatene er gjengitt i tabell 5. Sammenligningsgrunnlaget gjengir høyeste beregnede netto energibehov til oppvarming for de enkelte bygningstypene. Midlere årstemperatur for Gjesdal er 4,9°C i følge Byggedetaljer 451.021, slik at beregninger er gjennomført for årsmiddeltemperatur lavere enn 6,3°C.

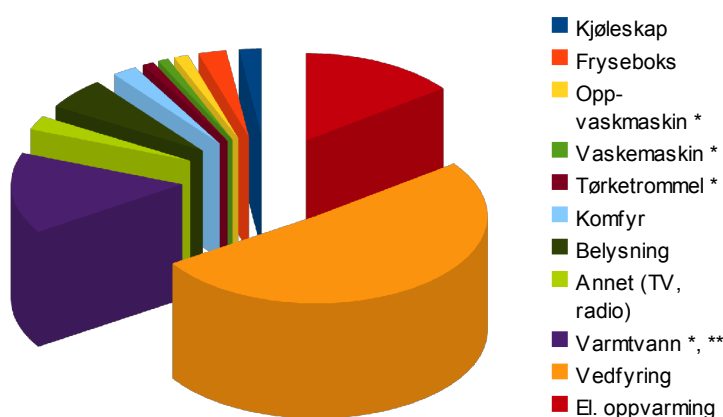
Oppvarmingsbehov	kWh
Uten varmtvann	22630
Varmtvannsbehov	5158
Oppvarmingsbehov per areal	kWh/m <sup>2</sup>
Bruksareal	202,1
Oppvarmet areal	282,9
Sammenligningsgrunnlag	kWh/m <sup>2</sup>
Tek 10 baseres på bruksareal, resterende baseres på oppvarmet del av bruksareal	
Laveste nåværende byggestandard (TEK 10) (120 + (1600 / BRA))	134,3
Lavenergihus, klasse 2 [NS 3700:2010]	71,2
Lavenergihus, klasse 1 [NS 3700:2010]	50
Passivhusstandard [NS 3700:2010]	28,5
Høyeste og laveste verdier for eksisterende enebolig [Stensaas, L.I., <i>Vannbaserte oppvarmings- og kjølesystemer</i> . 2007, Oslo: Skarland Press, tabell 13.4]	150 - 240

Tabell 5: Fordeling av oppvarmingsbehov i kårboligen, bruksareal 112m<sup>2</sup>, oppvarmet areal 80m<sup>2</sup>

Fra tabellen er det synlig at forbruket i kårboligen er meget høyt. Det må nevnes at oppvarmet bruksareal er estimert av Tarjei og at bygningen er i dårlig forfatning. Sammenlignes forbruket med maksimalverdi for TEK 10 hus blir det klart at det brukes inntil 68kWh mer per kvadratmeter i året. Hvis bare det oppvarmede arealet betraktes er energiforbruket mer enn dobbelt så stort. Oppvarmingsbehovet i et tilsvarende passivhus er omlag 14% av hva som forbrukes i kårboligen. Forbruksfordelingen er vist i illustrasjon 9.

Av illustrasjon 9 er det synlig at omtrent halvparten av alt energibehov i kårboligen blir dekket gjennom fying med ved. Elektrisk oppvarming er på 5095kWh og består hovedsakelig av en stråleovn på badet. Gitt en effekt på 1000 W står ovnen i gjennomsnitt på 58,2% av

### Forbruksfordeling Kårbolig



Illustrasjon 9: Forbruksfordeling i kårbolig 2011

året, eller omtrent 212 dager. Dette stemmer godt med fyringssesongen som senere i oppgaven blir estimert til å være på 230 dager.

## 5.2 Hovedhus

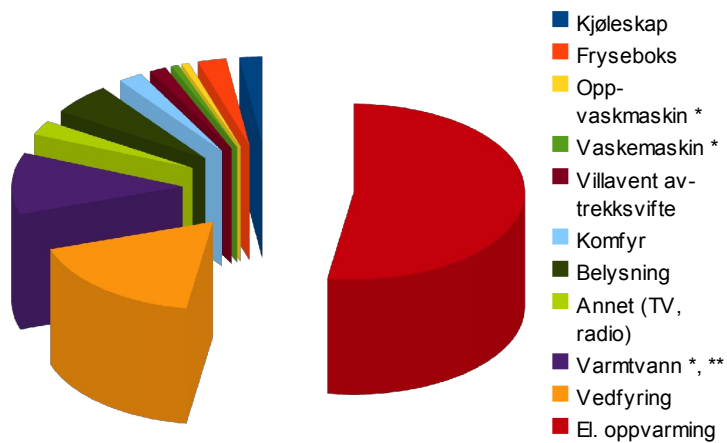
Oppvarmingsbehovet i hovedhuset er av stor interesse, da dette skal forbli på garden. Er forbruket høyt kan dette være en pekepinn mot at energieffektiviserende tiltak bør gjennomføres. Det er nødvendig å avdekke annet energiforbruk ettersom dette trolig vil følge beboerne til det nye huset. En beregning av annet forbruk basert på målinger og estimater er gjengitt i vedlegg AE. Et utdrag av resultatene vises i tabell 6.

<b>Oppvarmingsbehov</b>	<b>kWh</b>
Uten varmtvann	23475
Varmtvannsbehov	3827
<b>Oppvarmingsbehov per areal</b>	<b>kWh/m<sup>2</sup></b>
Bruksareal	58,7
Oppvarmet areal	138,1
<b>Sammenligningsgrunnlag</b>	<b>kWh/m<sup>2</sup></b>
Tek 10 baseres på bruksareal, resterende baseres på oppvarmet del av bruksareal	
Laveste nåværende byggestandard (TEK 10) ( $120 + (1600 / BRA)$ )	124
Lavenergihus, klasse 2 [NS 3700:2010]	60,9
Lavenergihus, klasse 1 [NS 3700:2010]	41,9
Passivhusstandard [NS 3700:2010]	22,9
Høyeste og laveste for eksisterende enebolig [Stensaas, L.I., Vannbaserte oppvarmings- og kjølesystemer. 2007, Oslo: Skarland Press. tabell 13.4]	150 - 240

Tabell 6: Fordeling av oppvarmingsbehov i hovedhuset, bruksareal 400m<sup>2</sup>, oppvarmet areal 170m<sup>2</sup>

Synlig av tabell 6 er forbruket i hovedhuset vesentlig lavere enn i kårboligen. Bemerkesverdig er at hovedhuset har lavere oppvarmingsbehov per bruksareal enn maksimalverdi for et tilsvarende TEK 10 hus. Det skyldes at bare en liten del av hovedhuset er oppvarmet til værelsestemperatur, over halvparten av huset holdes kaldt. Sammenlignes oppvarmingsbehovet til et TEK 10 hus med oppvarmet areal i hovedhuset er det synlig at forbruket ligger noe over. Tatt i betraktning av at huset er nærmere 25 år gammelt er dette et godt resultat. Boligen har et uisolert kjellerrom, avtrekksventilasjon og et punktert vindu som øker varmetapet mer enn nødvendig. Et kakediagram av den nåværende forbruksfordelingen er vist i illustrasjon 10.

## Forbruksfordeling Hovedhus



*Illustrasjon 10: Forbruksfordeling i hovedhus 2010*

Av illustrasjon 10 er det synlig at nåværende bruk av hovedhuset i stor grad benytter elektrisitet til oppvarming. Dette skyldes blant annet flere elektrisk oppvarmede gulv og forholdsvis lite vedfyring, sammenlignet med kårboligen.

### 5.3 Nytt hus

Det nye huset er planlagt å være på 120m<sup>2</sup> grunnflate med to etasjer. Øvre etasje har i stor grad skråtak, men antas å være del av oppvarmet bruksareal. Tarjei anslår at oppvarmet bruksareal blir 180 m<sup>2</sup>. Grunnet plasseringsalternativene for huset samt dimensjonering av varmeanlegg er det viktig å avdekke hvor stort energibehovet til den nye boligen vil være. *Det antas at annet energiforbruk hos kårfolket videreføres til det nye huset.* En beregning av årlig energiforbruk i nytt hus er gjort i tabell 7.

Det er store usikkerheter knyttet til oppvarmingsbehovet for TEK 10 hus, ettersom den generelle formelen er slik:  $(120 + (1600 / BRA)) * BRA$ . Den baserer seg bare på oppvarmet bruksareal. Med 180 m<sup>2</sup> oppvarmet bruksareal blir maksimalt årlig oppvarmingsbehov 23 200kWh. Uten noen form for korreksjon etter regionale forhold er det grunn til å tolke oppvarmingsbehov for TEK 10 hus til å være en landsdekkende øvre grense. Et hus på Gjesdal vil trolig ha et oppvarmingsbehov vesentlig lavere enn dette. SINTEF Byggforsk ble kontaktet for å få et mer troverdig estimat, men de kunne ikke komme frem til et bestemt svar på spørsmålet. I mangel på bedre data påpekte veileder at referanseverdi for bygningsdata ofte er Oslo klima. En måte å korrigere oppvarmingsbehovet på er gjennom divisjon på graddagtall for Oslo og multiplikasjon med graddagtall for Gjesdal. Graddagtallet benyttet er levert av [www.degree-days.net](http://www.degree-days.net) og er henholdsvis 4514 for Oslo Lufthavn og 3562 for Ålgård for 17°C innendørs temperatur. Dette gir en reduksjon i maksimalt oppvarmingsbehov på omlag 4900kWh årlig.

Bruksareal (m <sup>2</sup> )	180		
Oppvarmet areal (m <sup>2</sup> )	180		
Varmtvannsförbruk (kWh)	3827		
<b>Oppvarmingsbehov</b> TEK 10 baseres på bruksareal, resterende baseres på oppvarmet del av bruksareal	<b>kWh/m<sup>2</sup></b>	<b>Årsförbruk (kWh)</b>	<b>Årsförbruk inkl. Vv. (kWh)</b>
Laveste nåværende byggestandard (TEK 10) <i><math>(120 + (1600 / BRA)) * G_{17-Ålgård} / G_{17-Oslo}</math></i>	101,7	18306	22133
Lavenergihus, klasse 2 [NS 3700:2010]	59,7	10755	14582
Lavenergihus, klasse 1 [NS 3700:2010]	41,0	7372	11199
Passivhusstandard [NS 3700:2010]	22,3	4014	7841

Tabell 7: Fordeling av oppvarmingsbehov i nytt hus, bruksareal 180m<sup>2</sup>, oppvarmet areal 180m<sup>2</sup>

Av beregningene i tabell 7 er det synlig at det er rom for store variasjoner i energiforbruk i boligene. Valg av byggestandard vil bli en avveining mellom investeringskostnader og driftskostnader. SINTEF Byggforsk estimerer en merkostnad på 600 kr/m<sup>2</sup> ved nybygg bygget til lavenerginivå og 1200 kr/m<sup>2</sup> for å nå passivhusnivå. Enova støtter bygging av passivhus med 40% av merkostnadene inntil 450 kr/m<sup>2</sup>. Lavenergihus nivå 1 blir støttet med 40% inntil 300 kr/m<sup>2</sup>. I beste tilfelle vil et passivhus bli 135 000 kroner dyrere enn et bygg for dagens nivå (basert på samlet bruksareal 180m<sup>2</sup>), mens et lavenergihus til klasse 1 blir minst 54 000kr dyrere.

Gitt en merkostnad på 135 000kr dekket fullstendig med lån til 7% rente blir årlig avdrag 17 619kr med 10 års nedbetalingstid. Med et årlig innspart strømforbruk til oppvarming på 14 240kWh, forutsatt bare elektrisk oppvarming, og strømpris på 99,6 øre/kWh blir årlig reduksjon i strømutgifter 14 241kr. Med en kalkulasjonsrente på 7% blir netto nåverdi av investeringen større enn null etter 14 år. Antas 25 års levetid får investeringen en netto nåverdi på 42 208kr, samt at den har spart inn 179 832kr i kontantstrøm. Dette forutsetter konstant strømpris og ingen inflasjon. Med økning i strømpris blir lønnsomheten enda bedre. Beregningen er vist i vedlegg AF. Med de gitte forutsetningene er merkostnaden tilknyttet bygging av passivhus gunstig. Erfaring med bygging viser at det alltid blir dyrere en estimert. Komponenter som ventilasjonsanlegg har trolig driftskostnader samt behov for større vedlikehold med noen års mellomrom. På den andre siden er merkostnaden på 135 000kr ikke særlig stor i konteksten husbygging. Et dyrere kjøkken og større bad kommer fort opp i samme prisklasse. Når anlegget er nedbetalt vil årlig innsparing være rent overskudd, helt til levetiden for enkeltkomponenter er nådd og renovering blir nødvendig.

Beregningen er bare ment for å gi et bilde av lønnsomheten i bygging av energieffektive hus. Alternativkostnader ved oppvarmingsanlegg i TEK 10 hus har ikke blitt tatt med. Disse vil bidra til en enda raskere nedbetalingstid for investeringen, særlig med vannbåren varme lagt i gulv. Valget av byggestandard ligger i eierens hender, men det hersker ingen tvil hvilket nivå forfatteren foretrekker.

Det må påpekes at bygging til lavenergi- og passivhusnivå er ikke uten haker. Det stilles store krav til hver enkelt bygningskomponent, samtidig som det faktiske resultatet avhenger sterkt av hvordan arbeidet utføres. Det stilles krav til energiforsyningen i passivhus, hvor det kreves at «levert mengde elektrisk og fossil energi skal være mindre enn totalt netto energibehov fratrukket 50% av netto energibehov til varmtvann.» [NS 3700:2010, kapittel 4.4] Før støtten utbetales sjekkes bygget for å sikre at alle parametere er innenfor gitte grenser.

I skrivende stund er det stor oppmerksomhet rundt passivhus i media. Store byggorganisasjoner hevder at det ikke er et oppnåelig krav [27]. Passivhus har vært utbredt i land som Tyskland, Østerrike og Nederland i flere år. I Norge er flere bygg ferdigstilt og store pilotprosjekter er i anmarsj. Erfaringer viser at nøye planlegging av byggefasen og gode valg av bygningselementer er nøkkelfaktorer for å oppnå kravene.

Videre i oppgaven regnes det med at huset bygges til TEK 10 standard med tilhørende energibehov grunnet Tarjeis preferanser. I senere vurderinger vil lønnsomheten ved tilknytning til sentralvarmeanlegg vurderes for passivhus og TEK 10 hus.



## 5.4 Verkstaden

Energiforbruket i verkstaden er av stor interesse, da det mistenkes at dette er unødvendig høyt og kunne vært redusert. Grunnet måten det elektriske anlegget er koblet opp på, må forbruket i verkstaden skilles fra forbruket i driftsbygningen gjennom beregninger og estimat. Dette kan gjøres på flere måter.

*Alternativ 1:* Effekt for hver konsument i fjøset måles og multipliseres med en estimert driftstid. Estimert forbruk i fjøset trekkes fra forbruk avlest fra strømmåler slik at et estimat for forbruk i verkstaden gjenstår. Deretter estimeres energiforbruk til belysning og elektriske artikler i verkstaden på samme måte og trekkes fra totalen. Igjen står et estimat for energiforbruk til oppvarming i verkstaden. Denne metoden har store feilkilder ettersom det er vanskelig å estimere driftstid for komponenter som melketank, vakuumpumpe og ventilasjonsanlegg.

*Alternativ 2:* All elektrisitet i verkstaden skrues av i løpet av en helg, målerstand avleses før og etter. Differansen har blitt brukt til ventilasjon, belysning, melking, vask av anlegg, kjøling av melk og oppvarming av varmtvann. Forbrukt elektrisitet deles på antall liter melk produsert og ganges opp med årsproduksjonen for å gi et forbruksestimat. Estimaten trekkes fra totalt årsforbruk og energibehov for verkstaden gjenstår. Estimaten for annet energiforbruk i verkstaden fratrekkes slik at oppvarmingsbehov gjenstår.

*Alternativ 3:* En svensk undersøkelse gjennomført av JTI har gitt tall for energibehov til melking i båsfjøs per liter melk produsert. Dette kan brukes som estimat og som sammenligningsgrunnlag for estimerte verdier.

*Alternativ 4:* Analyse av verkstaden og beregning av U-verdi for hvert bygningselement. Av U-verdien finnes spesifikt varmetap for bygningen. Gjennom data for fyringssesong og midlere årstemperatur finnes graddagtall for stedet slik at et estimat for energibehov til oppvarming fremkommer. Denne metoden muliggjør avdekking av dimensjonerende effektbehov.

*Alternativ 5:* Varmefotografering av verkstaden med måling av temperatur inne og ute benyttes for å estimere bygningselementets U-verdi. Slik avdekkes eventuelle kuldebroer. Denne metoden kan brukes til å verifisere beregninger i alternativ 4, samt være en enkel måte å gi et realistisk estimat for U-verdi i bygningen.

*Alternativ 6:* Installere en egen strømmåler for verkstaden. Ved å avlese årlig energiforbruk og deretter trekke fra annet forbruk gjenstår oppvarmingsbehov for verkstaden. Denne metoden er den mest kostnadsintensive og langvarige, men også den metoden som gir mest representativt resultat.

*Alternativ 7:* Koble ut den 3-fasede vifteovnen i verkstaden og erstatte den med en en-faset vifteovn tilknyttet en enkel energimåler. I måleperioden måles utetemperatur en gang i timen, slik at midlere utetemperatur kan beregnes. Ved å dividere energiforbruk med måleperiodens varighet fåes midlere effektbehov. Divideres midlere effektbehov med differansen mellom innetemperatur og gjennomsnittstemperatur for perioden, fåes spesifikt varmetap for bygningen. Det spesifikke varmetapstallet for bygningen multipliseres med graddagtallet for stedet og årlig energibehov til oppvarming gjenstår. Avleses samlet energiforbruk for verkstad og fjøs for perioden, fåes et enkelt estimat over hvor mye energi som er brukt i fjøset og til annet utstyr i verkstaden.

**Beregning av annet forbruk i verkstaden**

For å kunne skille ut energiforbruk til oppvarming, samt verifisere estimerer er det nødvendig å fremlegge et estimat for hvor mye energi som brukes til annet enn oppvarming i verkstaden.

Verkstaden blir gjennom året hovedsakelig brukt av én person . Det antas at personen tilbringer i gjennomsnitt 3 timer per arbeidsdag, 5 dager i uken i verkstaden. Lys og elektrisk utstyr er ikke i bruk når ingen er i verkstaden.

I verkstaden er det installert 10 lysstoffrør på 36W per stykk. I redskapshuset og ute er det til sammen installert 18 lysstoffrør av samme type. Med bakgrunn i erfaring antar Tarjei at alt lys står på når verkstaden er i bruk.

I verkstaden er det montert en luftkompressor på 3kW, denne sviver i gjennomsnitt 10 minutter per dag verkstaden er i bruk. Annet elektrisk utstyr som vinkelsliper og sveiseapparat brukes sjelden og estimeres til å bruke 150kWh i løpet av ett år.

Varmtvannsforbruk er hovedsakelig til vasking av hender. Noen ganger brukes vann også for å tilføre varme til drikkevann for dyr som går ute. Det antas et forbruk på 1000kWh til oppvarming av varmtvann. Tabell 8 viser en oppsummering av annet forbruk i verkstaden.

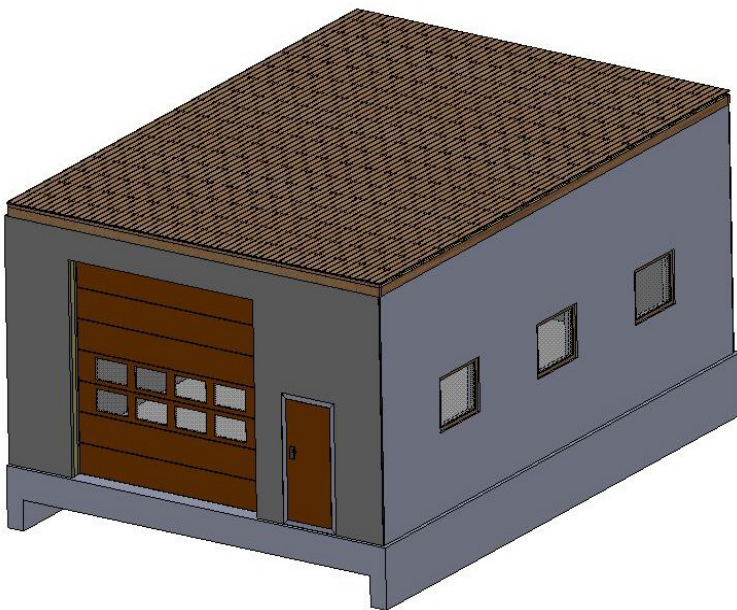
Komponent	Effekt (W)	Driftstid (t / arb.dag)	Årsforbruk (kWh)
Belysning	1008	3	786
Kompressor	3000	0,17	133
Annet			150
Varmtvann			1000
Brannvarsler	50	24	438
Sum			2507

Tabell 8: Annet forbruk i verkstaden

***Beregning av U-verdi for elementer i verkstaden (Alternativ 4)***

De følgende beregningene er basert på metoder beskrevet i kapittel 2 av [Stensaas, L.I., *Vannbaserte oppvarmings- og kjølesystemer*. 2007, Oslo: Skarland Press] [28], hvis ikke annet er oppgitt. Verdier for varmekonduktivitet, varmeovergangsmotstand og U-verdier er tatt fra samme kilde, hvis ikke annet er oppgitt. *Det antas at alle gitte U-verdier for enkeltelementer inkluderer overgangsmotstand for indre og ytre overgang til luft.*

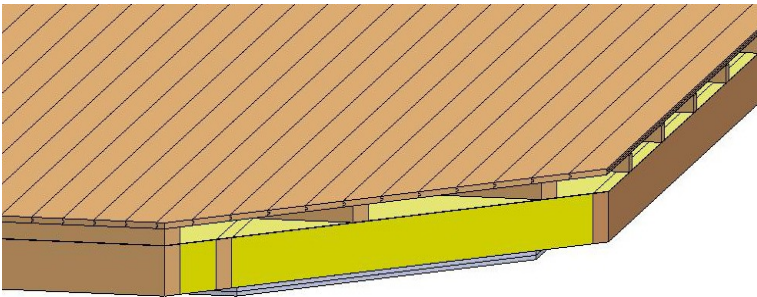
Verkstaden er innvendig 6,6x9,6 meter med en takhøyde på 4 meter. Den er bygget som et elementbygg på ringmur. I østre vegg er det tre vinduer og i vegg mot nord er det to vinduer. I vegg mot sør er det en dør og en port. Vegg mot vest vender mot det uoppvarmede redskapshuset og har en dør lik ytterdøren. Gulvet er støpt betongdekke oppå isolasjon og grus. Under grusen ligger et lag med puk og åkerstein. Det er 1cm isolasjon mellom betongdekket og ringmuren. En modellert visning av verkstaden er vist illustrasjon 11.



*Illustrasjon 11: Modellert visning av verkstaden*

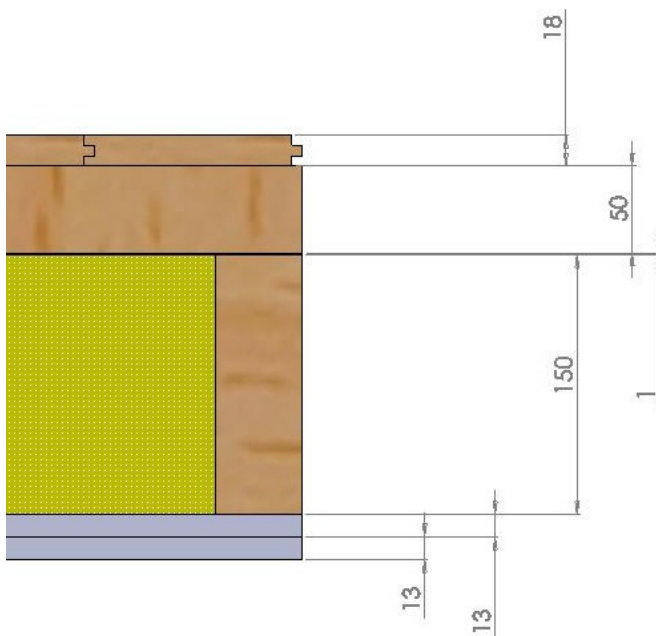
*U-verdi for verkstad tak*

Taket i verkstaden er vist i illustrasjon 12.



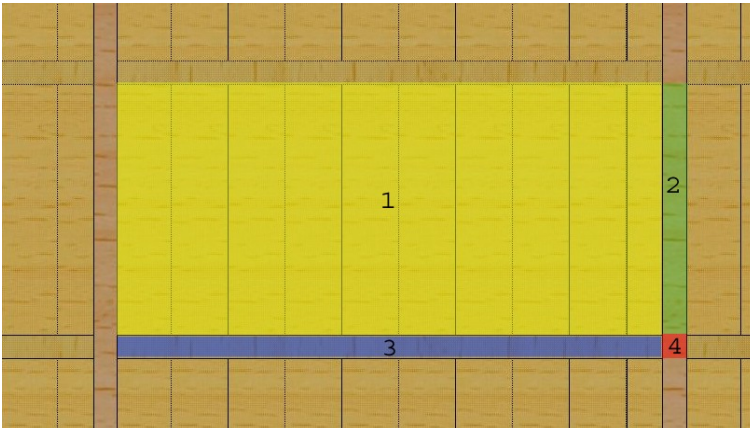
*Illustrasjon 12: Snitt av takkonstruksjon i verkstaden*

Mot verkstaden ligger to 13mm gipsplater. Disse er festet i et bjelkelag med 15x5cm bjelker med 120cm avstand. Mellom bjelkelaget og gipsplatene er det dampsperre i form av plastfolie. Mellom bjelkene ligger det 15cm isolasjon av typen Glawa. Oppå bjelkelaget er det lagt et tynt lag papp på omlag 1mm som vindsperre. Over papplaget er det lagt et lag med 5x5cm lekter på kryss av det underliggende bjelkelaget. Disse er lagt med 60cm avstand hvor mellomrommet er ventilert. Øverst ligger 18mm tykke gulvbord med penn og klauv. Dette er vist i illustrasjon 13.



*Illustrasjon 13: Tykkelser i takkonstruksjon (mm)*

Siden bjelkelaget og lektene ligger i kryss blir beregningen av takets U-verdi delt inn i fire soner sett ovenfra, disse er vist i illustrasjon 14. Samlet område for betraktningen er 120x60cm. Sone 1 er på 115x55cm, sone 2 på 55x5cm, sone 3 på 115x5cm og sone 4 på 5x5cm. Sone 1 er helt uten bjelker, mens sone 4 er massiv og representerer punktet hvor bjelkelaget og lektene overlapper hverandre.



Illustrasjon 14: Soneinndeling av verkstادتak for beregning

Når taket deles inn i soner kan U-verdien beregnes etter to metoder. Beregning av nedre U-verdi innebærer at varmetransporten antas å være vinkelrett på overflaten, slik at hver sone beregnes for seg og deretter adderes andelsvis. Beregning av øvre U-verdi forutsetter fullstendig utligning mellom hvert lag, slik at U-verdi for hvert lag består av bidrag fra hver sone. Samlet øvre U-verdi er summen av øvre U-verdi for hvert lag. Se formel 2.

$$\text{Arealandel: } a_{\text{sone } n} = \frac{A_N}{A_{\text{total}}}$$

Formel for nedre U-verdi

$$U_{\text{nedre}} = \frac{a_{\text{sone1}}}{R_i + R_y + R_{\text{sone1}}} + \frac{a_{\text{sone2}}}{R_i + R_y + R_{\text{sone2}}} + \frac{a_{\text{sone3}}}{R_i + R_y + R_{\text{sone3}}} + \frac{a_{\text{sone4}}}{R_i + R_y + R_{\text{sone4}}} \quad [W/m^2 \cdot K]$$

Formel for øvre U-verdi

$$R_{\text{lag } n} = \frac{1}{\frac{a_{\text{sone1}}}{R_{\text{sone1}, \text{lag } n}} + \frac{a_{\text{sone2}}}{R_{\text{sone2}, \text{lag } n}} + \frac{a_{\text{sone3}}}{R_{\text{sone3}, \text{lag } n}} + \frac{a_{\text{sone4}}}{R_{\text{sone4}, \text{lag } n}}} \quad [m^2 \cdot K/W]$$

$$U_{\text{øvre}} = \frac{1}{R_y + R_i + \sum R_{\text{lag } n}} \quad [W/m^2 \cdot K]$$

Formel 2: Formel for øvre og nedre U-verdi - [Stensaas, L.I., Vannbaserte oppvarmings- og kjølesystemer. 2007, Oslo: Skarland Press., s.17-18] med endrede indekser

Resultatet av beregningene vises i tabell 9, komplett utregning er å finne i vedlegg AG.

U-nedre - [W/m <sup>2</sup> ·K]	U-øvre - [W/m <sup>2</sup> ·K]
0,234	0,239

Tabell 9: Resultat U-verdi for verkstادتak – [Utdrag av Vedlegg AG]

Øvre og nedre U-verdi for taket er nesten like, men U-øvre er noe høyere. Når U-nedre er større enn U-øvre er det fordi konstruksjonen har noen kuldebroer. Generelt gjelder formel 3:

$$\frac{U_{\text{øvre}}}{U_{\text{nedre}}} < 1,5 \Rightarrow U = \frac{(U_{\text{øvre}} + U_{\text{nedre}})}{(2)}$$

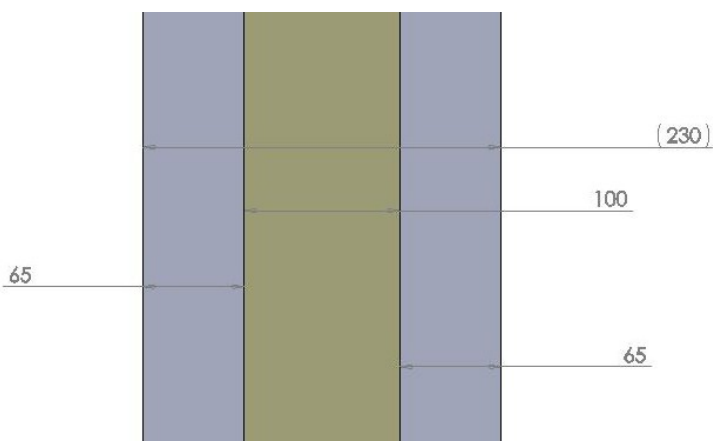
$$U_{\text{øvre}} \gg U_{\text{nedre}} \Rightarrow U \approx U_{\text{øvre}}$$

*Formel 3: Valg av U-verdi på bakgrunn av nedre og øvre verdier – [Stensaas, L.I., Vannbaserte oppvarmings- og kjølesystemer. 2007, Oslo: Skarland Press, s.18]*

I utgangspunktet ser det ut som sone 4 er en kuldebro, men siden arealet er så lite i forhold til resten av konstruksjonen blir virkningen minimal. U-verdi for takkonstruksjonen settes til gjennomsnittet av U-øvre og U-nedre og er 0,237 W/m<sup>2</sup>·K.

*Beregning av U-verdi i vegg av sandwich element*

Verkstadens fire vegger består av sandwich elementer. Disse består av tre lag, hhv. Betong, isolasjon og betong. Lagene antas å ha likt overflateareal siden leverandør AS Betong ikke hadde tilgjengelig informasjon om hvordan elementene er bygd opp. Inndeling av elementene er vist i illustrasjon 15.



Illustrasjon 15: Snitt av sandwich element i verkstadvegg (mm)

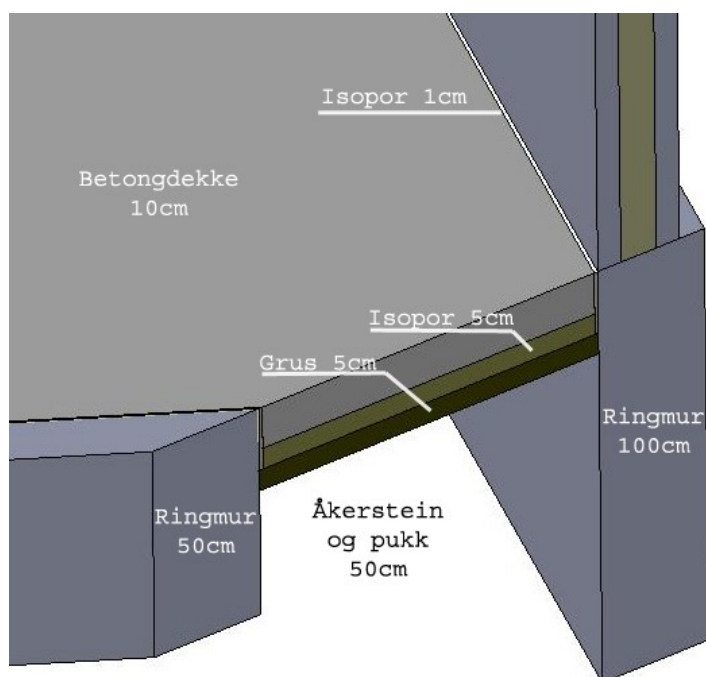
Siden veggelementene er forenklet til å bestå av tre homogene sjikt er beregning av U-verdi meget enkel.

Sjikt	$\lambda$ - [W/m·K]	Tykkelse	R - [m <sup>2</sup> ·K/W]
<b>Innvendig overgang</b>			0,130
<b>Betong</b>	1,7	65	0,038
<b>Ekspandert Polystyren</b>	0,05	100	2,000
<b>Betong</b>	1,7	65	0,038
<b>Utvendig overgang</b>			0,040
<b>U-verdi yttervegg</b>	0,445		
<b>U-verdi innervegg</b>	0,428		

Tabell 10: Beregning av U-verdi for betongvegger

*U-verdi for verkstadgulv*

Verkstaden er bygd på et 50cm tykt sjikt med åkerstein og pukk. Oppå åkersteinen er det lagt 5cm grus, deretter 5cm isopor. På toppen er det støpt et 10cm betongdekke som er avgrenset av 1cm isolasjon og en ringmur. Ringmuren er 100cm høy på 3 sider, men bare 50cm høy ved porten. På utsiden av ringmuren er det lagt grus og jord opp til samme nivå som dekket inni. Oppbygningen er vist i illustrasjon 16.



*Illustrasjon 16: Oppbygning av verkstadgulv*

For å beregne varmetapet til grunnen blir gulvet forenklet slik at det består av homogene sjikt av betongdekke, isopor og grus. Ringmuren antas å være uisolert og bidrar dermed ikke med varmemotstand. Laget med åkerstein er for grovt og gir ikke et bidrag i varmemotstand.

Formel 4 viser formler brukt for å beregne U-verdien i verkstadgulvet. Først beregnes varmemotstand for bestanddelene i gulvet, deretter deles gulvet inn i soner og et sonetillegg tilføyes. Inndelingen av soner er styrt av avstand til yttervegg. Verkstadgulvet deles inn i soner som vist i illustrasjon 17. Veggene mot det uoppvarmede redskapshuset er ikke betraktet som en yttervegg ettersom det i vinterhalvåret holdes lukket og får et lite varmetilskudd fra parkering av varme traktorer. Tabell 11 viser beregning av U-verdi i verkstadgulvet.



$$R_n = t_n / \lambda_n \quad [m^2 \cdot K / W]$$

$$R_{golv} = \sum R_n$$

$$R_{sone\ m} = R_{golv} + R_{sonetillegg\ m} \quad [m^2 \cdot K / W]$$

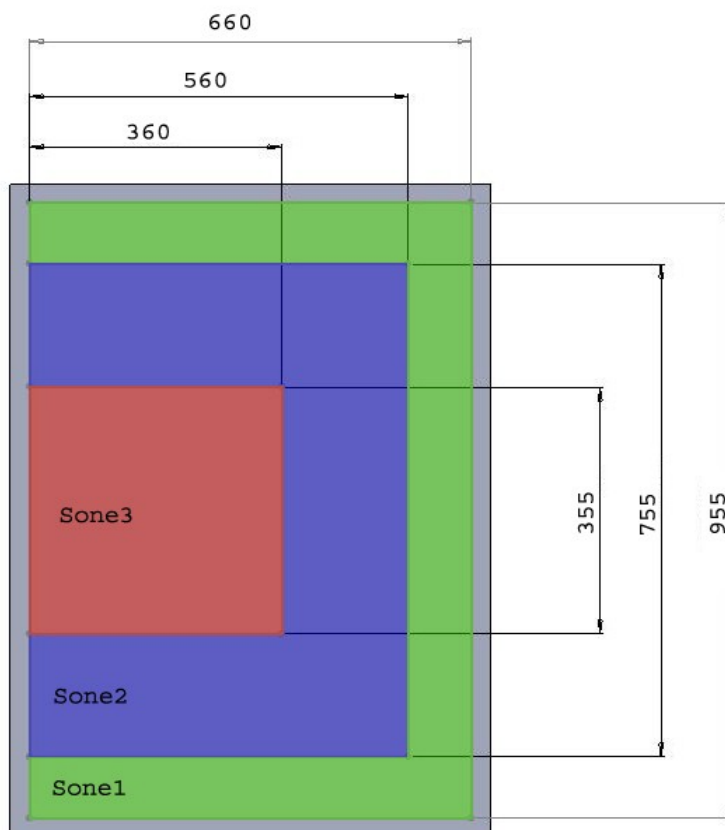
$$U_{sone\ m} = \frac{1}{R_{sone\ m}} \quad [W / m^2 \cdot K]$$

$$U = \frac{\sum U_{sone\ m} \cdot A_{sone\ m}}{A_{total}} \quad [W / m^2 \cdot K]$$

Formel 4: Formel for beregning av U-verdi i gulv - [Stensaas, L.I., *Vannbaserte oppvarmings- og kjølesystemer*. 2007, Oslo: Skarland Press, s.13-14] med endrede indekser

Sjikt	$\lambda$ - [W/m·K]	t - Tykkelse (mm)	$R_n$ - [m <sup>2</sup> ·K/W]
Betongdekke	0,17	100	0,588
Ekspandert Polystyren	0,05	50	1,000
Grus	2	50	0,025
<b><math>R_{golv}</math></b>			<b>1,613</b>

Tabell 11: Beregning av varmemotstand i gulvsjikt



Illustrasjon 17: Soneinndeling av verkstadgulv (cm)

Verdier for sonetillegget er hentet fra tabell 2.7 i [Stensaas, L.I., *Vannbaserte oppvarmings- og kjølesystemer*. 2007, Oslo: Skarland Press]. Sonetillegget gjelder for konstruksjon med gulv i samme plan som terreng, bygget på grunn av "annen" type. Veggen mot det uoppvarmede redskapshuset er ikke betraktet som yttervegg ettersom redskapshuset holdes lukket i fyringssesongen og tidvis er et par gradere varmere enn uteluft. Sonetillegget er ikke fordoblet, til tross for anbefaling i referanselitteraturen. Dette har blitt unnlatt for å unngå et for lavt estimat for varmetap samt manglende begrunnelse av fordoblingen.

Sone	Areal [m <sup>2</sup> ]	R <sub>gulv</sub> – [m <sup>2</sup> ·K/W]	R <sub>s</sub> – Sonetillegg [m <sup>2</sup> ·K/W]	U-verdi for sone [W/m <sup>2</sup> ·K]
Sone 1 (0-1 meter fra yttervegg)	20,75	1,613	0,900	0,398
Sone 2 (1-3 meter fra yttervegg)	29,55	1,613	2,300	0,256
Sone 3 (3-6 meter fra yttervegg)	12,78	1,613	3,200	0,208
U-verdi for gulv				0,293

Tabell 12: Soneinndeling og beregning av verkstadgulv. Utdrag av tabell 2.7 [ Stensaas, L.I., *Vannbaserte oppvarmings- og kjølesystemer*. 2007, Oslo: Skarland Press, s.12]

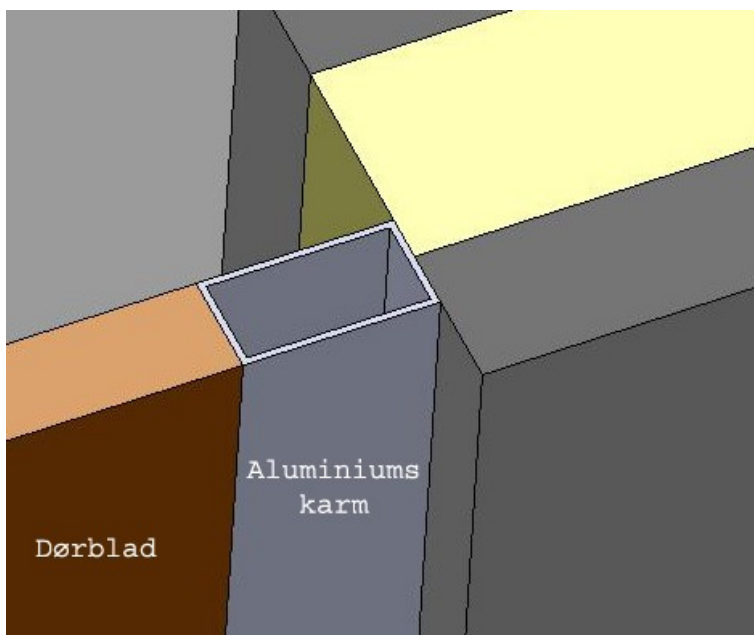
*U-verdi for vinduer*

Vinduene i verkstaden er to lags glass med plastkarm levert av Drammens Glass i 1984. Ut fra visuell inspeksjon av vinduene antas det at de er av vanlig glass med luftfylling. Estimat for U-verdien i vinduene hentes fra tabell 2.6 [Stensaas, L.I., *Vannbaserte oppvarmings- og kjølesystemer*. 2007, Oslo: Skarland Press, s.11] og er  $2,9 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ .

*U-verdi for port og dører*

Port og dører er levert av Crawford i 1984 og er bygd opp av isolerte portblader, vinduer og aluminiumsprofiler. Jarle Eide ved Crawford Norge anslår at porten har en U-verdi på  $1,5 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$  i montert tilstand, inklusive to vindusrekker og gummilister. Dagens porter har en U-verdi på  $1,3 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ .

U-verdi for dørbladet er  $0,65 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ , men dørkarmen består av en hul aluminiumsprofil på  $75 \times 45 \text{ mm}$  tverrsnitt med  $3 \text{ mm}$  tykkelse. Arealet av dørbladet er  $1,64 \text{ m}^2$  mens arealet av dørkarmen er  $0,47 \text{ m}^2$ . Luften i dørkarmen antas å være uten sirkulasjon. Et snitt av dørkarmen er vist i illustrasjon 18. I tabell 13 blir U-verdi for ytterdør og innerdør beregnet.



*Illustrasjon 18: Snitt av forenklet dørkarm*

Lag	Beskrivelse	Tykkelse - (mm)	$\lambda$ - ( W/m·K)	R – (m <sup>2</sup> ·K / W)	
0	Indre overgang			0,1300	
1	Alu. Overflate	3	220	0,00001	
2	Luftrom	39	0,03	1,5600	
2	Alu. Profil	39	220	0,0002	
3	Alu. Overflate	3	220	0,00001	
4	Utvendig overgang			0,0400	
<b>Andel luft</b>	0,93	<b>Andel alu</b>	0,07		
	<b>U-nedre</b>	<b>U-øvre</b>			
<b>Karm ytterdør</b>	0,952	5,796			
<b>Karm innerdør</b>	0,782	3,809			
	Areal karm (m <sup>2</sup> )	U-verdi karm	Areal dør (m <sup>2</sup> )	U-verdi dør	<b>U-verdi</b>
<b>Ytterdør</b>	0,475	5,796	1,641	0,650	1,805
<b>Innerdør</b>	0,475	3,809	1,641	0,650	1,359

Tabell 13: Beregning av U-verdi for dørkarm

Av beregningene i tabell 13 er det synlig at det er et stort sprik mellom øvre og nedre U-verdi. U-øvre  $\gg$  U-nedre. Dette indikerer helt klart at det er en kuldebro i dørkarmen, noe som kunne forventes. Reell U-verdi kan beregnes mer nøyaktig, men med grunnlag i formel 3 brukes høyeste U-verdi som estimat.

Forskjellen mellom ytterdør og innerdør ligger i varmeovergangsmotstanden, hvor det har blitt brukt utvendig overgang for utsiden av ytterdør mens det er brukt innvendig overgang for begge sider av innerdør. Med innerdør menes døren mot redskapshuset.

*Oppsummering*

I tabell 14 vises arealer for verkstadens byggelementer. Arealer er beregnet med bredde fra midt av tilstøtende vegger. Vindus- og dørarealer er beregnet med karm, mens tak og gulvareal er beregnet til midt av vegger.

<b>Del</b>	<b>Dimensjon – [m<sup>2</sup>]</b>
Grunnflate (BRA)	63,4
Volum	252 m <sup>3</sup>
Overflate betongdekke	6,6 x 9,6 m
Areal betongdekke	66,8
Areal tak	66,8
Areal vestre vegg uten dør	37
Areal dør vestre vegg	2,12
Areal sørvegg uten port og dør	12,95
Areal dør sørvegg	2,12
Areal port sørvegg	12,25
Areal østvegg uten vinduer	36,14
Areal vinduer østvegg (3 stk)	2,98
Areal nordvegg uten vinduer	25,33
Areal vinduer nordvegg (2 stk)	1,99

*Tabell 14: Arealfordeling i verkstaden.*

*Driftstid*

Oppvarming i verkstaden er i drift fra September til midten av April, det er omtrent 230 dager. Vanligvis beregnes fyringssesongen fra når midlere utetemperatur kommer under 11°C om høsten til den når 9°C om våren. Data fra <http://eklima.met.no> angir fyringssesongens lengde fra 220 til 230 dager for innlandsstrøk i Rogaland. Dette sammenfaller meget bra med slik varmeovnen blir brukt i dag.

Graddagtallet for et sted blir vanligvis oppgitt til 17°C innetemperatur. Tabell 15 viser graddagtall for Gjesdal kommune utgitt av Enova. Tabell 16 viser det samme utgitt av [www.degreedays.net](http://www.degreedays.net).

År	Middel hoh. - [m]	Antall beregningspunkt	G <sub>17</sub> - Graddagtall ved 17°C
2009	120	1	3301
1961-1990		Normalverdi	3817
1971-2000		Normalverdi	3703

Tabell 15: Graddagtall for Gjesdal kommune – Utdrag av Enovas "Energi graddagtall 2009 – Kommuner" [29]

Referansetemperatur	Målestasjon	Graddagtall
17	Ålgård	3562
17	Bjerkreim	3903
15	Ålgård	2942
10	Ålgård	1634
10	Bjerkreim	1835

Tabell 16: Graddagtall 2009-2010 fra [www.degreedays.net](http://www.degreedays.net)

For å få en helhetlig vurdering av stedets graddagtall og fyringssesong ble det hentet inn døgnmiddeltemperaturer for 2010 fra en værstasjon i nabokommunen Klepp, nærmere bestemt på Særheim. Graddagtall G<sub>17</sub> beregnet fra dette er 3499 graddager med 1889 graddager kumulert graddagtall og 230 dagers fyringssesong. Graddagtall og fyringssesongens lengde stemmer godt overens med tidligere estimat. Videre i oppgaven brukes tallene fra tabell 16 for Ålgård målestasjon.

*Dimensjonerende temperatur*

Dimensjonerende utetemperatur i Norge er gitt ved laveste gjennomsnittlige utetemperatur over en 3-døgns periode. Byggedetaljer 451.021 angir for Gjesdal kommune dimensjonerende utetemperatur på -18,0°C. Ønsket innetemperatur i verkstaden er 15°C.

*Dimensjonerende transmisjonsvarmetap*

I tabell 17 er spesifikt transmisjonsvarmetap beregnet for verkstaden.

Bygningsdel	U-verdi - [W/m <sup>2</sup> ·K]	Areal – [m <sup>2</sup> ]	Spesifikt varmetap - [W/K]
Gulv	0,293	66,8	20
Yttervegger	0,445	74,42	33
Innervegg	0,428	37	16
Vinduer	2,900	4,97	14
Innerdør	1,359	2,12	3
Ytterdør	1,805	2,12	4
Port	1,500	12,25	18
Tak	0,237	66,8	16
			124

Tabell 17: Spesifikt transmisjonsvarmetap for verkstaden

For beregning av transmisjonsvarmetap brukes formel 5.

$$\Phi_T = (t_r - t_0) \sum U_n \cdot A_n \quad [W]$$

$$\Phi_T = (15 - (-18)) 124$$

$$\Phi_T = 4092 \text{ W}$$

*Formel 5: Formel for dimensjonerende transmisjonstap [Stensaas, L.I., Vannbaserte oppvarmings- og kjølesystemer. 2007, Oslo: Skarland Press, s. 14]*

Ved dimensjonerende utetemperatur -18,0°C trengs det 4092 W for å opprettholde 15°C inne, gitt ingen infiltrasjons- eller ventilasjonsvarmetap.

*Dimensjonerende ventilasjonsvarmetap*

I verkstaden er det ikke montert ventilasjon annet enn vifteovnen som varmer opp og sirkulerer luften inne i rommet. Det er dog montert et brannvarslingssystem av typen Elotec ea101 som suger inn og måler røykinnhold i luft fra redskapshuset. Temperaturen i redskapshuset er tilnærmet utetemperatur, slik at all luft som suges inn betraktes som uteluft i et ventilasjonsanlegg uten varmeveksler. Den tilførte luften skaper et lite overtrykk i verkstaden som utlignes gjennom at varm luft siver ut gjennom tilgjengelige sprekker og åpninger. Ventilert luftmengde for brannvarsleren er  $2,4 \text{ m}^3/\text{time}$ . Verkstadens totale volum, uten hensyn på innredning og gjenstander, er  $252 \text{ m}^3$ , slik at ventilasjonen fører til  $0,01$  luftvekslinger per time. Beregningene i formel 6 viser at ventilasjonsvarmetapet er  $26,5 \text{ W}$ . Dette er lavere enn varmetilskuddet fra ett lysstoffrør i verkstaden og kan dermed neglisjeres.

$$L = \text{luftmengde} \quad [\text{m}^3/\text{h}]$$

$$c_{p \text{ luft}} = 1005 \text{ J/kg} \cdot \text{K} \quad , \quad 0,335 \text{ Wh/m}^3 \cdot \text{K}$$

$$\Phi_V = L \cdot 0,335 \cdot (t_r - t_0), \quad [\text{W}]$$

$$\Phi_V = 2,4 \cdot 0,335 \cdot (15 - (-18))$$

$$\Phi_V = 26,5 \text{ W}$$

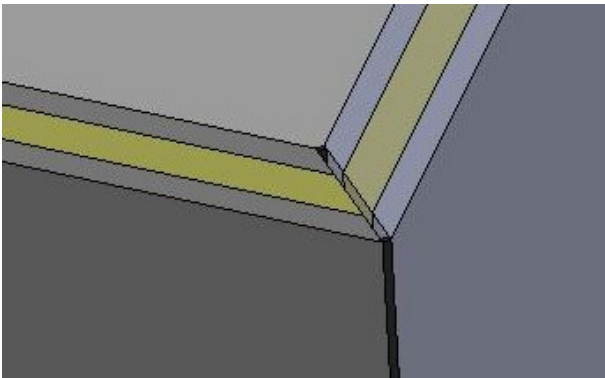
*Formel 6: Beregning av dimensjonerende ventilasjonsvarmetap*

*Dimensjonerende infiltrasjonsvarmetap*

Tabell 18 viser veiledende verdier for luftvekslingstall avhengig av byggets plassering. Verkstaden ligger noe utsatt til i innlandsstrøk, av tabellen er anbefalt verdi for luftvekslingstall  $0,20$ . Dette er et estimat med mulighet for store feilkilder ettersom det i stor grad avhenger av skjønn.

Infiltrasjonsvarmetapet øker med 50% hvis bygningen hadde blitt klassifisert som fritt plassert i utsatte innlandsstrøk. Det er ikke urealistisk å betrakte bygningen slik. Skjøtene i elementene er pusset på langsiden og i innvendige hjørner, men i utvendige hjørner er elementene fasede og har et 20mm luftrom som er tettet med en gummilist, som vist i illustrasjon 19. Hulrommet var en gang isolert, men isolasjonen har smuldret vekk og bør erstattes.





Illustrasjon 19: Oppbygning av hjørneisolasjon

Beliggenhet	Skjermingsgrad	n – Luftvekslingstall [ $1/h$ ]
Innlandsstrøk og indre fjordstrøk	Skjernet	0,1
	Fri	0,15
	Utsatt	0,2
Utsatte innlandsstrøk, kyststrøk på Sørlandet og ytre Oslofjord, midtre kyststrøk på Vestlandet og i Nord-Norge	Skjernet	0,2
	Fri	0,3
	Utsatt	0,4
Ytre kyststrøk på Vestlandet og i Nord-Norge, høyfjellsstrøk	Skjernet	0,3
	Fri	0,4
	Utsatt	0,5

Tabell 18: Luftvekslingstall avhengig av plassering – Tabell 2.9 [Stensaas, L.I., *Vannbaserte oppvarmings- og kjølesystemer*. 2007, Oslo: Skarland Press, s.23]

Formel 7 viser beregning av dimensjonerende infiltrasjonsvarmetap. Verkstadvolumet er 252 m<sup>3</sup>.

$$\Phi_I = n \cdot c_p \cdot V \cdot (t_r - t_0) \quad [W]$$

$$\Phi_I = 0,20 \cdot 0,335 \cdot 252 \cdot (15 - (-18))$$

$$\Phi_I = 557,2 \text{ W}$$

Formel 7: Beregning av dimensjonerende infiltrasjonsvarmetap - [Stensaas, L.I., *Vannbaserte oppvarmings- og kjølesystemer*. 2007, Oslo: Skarland Press, s.23]

Årlig energibehov beregnes etter formel 8 og innebærer sum av dimensjonerende varmetap dividert med differansen mellom ønsket romtemperatur og dimensjonerende utetemperatur, slik at spesifikt varmetap gjenstår. Spesifikt varmetap multipliseres med gradtallet og anleggets daglige driftstid, i dette tilfellet 24 timer.

$$\Phi = \sum \Phi_n$$

Spesifikt varmetap:

$$u_T = \frac{\Phi}{t_R - t_0} \quad [kW/K]$$

Årlig energibehov:

$$Q_T = u_T \cdot G_{iR} \cdot \tau_i \quad [kWh]$$

$G_{iR}$  = Graddagtall

$\tau_i$  = Driftstid fyringsanlegg [timer/døgn]

Formel 8: Formel for årlig energibehov

- [Stensaas, L.I., Vannbaserte

oppvarmings- og kjølesystemer. 2007,

Oslo: Skarland Press, s.302]

Beregnet årlig energibehov er vist i tabell 19.

Varmetap	Spesifikt varmetap – [W/K]	Årlig energibehov – [kWh]
Transmisjon	123,8	8741,4
Infiltrasjon	16,9	1191,9
Ventilasjon	0,8	56,7
Sum	141,5	9990

Tabell 19: Årlig energibehov for oppvarming av verkstad

Årlig energibehov til oppvarming er beregnet uten hensyn på tilskudd fra sol, personer og belysning. Det er derfor grunn til å tro at faktisk oppvarmingsbehov skal være lavere enn dette, gitt at ingen av overnevnte feilkilder slår til. Tabell 20 viser et foreløpig estimat for forbruksfordelingen mellom verkstad og fjøs.

Forbrukspunkt	Årlig energiforbruk - (kWh)
Totalt energiforbruk verkstad og fjøs	47573
Beregnet oppvarmingsbehov verkstad	9990
Beregnet annet forbruk verkstad	2507
Gjenstående forbruk i fjøs	35076

Tabell 20: Forbruksfordeling etter beregning av oppvarmingsbehov i verkstaden

### Varmefotografering av verkstaden (Alternativ 5)

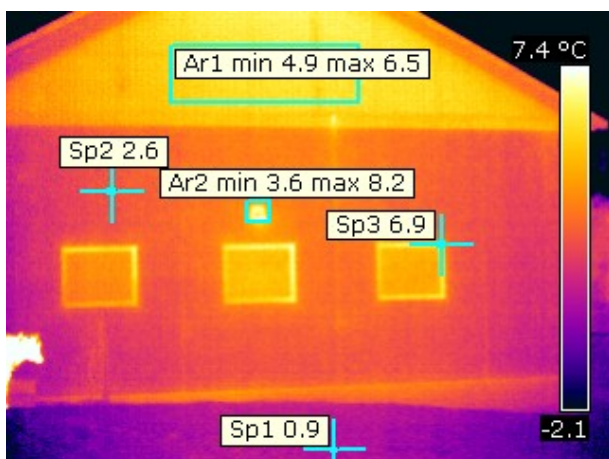
For å verifisere de beregnede U-verdiene ble det foretatt en varmfotografering. Fotograferingen ble gjennomført med infrarødt kamera av typen FSI Agema 570 utlånt av Universitetet i Stavanger. Kameraet har et måleområde på  $-20^{\circ}\text{C}$  til  $2000^{\circ}\text{C}$  med en nøyaktighet på  $\pm 2\%$  eller  $2^{\circ}\text{C}$ . Kameraet kan ved  $30^{\circ}\text{C}$  skille mellom temperaturforskjeller ned til  $0,1^{\circ}\text{C}$ . Kameraet blir i hovedsak brukt for å avdekke områder med høyt varmetap, men overflatetemperaturene kan også brukes til å gi estimater for U-verdi.

Verdier på fotografiene er oppgitt i grader Celsius. For punktmålinger representerer tallverdien temperatur i punktet, mens for arealer oppgis høyeste og laveste temperatur. Linjemålinger er tilsvarende som arealmålinger. Til høyre i hvert bilde er en skala oppgitt for å vise hvilket temperaturområde som er synlig.

Avleste verdier fra bildene er avhengige av korrekt inndata som lufttemperatur, luftfuktighet og reflektert temperatur. Under analysen ble utetemperatur og innvendig verkstadtemperatur avlest av et vanlig digitalt termometer. Luftfuktighet ble estimert til 70% for kald uteluft og 30% for inneluft. Under en måling regnet det litt og luftfuktigheten ble derfor estimert til 90%. Reflektert temperatur avhenger av overflaten som betraktes.

Korrekte avlesninger er avhengige av at bygninger ikke er oppvarmet av sollys. Derfor ble fotograferingene gjennomført på tidlige morgener og sene kvelder i begynnelsen av Mars. Kameraet er følsomt for refleksjoner, så resultater fra glass eller andre reflekterende overflater blir ikke tatt med.

I illustrasjon 20 og 21 har verkstaden blitt fotografert utenfra med en utetemperatur på  $-1^{\circ}\text{C}$ . Av bildene er det synlig at sveiseavsugget midt på østveggen har noe varmetap. Det samme gjelder vinduskarmene som er av plast og av eldre årgang. Elementveggen holder en lav temperatur som svarer bra til utetemperaturen. Blikkveggen under mønet på redskapshuset holder en høyere temperatur enn inneluften i redskapshuset. Dette skyldes soloppvarming og taes ikke med i betraktningen.



Illustrasjon 20: Utvendig varmefotografi av østre vegg av verkstaden



Illustrasjon 21: Utvendig varmefotografi av nordre vegg av verkstaden

Som ventet fra beregningene av U-verdi er varmetapet i dørkarmen stort. Dette kan sees i illustrasjon 22 og 23. Bemerkelsesverdig var også et relativt høyt varmetap rundt listene på porten.



Illustrasjon 22: Utvendig varmefotografi av ytterdør i verkstaden



Illustrasjon 23: Innvendig varmefotografi av ytterdør i verkstaden

Illustrasjon 24 og 25 viser at porten i verkstaden har et tydelig varmetap øverst. Dette skyldes trolig at en pakningslist ikke holder skikkelig tett. Verdt å merke er at målt temperatur inne i verkstaden er 14,6°C, mens taket og øvre deler av porten holder 20°C, noe som bidrar til økt varmegjennomgang i øvre deler. I beregningene skulle blant annet varmetapet gjennom takkonstruksjonen vært beregnet med en innvendig temperatur på 20°C, noe som hadde bidratt til et høyere oppvarmingsbehov.

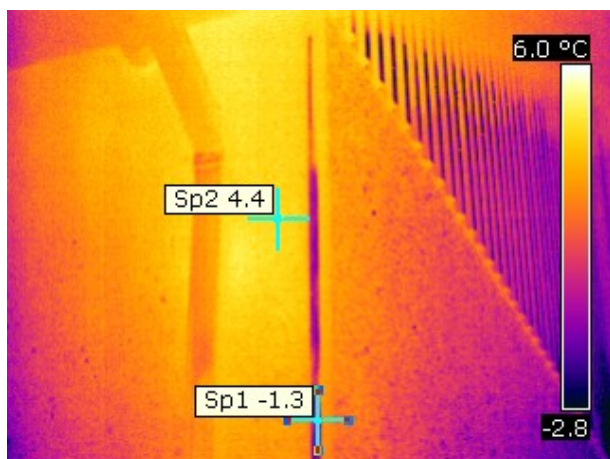


Illustrasjon 24: Utvendig varmefotografi av verkstadport

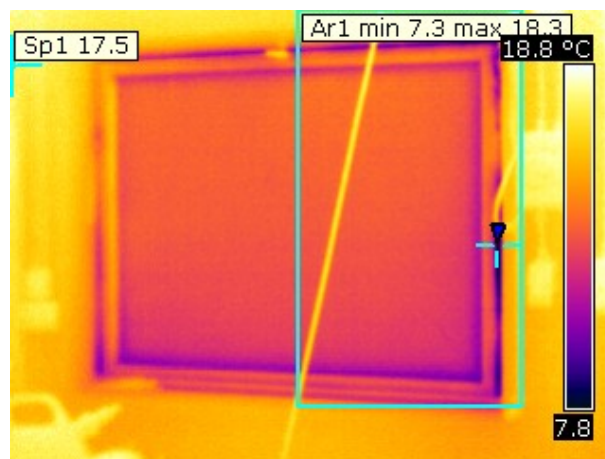


Illustrasjon 25: Innvendig varmefotografi av verkstadport

Gummilistene i skjøtene på elementene ble mistenkt for å være en kilde for varmetap, men i bygningens sørøstre hjørne var gummilisten kaldere enn resten av elementet. Faktisk var gummilisten kaldere enn målt utendørs temperatur, noe som kan tyde på avvik i en av de målte verdiene. Dette kan sees i illustrasjon 26. Illustrasjon 27 viser innvendig fotografi av vindu med karm. Laveste temperatur i vinduskarmen er målt til 7,3°C på et punkt i høyre hjørne. Dette skyldes trolig en dårlig pakning eller dårlig isolasjon i plastkarmen.

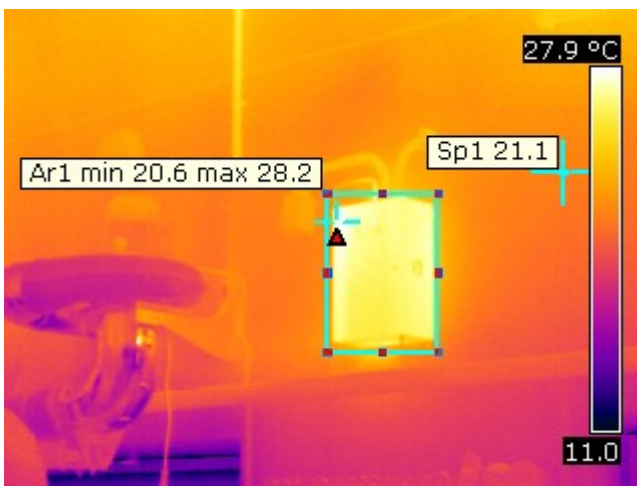


Illustrasjon 26: Utvendig varmefotografi av elementskjøt sørøstre hjørne av verkstaden



Illustrasjon 27: Innvendig varmefotografering av vindu i verkstaden

Brannvarslingsanlegget ble beregnet til å bidra med varmetap i verkstaden, men varmefotograferingen viser at brannvarsleren er varmere enn omgivelsene. Det samme gjelder for rørene hvor luften trekkes inn for måling. Dette vises i illustrasjon 28.



Illustrasjon 28: Varmefotografi av brannvarsler i verkstaden

Et viktig element med varmfotografiene var å kunne verifisere U-verdier beregnet tidligere i oppgaven. Veileder Kåre Bærheim har vist beregningsmåte og antakelser for følgende analyse. Forutsetningen for å beregne U-verdi på bakgrunn av målt overflatetemperatur er at innvendig og utvendig temperatur er kjent, samt at det er grunnlag til å estimere innvendig varmeovergangstall. Det antas at varmestrøm gjennom vegg må være den samme som varmestrømmen fra lufta i rommet til den innvendige overflaten. En viktig antakelse er at varmestrømmen går vinkelrett på overflaten. Brukte formler og nødvendige antakelser er vist i formel 9.

$$q_{innvendig} = \alpha_{innvendig} \cdot (t_i - t_{overflate}) \quad [kW/m^2]$$

$$q_{vegg} = U_{element} \cdot (t_i - t_u) \quad [kW/m^2]$$

$$q_{vegg} = q_{innvendig}$$

$$U_{element} = \frac{q_{innvendig}}{(t_i - t_u)} \quad [kW/m^2 \cdot K]$$

$$U_{element} = \frac{\alpha_{innvendig} \cdot (t_i - t_{overflate})}{(t_i - t_u)} \quad [kW/m^2 \cdot K]$$

$$\alpha_{innvendig} = 7,7 W/m^2 \cdot K$$

Formel 9: Beregning av U-verdi basert på varmfotografi

Med basis i overnevnte formler ble U-verdi for forskjellige bygningselementer beregnet fra varmfotografiene. Formlene ble også omskrevet slik at U-verdi kunne beregnes ved hjelp av utvendig overflatetemperatur samt utvendig varmeovergangstall. I utgangpunktet så resultatene lovende ut, men enkelte målinger gav negativ U-verdi. Negativ U-verdi betyr at elementet tilfører varme til det oppvarmede rommet fra kald uteluft, noe som er i strid med termodynamikkens andre lov. Det brakte oppmerksomhet til temperaturmålingene for innvendig og utvendig luft. Disse var

gjort med et stasjonært, digitalt termometer. Selv om termometeret kan ha en nøyaktighet på  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$  vil ikke resultatene bli representative for andre plasseringer enn der hvor føleren er plassert. I verkstaden ble innvendig og utvendig temperatur målt ved nordveggen i 1,5 meters høyde. Temperaturene var ved første fotografering  $14,5^{\circ}\text{C}$  og  $-1^{\circ}\text{C}$  respektivt,  $14,6^{\circ}\text{C}$  og  $2^{\circ}\text{C}$  ved andre og  $14,7^{\circ}\text{C}$  og  $3^{\circ}\text{C}$  ved siste. Illustrasjon 25 og 28 viser innvendige overflatetemperaturer på over  $20^{\circ}\text{C}$ , noe som betyr at luftrommet i verkstaden ikke har en homogen temperaturfordeling. I et forsøk på å korrigere dette har områder nær taket blitt tillagt en høyere innvendig lufttemperatur i de påfølgende beregningene.

Kameraet har som tidligere nevnt en nøyaktighet på  $\pm 2^{\circ}\text{C}$  eller  $\pm 2\%$ . Siden ingen målte temperaturer er over  $100^{\circ}\text{C}$ , er  $\pm 2^{\circ}\text{C}$  representativt for målingene. Hvis det antas at målt lufttemperatur fra det digitale termometeret har en nøyaktighet på  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$  og at temperaturforskjeller i luft neglisjeres, er nøyaktigheten til 3 av 4 variabler i beregningen av U-verdi gitt. Den gjenstående variabelen er varmeovergangstallet som er en gitt konstant og som er relativt sikkert for innvendig varmeovergang. Utvendig varmeovergang avhenger blant annet av vind og er derfor vanskeligere å estimere. U-verdier beregnet på basis av utvendige overflatetemperaturer har derfor økt usikkerhet.

En måte å kvantifisere feilforplantningen fra målte verdier og deres nøyaktighet er gitt i formel 10. Funksjonen for U partiellderiveres med hensyn på hver av variablene og multipliseres med avvik for tilhørende variabel. Resultatet blir nøyaktigheten for den beregnede U-verdien, slik at faktisk verdi skal ligge innenfor beregnet U-verdi  $\pm$  gitte toleranse. For å gjøre resultater sammenlignbare beregnes relativt avvik, som indikerer hvor stor usikkerheten er i forhold til den beregnede U-verdien. Relativt avvik er gitt i prosenter, og av resultatene er det synlig at bare et fåtall av resultatene har avvik mindre enn  $\pm 20\%$ . Usikkerheten til beregningene øker ytterligere fordi avlest temperatur på fotografiene avhenger av parametere som avstand og luftfuktighet. Dette er verdier som er estimert. På bakgrunn av antallet usikkerheter og store avvik i beregningene blir resultatene ansett som lite troverdige og blir ikke tatt hensyn til videre i oppgaven. Resultater av beregningene er i vedlegg AH.

Generell formel for feilforplantning:

$$\Delta f = \frac{\partial f}{\partial x} \cdot \Delta x + \frac{\partial f}{\partial y} \cdot \Delta y + \frac{\partial f}{\partial z} \cdot \Delta z$$

Feilforplantning i beregnet  $U$ -verdi:

$$\Delta U = \frac{\partial U}{\partial t_{\text{overflate}}} \cdot \Delta t_{\text{overflate}} + \frac{\partial U}{\partial t_u} \cdot \Delta t_u + \frac{\partial U}{\partial t_i} \cdot \Delta t_i$$

$$\Delta U = \frac{-\alpha_{\text{innvendig}}}{t_i - t_u} \cdot \Delta t_{\text{overflate}} + \frac{\alpha_{\text{innvendig}}(t_i - t_{\text{overflate}})}{t_i^2 - 2 \cdot t_u t_i + t_u^2} \cdot \Delta t_u + \frac{\alpha_{\text{innvendig}}(t_{\text{overflate}} - t_u)}{t_i^2 - 2 t_u t_i + t_u^2} \cdot \Delta t_i$$

Relativt avvik generelt:  $\frac{\Delta f}{|f(x)|}$

Relativt avvik:  $\frac{\Delta U}{|U|}$

Formel 10: Feilforplantning i funksjon med flere variabler, beregning av feilforplantning for  $U$ -verdi fra varmfotografier – [Forelesningsnotater ÅMA190 – Numerisk Matematikk v/UiS 2009]



**Forbruksestimat for husdyrhold (Alternativ 3)**

Ettersom verifisering av U-verdier gjennom varmfotografi ikke lyktes ble fokus rettet mot å verifisere estimert oppvarmingsbehov i verkstaden. En undersøkelse gjennomført av JTI i Sverige kartlegger energiforbruk på gardsbruk. Det blir gitt middelveidier for energibehov til drift avhengig av dyr og type drift. Se vedlegg AI for komplett beregning. Energibehov til dyr i fjøset som ikke produserer melk kan enklest beregnes gjennom estimat basert på levert mengde fett og beinfritt kjøtt. Tallene for forbruk per kg fra undersøkelsen hentet fra ren kjøttproduksjon hvor det er et vesentlig større antall dyr og et fjøs som er spesialtilpasset for dette. På Gjesdal Gard står melkeproduserende kyr side om side med kyr som ikke produserer melk. Alle dyrene får samme behandling med unntak av melking. Det har derfor blitt beregnet energiforbruk per dyr, basert på forbruk for melkekyr dividert med antall årskyr. Selvsagt har energiforbruk til melkeanlegg blitt utelatt. Energiforbruket ganges opp med antall ikke produserende dyr for å gi et høyere og mer realistisk estimat for forbruk.

Estimatet viser at det er brukt 25 964kWh i fjøset. I tabell 21 utregnes hvor mye energiforbruk som gjenstår for oppvarming av verkstaden.

Forbrukspunkt	Årlig energiforbruk - (kWh)
Totalt energiforbruk verkstad og fjøs	47573
Estimert energiforbruk i fjøs	25964
Beregnet annet forbruk verkstad	2507
Gjenstående forbruk til oppvarming av verkstad	19102

Tabell 21: Forbruksfordeling etter estimat av energiforbruk i fjøset

Sammenlignes resultatene fra tabell 21 og tabell 20 er det synlig at det er et sprik på omlag 9000kWh elektrisitetsforbruk mellom verkstad og fjøs. Dette indikerer at minst ett av de brukte estimatene inneholder store feil. For å få mer troverdige data må ytterligere målinger iverksettes.

*Estimering av forbruk gjennom energimåling av oppvarming i verkstad (Alternativ 7)*

Ettersom det var et så stort sprik mellom beregnet energiforbruk i verkstaden og hva som ble estimert forbrukt i fjøset ble en tredje målemetode iverksatt. Vifteovnen i verkstaden, som er en 3-faset ovn, ble koblet ut til fordel for en mindre en-faset ovn tilknyttet en enkel energimåler. Termostaten på den lille ovnen ble stilt inn til samme verdi som den store og energimåleren for fjøs og verkstad ble lest av. Ovnene varmet opp verkstaden i 2 uker og forbruket ble avlest. Energimåleren for fjøs og verkstad ble også avlest, slik at det enkelt kunne estimeres energiforbruk i fjøset og oppvarmingsbehov i verkstaden. For å gi målingene relevans i forhold til resten av året ble gjennomsnittlig utendørs temperatur målt over hele perioden. Med bakgrunn i målingene er det mulig å regne ut spesifikt varmetap for verkstaden, samt regne ut årlig energibehov basert på graddagtallet for Gjesdal. Dette har blitt gjort i vedlegg AJ.

Utendørs temperatur ble målt med et instrument av merket Lascar EL-USB-2+ utlånt av Universitetet i Stavanger. Måleren avleste temperatur, fuktighet og duggpunkt hver hele time i måleperioden, dataene er gjengitt i vedlegg AJ. Måleren er følsom for direkte kontakt med fuktighet, derfor ble den plassert under tak i redskapshuset. Begge portene i redskapshuset stod åpne i hele perioden. Vanligvis representerer dette utetemperaturen meget godt, men på dager med sterk sol kan redskapshuset bli varmere enn uteluften. Dataene har derfor blitt korrigert, hvor alle verdier over 17°C er avkortet til 17°C. Gitt temperatur er valgt fordi et digitalt termometer med maksimaltemperatur funksjon viste denne temperaturen. Slik oppnåes en gjennomsnittlig temperatur for måleperioden på 8°C.

For å øke datasikkerheten ble det gjort en avlesning mellom start og sluttdatoen. Denne ble gjort 16. April, mens målingen ble avsluttet 18. April. Det spesifikke varmetapet i perioden 30. Mars til 16. April er 152,6 W/K mens det er 50,4 W/K fra 16. til 18. April. Det er en reduksjon på 67%. En kilde som kan forklare dette er at det i første del av måleperioden var relativt kaldt og dårlig vær, mens det etter den 16. var fint vær med høye temperaturer og mye sol. Verkstaden er et betongbygg med god varmelagringsevne, samt at den har vinduer mot sør og øst som slipper inn mye sol. Den drastiske reduksjonen i spesifikt varmetap skyldes trolig bygningens varmeopptak fra sola, og dens tilhørende treghet til temperaturforandringer. Gjennom døgnet har det derfor vært et sterkt redusert behov for oppvarming. Det må nevnes at med midlere utetemperatur på 9,04°C er målingene strengt tatt gjort etter slutt på fyringssesongen. Fyringssesongen estimeres å vare fra midlere utetemperatur går under 11°C om høsten til midlere utetemperatur passerer 9°C om våren. Det er meget sannsynlig at målinger gjort om vinteren ville gitt mer representative data for bygningen.

Gjennomsnittsverdier for hele måleperioden er brukt for beregning av endelig spesifikt varmetap. Dette er 144,6 W/K og stemmer meget bra med samlet varmetapstall for verkstaden beregnet i tabell 19. To alternative metoder ble brukt for å beregne årlige oppvarmingsbehov for verkstaden. Den første metoden baserer seg på en årlig gjennomsnittstemperatur på 4,9°C som brukt tidligere i oppgaven. Differansen mellom 15°C innetemperatur og denne utetemperaturen blir multiplisert med det spesifikke varmetapet, 365 dager og 24 timer. Dette gir 12790,2kWh, som er 2800kWh høyere enn beregnet tidligere. Årlig oppvarmingsbehov ble også beregnet ved hjelp av graddagtallet for 15°C innetemperatur, multiplisert med spesifikt varmetap og 24 timers driftstid for varmeanlegget. Resulterende oppvarmingsbehov ble 10 207kWh. Resultatet stemmer godt overens med verkstadens samlede oppvarmingsbehov på 9990kWh beregnet tidligere. Differansen mellom resultatene basert på årsmiddeltemperatur og graddagtall skyldes trolig at mildere utetemperatur er beregnet over en lengre periode, mens graddagtallet for stedet er basert på 5 års data. Generelt er graddagtallet en mer kompleks måte å definere temperaturforløpet til et år, og det blir her gitt høyere troverdighet.

*Endelig oppvarmingsbehov i verkstaden*

Beregning av oppvarmingsbehov i verkstaden basert på bygningselementene gav 9990kWh årlig oppvarmingsbehov, uten fratrukk fra soltilskudd eller varme fra personer. Når oppvarmingsbehovet måles til 10 207kWh er det grunn til å anta at beregningen av oppvarmingsbehovet gav et lavt estimat. En meget sannsynlig feilkilde for dette er transmisjonsvarmetapet, som blir estimert etter skjønn og har muligheter for å gi store utslag. *På grunn av dette antas verkstadens årlige oppvarmingsbehov til å være 10 207kWh.* Det estimeres at verksteder har et effektbehov mellom 50 og 100 W/m<sup>2</sup> i byggeveilederen for gardsvarmeanlegg [22]. Verkstaden på Gjesdal Gard forbruker 161,1kWh/m<sup>2</sup> og har et dimensjonerende effektbehov på ca. 4700 W, som svarer til 73,8 W/m<sup>2</sup>. Det dimensjonerende effektbehovet fordeles som vist i tabell 22.

<b>Dimensjonerende effektbehov</b>	<b>W</b>
Transmisjon	4092
Ventilasjon	27
Infiltrasjon	557
<b>SUM</b>	<b>4676</b>

*Tabell 22: Fordeling av dimensjonerende effektbehov i verkstaden*

I sammenheng med måling av oppvarmingsbehov i verkstaden ble også energiforbruk i fjøset avlest. Fratrukket dette annet energiforbruk i verkstaden gjenstår kun energi brukt i fjøset. I perioden ble det lagt om fra stelling to ganger om dagen til bare én gang per dag, som en del av avgjeldingsprosessen. Derfor er det et sprik i energiforbruket per stelling mellom målepunktene. Energiforbruket per døgn er relativt konstant til tross for dette. Siden dataene er fra siste del av melkeperioden vil også mengden melk per stelling være vesentlig lavere enn midtvinters, slik at det blir meget vanskelig å gi et godt begrunnet estimat for faktisk energiforbruk i løpet av et år. Hvis årlig energiforbruk beregnes per stelling blir det 35 021kWh, mens det blir 25073kWh hvis det beregnes per døgn. Tidligere ble energiforbruk til husdyrhold beregnet til 25 964kWh basert på tall fra JTI. Energiforbruket er anslått til 35 076kWh hvis totalt årsforbruk fratrukket verkstadforbruk i tabell 20.

Med så stort sprik i resultater er det eneste logiske å gå ut fra det som er best kjent, nemlig overnevnte oppvarmingsbehov i verkstaden på 10 207kWh. Dette er verifisert på flere måter, til tross for muligheter for enkelte feilkilder. *Derfor antas årlig energibehov til fjøset å være 34 859kWh.* Årlig energibehov i fjøset ble opprinnelig introdusert for å verifisere verkstadbehov og er ikke av stor relevans for oppgaven, annet enn for å avdekke unødig høyt forbruk og i tilfeller hvor egen strømproduksjon skal vurderes.

### 5. 5 Samlet oppvarmingsbehov

I tabell 23 er oppvarmingsbehov for de forskjellige delene av garden oppsummert. Til slutt er fire resultater for samlet oppvarmingsbehov gitt, avhengig av hvilken type hus som bygges samt om varmtvannsforbruk blir inkludert. Resultatene er forutsetter dagens forbruk og tar ikke hensyn til varmtvannsforbruk i verkstad og fjøs. Tallene benyttes som grunnlag for å velge kulvertdimensjoner og for å beregne transportert vannmengde til hver av bygningene. Når varmetap i kulvert er avklart adderes denne med oppvarmingsbehovet og et samlet energibehov for varmeanlegg gjenstår.

<b>Forbrukspunkt</b>	<b>kWh</b>
Oppvarmingsbehov hovedhus	23475
Oppvarmingsbehov verkstad	10207
Oppvarmingsbehov TEK 10 hus	18306
Oppvarmingsbehov passivhus	4014
Varmtvannsforbruk kårfolk	3827
Varmtvannsforbruk bondefamilie	5158
<b>Sum oppvarmingsbehov med TEK 10 hus</b>	<b>51988</b>
<b>Sum oppvarmingsbehov med TEK 10 og varmtvann</b>	<b>60973</b>
<b>Sum oppvarmingsbehov med Passivhus</b>	<b>37696</b>
<b>Sum oppvarmingsbehov med Passivhus og varmtvann</b>	<b>46681</b>

Tabell 23: Samlet oppvarmingsbehov for Gjesdal Gard

## 6. Forbruksreduksjon

Istedenfor å gå rett på planlegging av anlegg som dekker dagens behov er det gunstig å avdekke muligheter til å redusere forbruket og dermed kunne redusere størrelsen på varmeanlegget. Overdimensjonerte anlegg kjennetegnes ofte av redusert effektivitet, stadig avbrutt produksjon, mer slitasje og redusert lønnsomhet. I tilfellet av varmepumper blir dette påpekt i flere av Storeheiers rapporter [30, 31]. Det samme gjelder for flisfyringsanlegg [32].

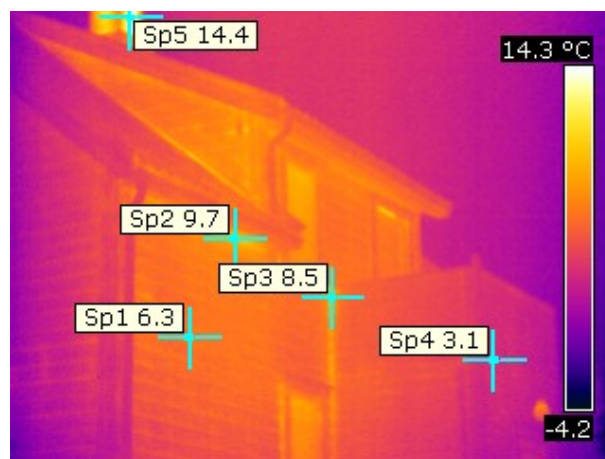
### 6.1 Varmefotografering

I sammenheng med avdekking av forbruk i verkstaden ble det foretatt varmefotografering av boligene på garden for å avdekke de områdene med størst varmetap. Illustrasjon 29 viser kårboligens østre vegg ved en utendørs temperatur på 3°C. Vinduene i første etasje er til den oppvarmede stuen og badet. Rundt vinduene og oppover langs veggen er det et synlig varmetap. I motsetning til godt isolerte hus er veggen på kårboligen flekkete grunnet lite og ujevn isolasjon.

Illustrasjon 30 viser varmetap i siden av arken og rundt inngangspartiet på byggets nordre vegg.

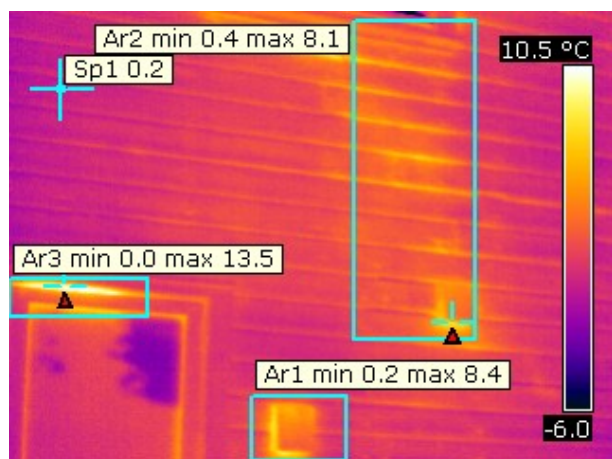


Illustrasjon 29: Varmefotografi av østre vegg i kårboligen

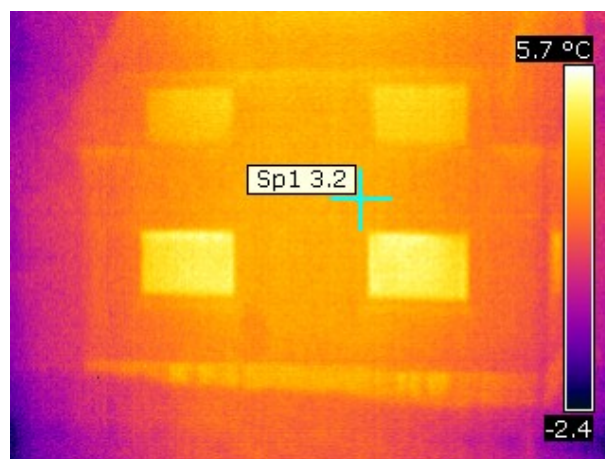


Illustrasjon 30: Varmefotografi av nordre vegg med inngangsparti i kårboligen

Illustrasjon 31 viser kårboligens vestvegg med terrassedør og kjøkkenavtrekk. Det er tydelig lekkasje rundt terrassedøren, samt at veggen til høyre i bildet har stedvis stor varmegjennomgang. Illustrasjon 32 er tatt som et overblikk over boligens sørside og illustrerer hvor varm boligen er i forhold til omgivelsene.



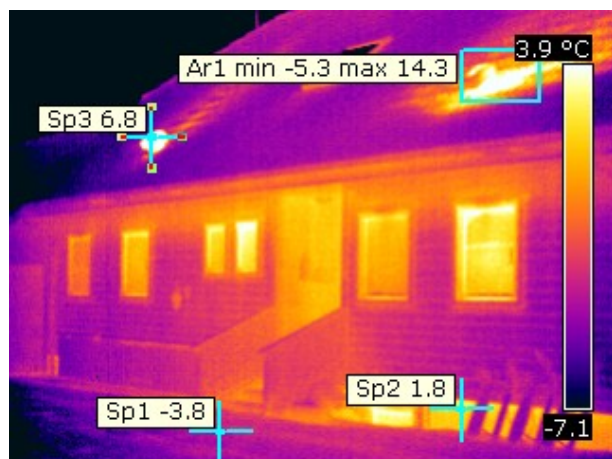
Illustrasjon 31: Varmefotografi av terrassedør i kårboligens vestre vegg



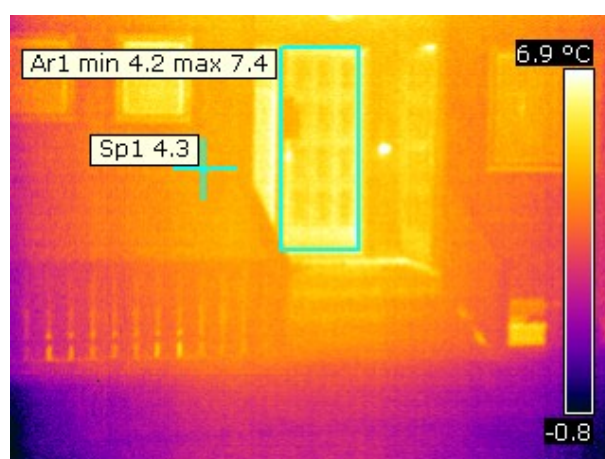
Illustrasjon 32: Varmefotografi av sørvegg i kårboligen

Illustrasjon 33 viser hovedhusets nordre vegg. På taket kommer det ut varm avtrekksluft synlig gjennom lyse flekker. Med unntak av baderoms- og kjøkkenavtrekk kan varmen fra avtrekksluft enkelt gjenvinnes i et ventilasjonsanlegg med varmeveksling. På bildet er det synlig at grunnmuren er noe varmere enn omgivelsene, noe som kan tyde på dårlig isolering.

Illustrasjon 34 viser inngangspartiet på hovedhuset hvor også dette er noen gradere varmere enn omgivelsene.

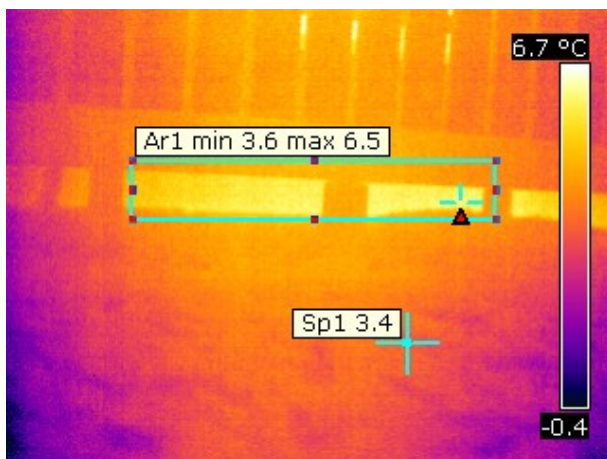


Illustrasjon 33: Varmefotografi hovedhus nordre fasade

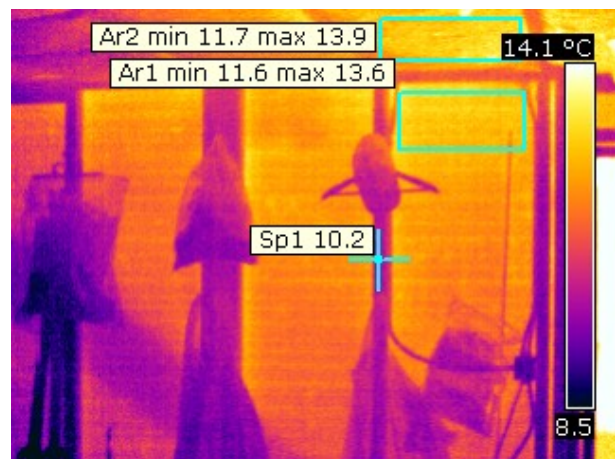


Illustrasjon 34: Varmefotografi hovedhus inngangsparti

Illustrasjon 35 viser et fotografi av grunnmuren rundt et uisolert kjellerrom. Grunnmuren er vesentlig varmere enn i illustrasjon 33, noe som indikerer at rommet har et større varmetap. Illustrasjon 36 viser et fotografi fra innsiden av kjellerrommet mot en uisolert vegg som vender mot en oppvarmet gang. Veggene mot den oppvarmede gangen tilfører rommet mye varme og anbefales isolert snarest. Taket mot den oppvarmede stuen er isolert.



Illustrasjon 35: Varmefotografi uisolert kjellerrom utenfra



Illustrasjon 36: Varmefotografi uisolert kjellerrom innenfra mot oppvarmet rom

Av varmfotografiene er det understreket hvor dårlig isolert kårboligen er. Boligen har råteskader på kledning og reisverk, derfor er renovasjon utelukket. Hovedhuset derimot holder bedre på varmen, med unntak av et uisolert kjellerrom og et punktert vindu. Dette er de første sakene som bør utbedres før mulighetene for videre effektivisering vurderes. Hvis disse forbedringene gjennomføres er det rimelig å anta at oppvarmingsbehovet i boligen reduseres noe. Det er trolig ikke nødvendig å estimere oppvarmingsbehov for boligen på nytt.

## 6.2 Redusere forbruk i eksisterende hus

De grove estimatene gjort tidligere i oppgaven indikerer at det er store muligheter for reduksjoner i forbruk både i kårboligen og hovedhuset. Kårboligen er planlagt erstattet. Grunnet bygningens tilstand er det ikke realistisk å se på muligheten ved å effektivisere denne. Hovedhuset er meget stort, men effektivisering er ikke å utelukke. SINTEF Byggforsk [7] estimerer rehabilitering av eksisterende bolig til gjeldende forskriftsnivå til 750kr/m<sup>2</sup> og 1500kr/m<sup>2</sup> for å nå passivhus nivå. Ved rehabilitering til passivhusstandard støtter Enova med 40% av merkostnadene inntil 700kr/m<sup>2</sup>. I beste tilfelle betyr det en total kostnad på rehabilitering til passivhusnivå på 800kr/m<sup>2</sup>.

Hovedhuset er bygget i 1986 og kan effektiviseres på flere områder. Planløsningen er noe ugunstig og bygget krever noe etterisolering. Vinduene er to-lags, men er av eldre årgang og kunne vært erstattet med nyere vinduer for å redusere varmetapet. Eldre to-lags vinduer har typisk U verdi på 2,4 W/m<sup>2</sup>·K. Nå er det mulig å få kjøpt vinduer med U-verdi på 1,6-0,8 W/m<sup>2</sup>·K. Det er lite sannsynlig at dette er den mest effektive metoden for å redusere forbruket i boligen.

Ovnene som brukes til vedfyring i hovedhuset er av eldre dato. Hovedsakelig blir det fyr i en etasjeovn, som faktisk er en av de mer effektive ovnene av sin generasjon med 60% virkningsgrad [33]. Den andre ovnen har lavere virkningsgrad, men brukes bare for å dekke spisslast og er trolig lite lønnsom å bytte ut. Til sammenligning har en ny vedovn typisk 75% virkningsgrad mens en pelletsovn har 85%.

I hovedhuset er det montert avtrekksventilasjon av typen Villavent. Et ventilasjonsanlegg med varmeveksling er en løsning som anbefales av Enova og som kan gi drastiske reduksjoner i oppvarmingsbehov i tillegg til å skape et bedre innklima. Det er ikke uvanlig å oppnå virkningsgrader på 80% i varmeveksleren i et ventilasjonsanlegg. I nåværende anlegg blir all varme i avtrekksluft tapt. Nåværende anlegg er ugunstig fordi det blander avtrekksluft fra kjøkken med annen luft. Avtrekksluft fra kjøkken må skilles fra vanlig avtrekksluft før det eventuelt kan tilknyttes en varmeveksler. Det må legges opp rør for innblåsing av forvarmet uteluft hvis varmeveksling skal ettermonteres.

SINTEF Byggforsk anslår i sin rapport om Energieffektivisering [2] at merkostnader for 20% reduksjon av energibruk i eksisterende boliger vil koste 240kr/m<sup>2</sup>. For hovedhuset innebærer det en estimert investering på minimum 96000kr, gitt 400m<sup>2</sup> boareal.

En ombygning til ventilasjon med varmeveksling anbefales, men det blir for omfattende å inkludere i oppgaven. *Ettersom ingen store og konkrete tiltak treffes for effektivisering av hovedhuset antas energibehovet heretter konstant.*

## 6.3 Nytt hus

Som vist i kapittel 5.3 er det et maksimalt innsparingspotensiale estimert til 14 240kWh ved å bygge det nye huset til passivhusstandard istedenfor laveste nåværende standard, TEK 10. Det er noe usikkerhet knyttet til dette innsparingspotensialet. Usikkerheten svinger begge veier, med fare for uforutsette utgifter ved bygging, men også mulighet for økt innsparing med økt strømpris.



## 6.4 Redusere forbruk i fjøs

Tidligere er det vist at forbruk i fjøset er omlag 10 000kWh høyere enn estimatet fra JTI, se kapittel 5. Det kan derfor være nyttig å belyse enkelte elementer som kan redusere forbruket. Den svenske kartleggingen av jordbrukets energiforbruk fra JTI [24] anslår at det er mulig å oppnå 10% energireduksjon i ventilasjonsanlegget ved jevnlig rens. Det er mulig å spare 15-35% av energien til belysning gjennom renhold og bruk av effektive lyskilder.

Det har allerede blitt iverksatt en del effektiviserende tiltak i driften av husdyra. Fremdeles kan enkeltkomponenter erstattes med mer effektive løsninger. I tilfellet av et sentralt oppvarmingsanlegg er det mulig å tilknytte oppvarming av varmtvann i fjøset hvis varmeanlegget har en høy nok temperatur. Forbruk av varmt vann er trolig en stor kilde til energiforbruk i drifta. Til sammenligning bruker toppmoderne fjøs med melkerobot vanligvis enda mer varmtvann og elektrisitet til melkingen.

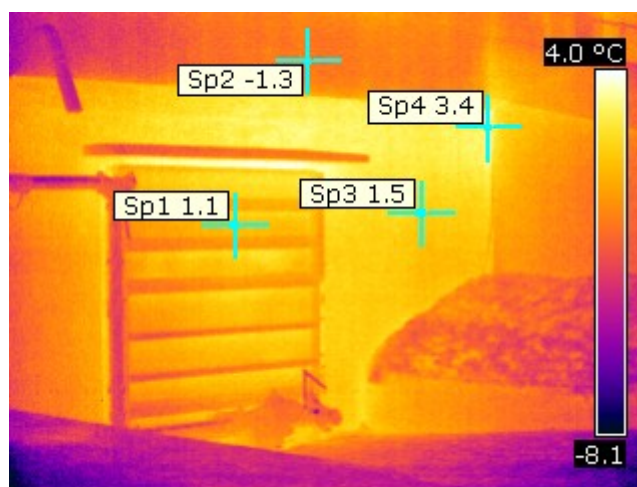


Illustrasjon 37: Varmefotografi avtrekksvifte fjøs nivå 1 og 3



Illustrasjon 38: Varmefotografi avtrekksvifte fjøs nivå 2

Fjøset er ikke oppvarmet, men varmfotograferingen i illustrasjon 37 og 38 understreker at det er mye varme tilgjengelig i avtrekksluften. Veggene i fjøset er isolerte betongelementer mens gjødselkjelleren er uisolert. Derfor er den noe varmere enn fjøsveggene og omgivelsene, som vist i illustrasjon 39.



Illustrasjon 39: Varmefotografi av uisolert gjødselkjeller

### 6.5 Redusere forbruk i verkstaden

Som vist i kapittel 5.4 er det gode muligheter for å redusere varmetapet i verkstaden. Etterisolasjon rundt porten og utveksling av dørkarmer er hovedfaktorer, som kan sees i illustrasjon 22 til 25.

Dørkarmen til dørene i verkstaden er laget av en hul aluminiumsprofil og har en estimert U-verdi på  $5,796 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$  for ytterdør. Dette gir en samlet U-verdi for døren på  $1,805 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ . Som et enkelt eksempel betraktes det om dørkarmen erstattes med heltre av furu. Tykkelsen på karmen er 45mm. Differansen i årlig energibehov for transmisjonstap gjennom dør med karm er beregnet i formel 11.

$$R_{karm} = \frac{\lambda}{t} \quad [m^2 \cdot K / W]$$

$$R_{karm} = \frac{0,12}{0,045}$$

$$R_{karm} = 2,667 \text{ m}^2 \cdot K / W$$

$$U_{ytterkarm} = \frac{1}{R_{karm} + R_{indre} + R_{ytte}} \quad [W / m^2 \cdot K]$$

$$U_{ytterkarm} = \frac{1}{2,667 + 0,13 + 0,04}$$

$$U_{ytterkarm} = 0,353 \text{ W} / m^2 \cdot K$$

...

$$U_{ytterdør} = 0,583 \text{ W} / m^2 \cdot K$$

...

$$U_{innerdør} = 0,581 \text{ W} / m^2 \cdot K$$

Redusert årlig varmetap

$$\Delta \Phi = \frac{((1,805 - 0,583) \cdot 2,116 + (1,359 - 0,581) \cdot 2,116) \cdot 2942 \cdot 24}{1000}$$

$$\Delta \Phi = 298,8 \text{ kWh}$$

*Formel 11: Differanse i årlig varmetap ved utveksling av dørkarmer*

Gitt 90øre/kWh vil forbedringen av dørkarmene spare inn 269kr årlig. Investeringskostnadene vil være relativt lave og vil sannsynligvis ha en nedbetalingstid på to til tre år. Med tanke på fukt og isolasjonsevne er det selvsagt materialer som er enda bedre enn tre, eksempelet er ment for å vise innsparingsmuligheten.

## 7. Varmetransport

Av gardens oppbygning og de tilgjengelige plasseringene for ny bolig er det synlig at det vil være lange avstander for varmetransport i et eventuelt sentralvarmeanlegg. Kostnadene vil være utslagsgivende for valg av varmeanlegg og distribusjonssystem. Særlig for det planlagte nye huset som skal plasseres i relativt stor avstand til garden er det meget interessant å se på gevinster og tap ved tilknytting til sentralvarmeanlegg. Dette vil være utslagsgivende for både plassering og energistandard i huset.

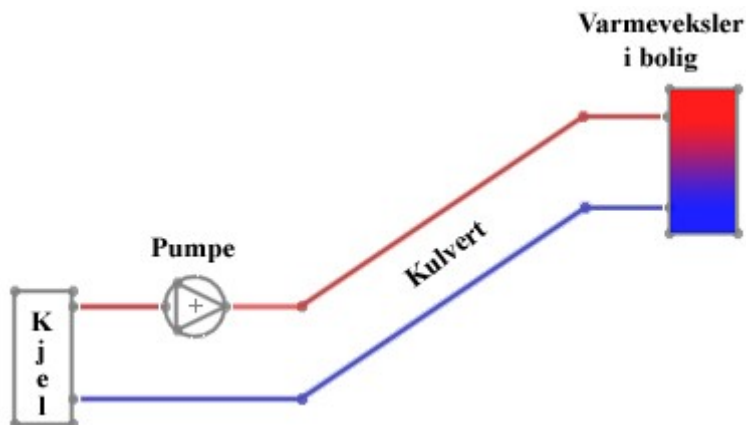
Det blir beregnet verdier for kulverter i anlegg med lav og høy driftstemperatur. Anlegg med høy temperatur antas å ha en turtemperatur på 80°C og returtemperatur på 50°C, lavtemperaturanlegg opererer med 50°C og 30°C henholdsvis. Tallene er gitt av veileder. Oljekjel, flis- og vedfyringsanlegg samt gassbrenner fra eventuelt biogassanlegg leverer varme med høy temperatur. Varmepumper og konvensjonelle solfangere er oftest tilknyttet anlegg for lavere temperaturer. Anlegg med lav temperatur har mindre varmetap grunnet mindre temperaturredifferanse mot omgivelsene, men krever større heteflate og sirkulert vannmengde for å avgi samme effekt til et gitt rom. Anlegg for gulvvarme opererer i underkant av 30°C, har stor heteflate og er spesielt godt egnet for systemer med lav arbeidstemperatur. På grunn av komfort kan ingen av overnevnte anlegg direkte tilknyttes gulvvarme, det er likevel mulig gjennom termostatstyring av varmetilførselen også kjent som shunting.

### 7.1 Beregning av kulvert for nytt hus

I vedlegg AK blir energitap, rørkostnad og virkningsgrad for forskjellige anleggskonfigurasjoner beregnet. For å begrense datamengden er det beregnet for tre innvendige rørdiametere 15, 20 og 25mm, samt et høytemperatur- og ett lavtemperaturanlegg. Energibehovet i et eventuelt passivhus er så lavt at det er interessant å se om det er lønnsomt å tilknytte et slikt hus til et sentralt varmeanlegg. Derfor har det blitt gjort beregninger for hus til TEK 10 standard og passivhusnivå. Til sammen er det 30 beregninger. For å redusere arbeidsmengden har dette blitt gjort ved hjelp av regneark med programmerte funksjoner. Blant annet merkes det at hus plassert på åskammen vil være 24 meter over pumpen og vil dermed kreve høyere pumpetrykk. Maksimaltrykk for gitte plastrør til kulvert er 6 bar, skal høyere trykk brukes må andre rør benyttes. Dette medfører ofte høyere varmetapstall og dyrere investeringskostnad. Dette gjenspeiles i beregningene hvor det er gitt feilmelding «over 6 bar» hvis høyeste trykk i anlegget overskrider verdien. Ved hus på åskammen er det fare for vakuumbrot i høyereliggende deler av anlegget hvis pumpen stoppes, gitt at anlegget utføres som antatt. Lengste sammenhengende kulvert Maxitherm kan levere er 570 meter for to-rørs kulvert med 20mm innvendig diameter. Kulvert med 25mm innvendig diameter leveres i maksimalt 401 meters lengder. Det betyr at det ikke er behov for skjøting i noen av kulvertene på garden. Det er mange aspekter som tilsier at anlegget burde vært utformet annerledes for å være bedre tilpasset åskammen, men for å holde antallet variabler forholdsvis lavt er dette ignorert. Pumpeeffekt er beregnet for å opprettholde sirkulasjon samt å holde et minste trykk i kretsen på 1,5 bar. Trykkholdingspumpe eller høytliggende ekspansjonskar vil i noen konfigurasjoner kunne være nødvendig. Det er ikke gunstig å ha kjelen lavt i varmeanlegget ettersom det vil være området med høyest trykk. Unødig høyt trykk kan bety at kjel med høyere trykkklasse må brukes. Slike kjeler er dyrere og kan ha lavere virkningsgrad.

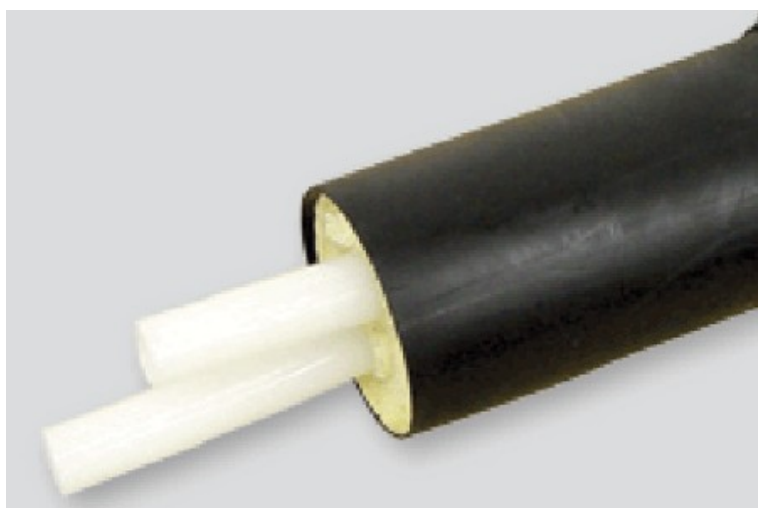
Anlegget er forenklet til å bestå av en sirkulasjonspumpe, kulvert, varmeveksler i bolig og en kjel.

Det er vist i illustrasjon 40. Det antas at anlegget utføres likt, uavhengig av plasseringen av ny bolig. Eneste forskjell fra boligplassering er antatt å være høyde og rørlengde i anlegget. Varmeveksleren har en antatt virkningsgrad på 90%.



Illustrasjon 40: Enkelt oppbygd anlegg for varmetransport

Varmekonduktivitet og generelle data for kulvert med rør er hentet fra KEJ Teknik AB [34] og Maxitherm AB [35]. Begge er svenske leverandører av kulvertløsninger basert på prefabrikkerte store plastrør med isolasjon og ett eller to mindre plastrør inni, som vist i illustrasjon 41. Maxitherm har blitt valgt som leverandør av kulvert grunnet lavere varmetapstall og lavere pris. Laveste varmekonduktivitet for isolasjonen er spesifisert til  $0,022\text{W/m}\cdot\text{K}$ , dette er verifisert ved sammenligning med andre leverandører som KEJ Teknik AB, Powerpipe Systems AB og Elgocell AB. Disse spesifiserer varmekonduktivitet i isolasjon til henholdsvis  $0,023$ ,  $0,022$ - $0,027\text{W/m}\cdot\text{K}$  og  $0,034\text{W/m}\cdot\text{K}$ .



Illustrasjon 41: PEX to-rørs kulvert levert av KEJ Teknik AB – [www.kulvert.se](http://www.kulvert.se)

Varmekonduktiviteten i ferdig montert kulvert avhenger naturligvis av isolasjonstykkelsen, oppbygning av kulverten og rørdiameter. Maxitherm spesifiserer varmetap og meterpris for rør med 20 og 25mm innvendig diameter, verdier for 15mm rør er estimert. Beregningene av varmetap og energibehov forutsetter at sirkulasjonspumpen kjøres under hele anleggets årlige driftstid, samt en konstant jordtemperatur lik årsmiddeltemperaturen på 4,9°C.

Det årlige varmetapet i kulverten kan virke høyt, derfor har varmetap per lengdemeter blitt beregnet. Innovasjon Norges «Gardsvarmeanlegg en byggeveileder» [22] estimerer varmetap i ledningsnett ved bruk av flisfyringsanlegg og høy arbeidstemperatur til 10-20W/m. Elgocell AB estimerer et varmetap på 6W/m for sine kulverter, uten at det er spesifisert noen referansetemperaturer. Isoplus Fjernvarmeteknikk A/S fra Danmark spesifiserer 11,4W/m varmetap for kulvert med 20mm plastrør.

Friksjonstap i rør er beregnet etter to metoder. Første metode bruker Colebrooks formel og iterasjon for å komme frem til en verdi for tap per lengdemeter ved turbulent strømning. Hvis strømningen er transient eller laminær settes friksjonsverdien lik null. Andre metode er en forenklet formel for beregning av friksjonstap i plastrør. Beregningen som gir høyeste friksjonsverdi blir brukt til å estimere trykktap i rør. Støttap i koblinger og bend er her neglisjert. Formler er hentet fra side 33-35 i [Stensaas, L.I., Vannbaserte oppvarmings- og kjølesystemer. 2007, Oslo: Skarland Press.]

Nødvendig pumpeeffekt er beregnet etter metoder gitt på side 222 i [Stensaas, L.I., Vannbaserte oppvarmings- og kjølesystemer. 2007, Oslo: Skarland Press.] og forutsetter en virkningsgrad på 0,7 for pumpen. Dimensjonerende effektbehov er beregnet av årlig energibehov samt regionale konstanter  $k_1$  og  $k_2$  som vist i formel 12.

$$\Phi_{max} = k_1 \cdot Q + k_2 \cdot \sqrt{Q} \quad [kW]$$

*Formel 12: Dimensjonerende effektbehov for 20°C innnetemperatur - [ Stensaas, L.I., Vannbaserte oppvarmings- og kjølesystemer. 2007, Oslo: Skarland Press, s.201]*

Som regionale konstanter er verdier for Stavanger benyttet. Årlig oppvarmingsbehov dekket av sentralvarmeanlegget er satt til 75% etter anbefaling [36]. Maksimal effekt levert av varmeanlegg er tatt fra samme kilde og satt til 40% av dimensjonerende effektbehov, for å gi langvarig drift med høy effektivitet. Spisslast dekkes med andre energikilder, hovedsakelig ved. Beregningene tar ikke hensyn til andre deler av sentralvarmeanlegget som hovedhuset og verkstaden. Nødvendig effekt som er beregnet gjelder for å dekke behov for den nye boligen.

Varmtvannsforbruk er innledningsvis ikke inkludert i oppvarmingsbehovet. De siste beregningene er gjort for TEK 10 hus med varmt tappevann tilknyttet sentralvarmeanlegget. Varmtvannsforbruket er antatt å være det samme som dagens nivå for kårfolket, ettersom det er antatt at de skal overta det nye huset. Det har ikke blitt gjort beregninger for tilknyttet varmtvannsforbruk ved lavtemperaturanlegg fordi temperaturen er for lav til å varme opp varmt tappevann tilstrekkelig. Det er selvsagt mulig å tilknytte varmeanlegg med lav temperatur til forvarming av varmt tappevann,

men det har det ikke blitt tatt hensyn til.

Det benyttes vanligvis sanitære rør for tilknytning av varmtvann i kulvert, i beregningene er det antatt at varmeanlegget overfører varme til varmtvann gjennom en varmeveksler i boligen. Virkningsgraden av varmeveksleren for varmtvann er satt til 90 %.

Kulvertens levetid er avhengig av arbeidstemperatur og systemtrykk, hvor lavere temperatur og trykk bidrar til å øke levetiden. Dette favoriserer nytt hus ved kårboligen og et lavtemperatursystem.

Pris for kulvert gjelder for kjøp og transport av kulverten. Ventiler, koblinger, gjennomføringer og lignende blir tatt med under diverse kostnader. Ved legging av kulvert er det behov for å grave grøft som kulverten legges ned i. Priser for grøftegraving er hentet inn fra entreprenør Trygve Stangeland og fordeles som vist i tabell 24.

Operasjon	Pris eks. Mva.
Grøftegraving	90 kr/lm
Levere og legge ut singel	45 kr/lm
Omgyling med singel rundt et evt. Rør	95 kr/lm
Tilbakefylling av grøft og bortkjøring av masse	70 kr/lm
Rigg og transport	kr 5 000

Tabell 24: Grøftkostnader – Trygve Stangeland Entreprenør 2011

Grøftkostnadene har ikke blitt tatt under kulvertkostnader fordi det må graves grøft til en ny bolig uavhengig av om det bygges et sentralvarmeanlegg på garden. Kostnadene er veiledende, men ikke reelle i dette tilfellet ettersom svært mye ville vært gjort med eget utstyr og arbeidskraft. Verdt å nevne er at estimert forskjell i lengde på grøft er 175 meter avhengig av hvor huset plasseres. Skulle grøften vært laget av overnevnte entreprenør vill merkostnaden vært 52 500kr + mva.

Synlig av resultatene i vedlegg AK er kulvert med 15mm rør gjennomgående den med høyest virkningsgrad. Dette skyldes forskjell i varmetap og overnevnte forutsetninger hvor 75% av årlig energibehov og 40% av dimensjonerende effektbehov dekkes. Hadde dimensjonerende effektbehov vært satt til 100% er det mulig at 15mm rør hadde hatt så stor friksjon at pumpeenergi hadde tvunget virkningsgraden ned. Av konfigurasjonene er det lavtemperatursystem med TEK 10 hus plassert ved kårboligen som har høyest virkningsgrad med 80,1%. Samme hus plassert på åskammen gir en virkningsgrad på 64,2%. Gunstigste løsning for anlegg med høy temperatur er TEK 10 hus inklusive varmtvann plassert ved kårboligen, som har 74,4% virkningsgrad.

Årlig driftskostnad er basert på energi til drift av pumpe og eventuelt trykkholdingspumpe. Kostnaden forutsetter strømpris inklusive nettleie uten merverdiavgift. Vanligvis er denne av betydelig størrelse, men grunnet liten sirkulert vannmengde og tilhørende friksjonstap er det krav til meget liten pumpeeffekt. Det gjenspeiles i den tapte energien, som hovedsakelig består av varmetap fra kulvert. Av virkningsgrader og tapt energi er det synlig at det er store driftskostnader knyttet til å ha en bolig på åskammen tilkoblet et sentralt varmeanlegg. Synlig av kulvertkostnaden og overnevnte grøftkostnad er det også store investeringer knyttet til plasseringen. *Ettersom det ikke foreligger noen tungtveiende argumenter for plassering på åskammen, blir den heretter betraktet som uaktuell.*

Passivhus representerer i beregningene konsekvent anlegg med svært lav virkningsgrad. Dette skyldes at passivhus har et veldig lavt årlig oppvarmingsbehov, mens det er antatt at sirkulasjonspumpen til varmeanlegget sviver året rundt. Så lenge sirkulasjonspumpen sviver vil det være varmetap i kulverten. Synlig av resultatene er årlig tapt energi meget lik for Passivhus og TEK 10 hus i samme anleggskonfigurasjon og plassering. Med mindre kulverten kan reguleres annerledes slik at varmetap fra kulvert reduseres drastisk, frarådes det å tilknytte et passivhus til sentralvarmeanlegget.

*Videre i oppgaven antaes det at sentralvarmeanlegg utføres for TEK 10 hus ved kårboligen. Ettersom 15mm kulvert ikke eksisterer, men bare er stipulert forutsettes heretter at 20mm kulvert benyttes. Det er marginale forskjeller i energitap og virkningsgrad mellom alternativene. Årlig oppvarmingsbehov inklusive kulverttap, samt kulvertkostnad blir oppsummert i kapittel 7.4.*

## 7.2 Beregning av kulvert for hovedhus

Beregningene for hovedhuset gjøres på tilsvarende måte som i kapittel 7.1, med de samme antakelser og forenklinger. Det antaes at hovedhuset blir liggende 20 meter fra et eventuelt sentralvarmeanlegg, samt at høydeforskjellen mellom kjel og varmvexler i boligen neglisjeres. Varmtvannsforbruk i hovedhuset antaes å være det samme som dagens varmtvannsforbruk i kårboligen ettersom bondefamilien skal overta hovedhuset. En beregning gjort for hovedhuset er i vedlegg AL.

Virkningsgraden er generelt høyere for anlegg tilknyttet hovedhuset enn for det nye huset. Dette kommer direkte av kort kulvert og tilhørende lite varmetap. Det er synlig under posten tapt energi, hvor verdiene er under halvparten av laveste verdi for nytt hus. Driftskostnaden er tilsvarende som for nytt hus, til tross for mye kortere kulvert. Dette skyldes en større sirkulert vannmengde. Heretter blir resultater for 20mm kulvert brukt videre i oppgaven. Ettersom det ikke er planlagt å legge en ny grøft til hovedhuset blir grøftkostnad tatt med i kulvertkostnaden. En oppsummering av resultatene er gitt i kapittel 7.4.

## 7.3 Beregning av kulvert for verkstad

Som hovedhuset gjøres beregningene for verkstaden med samme forenklinger. Det antaes at for verkstaden trengs det ca. 10 meter kulvert og at høydeforskjellen mellom kjel og varmeveksler kan neglisjeres. Dimensjonerende effektbehov er gitt fra beregninger i kapittel 5.4. Beregningene av kulvert er i vedlegg AM.

I verkstaden er det antatt at spisslast dekkes med eksisterende elektrisk vifteovn. Også for verkstaden taes grøftkostnaden med i kulvertkostnad, ettersom grøfting til verkstaden bare blir nødvendig på grunn av sentralvarmeanlegget. Det er antatt at varmtvannsforbruk i verkstaden er 1000kWh årlig, dette er trolig for lite til at det lønner seg å bytte ut varmtvannsberederen for tilknytning til sentralvarmeanlegg. I oppsummeringen vil derfor bare oppvarmingsbehov for verkstaden være representert.

#### 7.4 Oppsummering av kulvertløsninger

Forbruker	Årlig oppvarming (kWh)	Maks effekt (kW)	Kulvertkostnad (kr)	Driftskostnad (kr/år)
Nytt hus	19215	5,55	41924	107
Hovedhus	20813	6,84	25799	125
Verkstad	9095	1,87	21233	34
<b>SUM</b>	<b>49123</b>	<b>14,26</b>	<b>88956</b>	<b>266</b>

Tabell 25: Oppsummering kulvert for lavtemperatursystem

Forbruker	Årlig oppvarming (kWh)	Maks effekt (kW)	Kulvertkostnad (kr)	Driftskostnad (kr/år)
Nytt hus	21895	5,55	41924	70
Hovedhus	21540	6,84	25799	84
Verkstad	9470	1,87	21233	23
<b>SUM</b>	<b>52905</b>	<b>14,26</b>	<b>88956</b>	<b>177</b>

Tabell 26: Oppsummering kulvert for høytemperatursystem

Forbruker	Årlig oppvarming (kWh)	Maks effekt (kW)	Kulvertkostnad (kr)	Driftskostnad (kr/år)
Nytt hus	25100	6,51	41924	83
Hovedhus	25858	8,1	25799	100
Verkstad	9470	1,87	21233	23
<b>SUM</b>	<b>60428</b>	<b>16,48</b>	<b>88956</b>	<b>206</b>

Tabell 27: Oppsummering kulvert for høytemperatursystem med varmt tappevann

Resultatene fra tabellene brukes i forespørsler for oppvarmingsanlegg senere i oppgaven. Kulvertkostnaden er betraktet som konstant, uavhengig av hvordan anlegget utføres. Driftskostnaden derimot er høyest for lavtemperatursystem ettersom kulverten har samme dimensjon, men det kreves større sirkulert vannmengde for å avgi samme effekt. Tilsvarende er årlig oppvarmingsbehov inklusive kulverttap lavest for lavtemperatursystemet ettersom det har lavest varmetap.



### 7.5 Kostnader for varmeavgivelse

Ettersom anlegg uten vannbåren varme vurderes er det viktig å få med mest mulig av kostnadene slik at alternativene blir sammenlignbare. Det nye huset er planlagt med vannbåren varme i gulvene. Enova har utgitt en rapport i Desember 2009 som sammenligner installasjonskostnader for anlegg med vannbåren varme i forskjellige bygningstyper og forskjellige deler av landet. Rapporten er beregnet for sammenligning med svenske priser, men dataene fra undersøkelsen er også egnet som grunnlag for et kostnadsestimat. For en ny bolig i Rogaland estimeres det en installasjonskostnad for vannbåren gulvvarme på 361 kr per kvadratmeter oppvarmet boareal [37]. Gitt at nytt hus bygges til 180 m<sup>2</sup> boareal svarer det til en kostnad på omlag 65 000 kr. Skal varmtvann tilknyttes må en dobbeltmantlet varmtvannsbereder eller en akkumulatortank med tappevannssløyfe påregnes. Dette estimeres til en merkostnad på 15 000 kr.

Hovedhuset har ingen distribusjonsnett for vannbåren varme. Det finnes mange måter å utføre tilkoblingen på, men de fleste er meget kostnadsintensive. Her antas en meget enkel løsning. I sentrale deler av huset monteres viftekonvektorer som blåser varm luft ut i boligen, tilsvarende slik luft-luft varmpumper avgir varme. Overnevnte undersøkelse gir installasjonskostnader for viftekonvektorer i eksisterende boliger i Rogaland til 300kr/m<sup>2</sup> oppvarmet boareal. Det svarer til en installasjonskostnad på 51 000kr for 170m<sup>2</sup> i hovedhuset. Kostnaden er relativt høy sammenlignet med gulvvarme i det nye huset, særlig ettersom viftekonvektorer er kjent for å være enkel og rimelig teknologi. Det går her ut i fra at installasjonskostnader inkluderer to viftekonvektorer, rørleggerkostnader og akkumulatortank. Hvis anlegget utføres med lav arbeidstemperatur estimeres et påslag på 5000kr for å dekke kostnader for økt størrelse på konvektorene. Skal oppvarming av varmtvann inkluderes gjelder samme forutsetninger som for det nye huset, slik at merkostnad blir omtrent 15 000 kr.

Det var problematisk å finne tilkoblingskostnader for verkstaden, men der gjøres oppvarmingen meget enkel. En viftekonvektor uten akkumulatortank monteres i verkstaden. Akkumulatortanken utelates fordi verkstaden blir liggende omlag 10 meter fra kjelen og hovedtanken. Det estimeres en installasjonskostnad på 10 000 kr for viftekonvektor i verkstaden. For anlegg med lav arbeidstemperatur estimeres installasjonskostnaden til 12 000 kr.

### 7.6 Totalkostnader for distribusjon av varme

Her oppsummeres kostnadene ved å tilknytte boligene til forskjellige typer distribusjonssystemer for vannbåren varme. Dette er grunnlag som senere brukes i estimeringen av kostnader ved forskjellige anlegg.

<b>Kostnader</b>	<b>kr</b>
Kulvert	88956
Gulvvarme nytt hus	65000
Viftekonvektor hovedhus	56000
Viftekonvektor verkstad	12000
<b>SUM</b>	<b>221956</b>

Tabell 28: Totalkostnader for lavtemperatursystem

<b>Kostnader</b>	<b>kr</b>
Kulvert	88956
Gulvvarme nytt hus	65000
Viftekonvektor hovedhus	51000
Viftekonvektor verkstad	10000
<b>SUM</b>	<b>214956</b>

Tabell 29: Totalkostnader for høytemperatursystem

<b>Kostnader</b>	<b>kr</b>
Kulvert	88956
Gulvvarme nytt hus	65000
Varmtvannsoppvarming nytt hus	15000
Viftekonvektor hovedhus	56000
Varmtvannsoppvarming hovedhus	15000
Viftekonvektor verkstad	12000
<b>SUM</b>	<b>251956</b>

Tabell 30: Totalkostnader for høytemperatursystem med oppvarming av varmtvann

Anlegg for vannbåren varme erstatter eksisterende oppvarming i hovedhuset og verkstaden. I det ubygde TEK 10 huset har anlegget en alternativ kostnad. Oppvarmingen i huset kunne vært dekket med panelovner og elektrisk gulvvarme. Huset har et estimert dimensjonerende effektbehov på 12,7 kW. Tarjei estimerer 30 000kr for investering i elektrisk oppvarming. Denne utgiften trekkes av investeringen i distribusjonsanlegg for anlegg som avgir vannbåren varme og varmt tappevann. Uten varmt tappevann reduseres alternativkostnaden til 15 000kr.

## 8. Samlet elektrisk energibehov

Det er mulighet for å installere anlegg av tre overordnede grupper. Anlegget kan være for varmeproduksjon, produksjon av strøm eller kombinert varme og strømproduksjon. Avhengig av konfigurasjon er det viktig å avdekke tilhørende strømforbruk.

Samlet energiforbruk på garden er 111 196kWh når kårboligen er erstattet med nytt TEK 10 hus. Sammenlignes resultatet med samlet energibehov for nåværende bygninger på 115 521kWh er det synlig at forbruket på garden er redusert marginalt. Dette skyldes at TEK 10 huset er større enn kårboligen og at det derfor har et nesten tilsvarende oppvarmingsbehov. Ellers er forbruket antatt konstant, slik at det gjenstår et stort rom for energieffektiviserende tiltak. De har blitt nevnt i kapittel 6, men ingen konkrete tiltak har blitt valgt, ettersom fokus for oppgaven ligger på et sentralt energianlegg.

I tilfellet av et sentralvarmeanlegg uten oppvarming av varmtvann vil årlig elektrisitetsforbruk bli 67 872kWh, unntatt energiforbruk til kjel og pumper. Dette forutsetter at spisslast blir dekket med strøm. Nåværende elektrisitetsforbruk er 92 138kWh. *Dekker sentralvarmeanlegget også 75% av oppvarmingen av varmtvann blir årlig elektrisitetsforbruk 60 385kWh. Hvis anlegget hadde dekket 100% av oppvarmingsbehovet, inklusive varmtvann, hadde det gjenstått 50 223kWh elektrisitet. Det samme gjelder hvis all spisslast blir dekket med vedfyring.*

*Hvis et anlegg for ren strømproduksjon installeres, antas det at det fyres med 6000kWh ved i hver av boligene.* Gjenstående forbruk på 99 196kWh er elektrisitet. Det vil sannsynligvis være lønnsomt å montere varmpumper i boligene for å redusere eget elektrisitetsforbruk, og dermed kunne selge mer av egenprodusert energi.

Ved Gjesdal Gard pålegges boligene merverdiavgift, mens fjøset og verkstaden får dette igjen i momsregnskapet. En oversikt over fremtidig strømfordeling ved forskjellige anlegg er vist i tabell 31.

Anlegg	Mva pliktig (kWh)	Mva fritt (kWh)	Sum	Andel mva fritt (%)	Spisslast
<b>Utgangspunkt</b>	63623	47573	111196	42,8	
<b>75% Varme u/varmtvann</b>	28805	39067	67872	57,56	Strøm
<b>75% Varme m/varmtvann</b>	21318	39067	60385	64,70	Strøm
<b>100% Varme m/varmtvann</b>	12857	37366	50223	74,40	Full dekning
<b>El. produksjon</b>	51623	47573	99196	47,96	12 000kWh vedfyring

Tabell 31: Fremtidig strømbehov avhengig av anleggstype

## 9. Energianlegg

I kapittel 7 og 8 ble grunnlaget for forskjellige anlegg estimert. I dette kapittelet gies en detaljert gjennomgang av aktuelle anlegg. Hvert anlegg og dets funksjon blir beskrevet, deretter blir priser innhentet. Under lokale forutsetninger beregnes det om anlegget er lønnsomt med dagens kostnadsnivå. Det blir også påpekt eventuelt hva som kreves for at anlegget skal bli lønnsomt. Faktisk valg av anlegg avhenger av eiers preferanser og investeringsvilje, en sak som i sin helhet overlates til dem.

### 9.1 Beregningsgrunnlag

Ettersom bedriften Gjesdal Gard er et familieforetak innebærer det at Tarjei og Marit er personlig ansvarlige for investeringer som gjøres. Det er derfor meget viktig at lønnsomhet beregnes etter konservative vurderinger, hvor konsekvent høyeste kostnad og laveste utbytte velges. Alt overskudd tilfaller dermed som en bonus. Dette kravet om sikkerhet påvirker naturligvis den estimerte lønnsomheten i hver investering negativt. Det er derfor fare for at prosjekter som kunne vært lønnsomme ikke blir realisert.

#### *Beregningsmåte*

Beregningsmetoden for å avdekke lønnsom drift er nåverdimetoden. Anlegg defineres som lønnsomme når netto nåverdi av anleggets kontantstrømmer minus investeringsutgiften er større enn null. Investeringsutgiften betraktes her som investert egenkapital i år null. Tarjei ønsker at beregninger gjøres for 100% lånefinansiering, dermed blir investeringsutgiften lik null. Beregningen av netto nåverdi avhenger dermed bare av årlige kontantstrømmer og at summen av disse blir større enn null.

Innledningsvis blir samlet investeringskostnad og tilhørende årlige avdrag avdekket. Deretter blir driftskostnader, driftsinntekter og reduserte utgifter ved drift estimert. Ut fra dette beregnes årlig kontantstrøm og gjennom kalkulasjonsrenten bestemmes netto nåverdi av denne. Netto nåverdi for hvert år adderes slik at samlet netto nåverdi for anleggets levetid gjenstår. Er netto nåverdi mindre enn null kartlegges det hvilke forutsetninger som trengs for å oppnå lønnsom drift.

I tilfellet med energisalg blir det estimert en avgift på 5 øre per solgte kilowatttime. Grønne sertifikater er i skrivende stund fastlagt, men det er usikkert hvordan de blir fordelt og hvor mye støtte som blir gitt til hver enkelt form for energiproduksjon. Det antas at støtten påfaller i form av kroner per kilowatttime. Støtten antas å gjelde for tiltak som reduserer forbruk av elektrisk energi og tiltak som produserer elektrisk energi. Innledningsvis er støtten satt lik 0 for å beregne lønnsomhet etter gjeldende forutsetninger. I beregning av nødvendige forutsetninger for lønnsom drift justeres støtten til nødvendig nivå.

Enkelte investeringer kan ha en utrangeringsverdi som må taes med i beregningene. Utrangeringsverdien blir beregnet som en ekstra inntekt i anleggets siste år. Slik kan akkumulert kontantstrøm og nåverdi bli positiv, til tross for at faktisk kontantstrøm i løpet av levetiden er marginalt negativ. Er kontantstrømmen negativ kan den påvirke gardens likviditet. Det taes ikke

hensyn til. En ulempe er at utrangeringsverdien kan være vanskelig å omsette i kontanter ettersom elementer kan være gravd ned eller være deler av omfattende installasjoner. Til tross for dette representerer elementene en verdi på garden, og derfor taes de med.

### *Strøm*

Strømprisen i 2010 var i gjennomsnitt 40,714 øre / kWh for spotsalg i landsregion 2. Region 2 innebærer fylkene langs kysten fra Rogaland til Oslo [38]. I vedlegg AN er data for årlig strømpris oppsummert. Det er foretatt en lineær regresjon av dataene for å estimere kommende strømpriser frem til 2020, dette er hovedsakelig ment som en illustrasjon på stigningen. Regresjonen er gjort etter metoder beskrevet i Calculus, av Robert A. Adams [39]. Dataene for beregningen er fra de forrige 16 år, slik at et større årlig avvik kan ha relativt stor innvirkning på estimatet for 2020. Til tross for dette viser grafen en tydelig trend fra omkring år 2000 og til dagens dato. Estimert gjennomsnittlig strømpris for år 2020 er 60,2 øre/kWh. Alle overnevnte priser er uten mva.

Nettleie er estimert med bakgrunn i strømregninger for 2010 på Gjesdal Gard. Nettleie inklusive fast beløp og forbruksavgift er 39 øre / kWh + mva. *Samlet strømpris som brukes videre i oppgaven er 79,7 øre/kWh uten mva. Inklusive merverdiavgift blir prisen 99,64 øre/kWh.* Enova anslår at gjennomsnittlig strømpris i Norge i 2010 var 1,04 kroner inklusive nettleie, kraftpris og avgifter [40].

På grunn av merverdiavgift er strømmen er i praksis rimeligere i fjøset enn i boligene. Dette påvirker lønnsomhetsberegningene. I tilfellet med egen energiproduksjon antaes det at forbruk som dekkes av egen produksjon ikke tilfaller merverdiavgift i hverken boliger eller driftsbygninger. Energi som er egenprodusert og som blir brukt i boligene blir trolig fordelsbeskattet, men det neglisjeres her. I tilfellet hvor anlegget produserer varme som erstatter elektrisk forbruk, deles erstattet strømforbruk opp i mva pliktig og mva fritt forbruk. Oppvarming av verkstaden er fritatt for mva, resterende oppvarming er antatt brukt i boliger. I tabell 31 ble en oppsummering av fremtidig strømforbruk vist.

### *Finansiering*

Tarjei ønsker at alle beregninger gjøres med utgangspunkt i 100% lånefinansiering, dette er en del av den konservative tankegangen for å redusere mulighetene for fremtidige betalingsproblemer. Banken som garden er tilknyttet anbefaler at investeringer beregnes til en lånerente på 7%. For store investeringer med lang nedbetalingstid anbefales et risikotillegg på 2%. Videre i oppgaven brukes derfor 9% lånerente. Det antaes at alle lån er av typen annuitetslån. Det kunne vært valgt lån av annen type, men da kan første innbetalinger bli enda større og dermed gi redusert netto nåverdi.

Nedbetalingstid settes til anleggets laveste levetid. Det samlede rentebeløpet som betales i løpet av anleggets levetid avhenger naturligvis av lånets nedbetalingstid. Det hadde vært mulig å valgt en kortere nedbetalingstid for å få reduserte renteutgifter, men det påvirker netto nåverdi og likviditet negativt.

Kalkulasjonsrente må være høyere eller lik lånerente. Dette er i hovedsak reelt når egenkapital benyttes til investeringen. I beregningene er investert egenkapital lik null, slik at kapitalen heller

ikke har noen alternativkostnad. Hensikten med beregning av netto nåverdi av årlige kontantstrømmer er å avdekke innvirkninger på lønnsomhet i tilfeller med varierende årlig kontantstrøm. Det er vanlig å beregne kalkulasjonsrente basert på lånerente korrigert for inflasjon. Inflasjon antas å være 2,5%, ettersom det er veksten Regjeringen har fastsatt for pengepolitikken i Norge [41]. Gitt 9% lånerente og 2,5% inflasjon blir reell kalkulasjonsrente 6,3%. *Siden beregnet kalkulasjonsrente ikke skal være lavere enn lånerenten blir det derfor brukt 9% som kalkulasjonsrente videre i oppgaven.*

Skattefradrag for betalte renter på lån er på 28%. I beregningene antas det at dette kan gi en direkte reduksjon av årlige avdrag. I realiteten tilkommer skattefradraget enten som redusert innbetalt skatt eller som tilbakebetalt skatt året etter. Det er mulig at venting på tilbakebetalt skatt kan få konsekvenser for gardens likviditet, men dette tas ikke hensyn til i oppgaven.

## 9.2 Flis- / vedfyringsanlegg

### Beskrivelse

Et fyringsanlegg basert på ved eller flis består av en kjel hvor trevirket forbrennes og en varmeveksler som tar opp mest mulig av forbrenningsvarmen til vann. Vannet sirkuleres og avgir varmen i et anlegg for vannbåren varme.

Vedfyringsanlegg er i hovedsak manuelle anlegg og krever jevnlig påfylling og opptenning. Ovnene kan fåes som en tradisjonell vedovn eller med industrielt utseende som en lukket kasse. Ovnene plasseres enten i et fyrrom eller i oppholdsrom. Plassering i oppholdsrom kan gi uønsket mye varme i rommet hvis forbruket i andre deler av anlegget er stort. I vedfyringsanlegg er det mindre kontroll på forbrenningen og tilført mengde ved. Det kan bety fare for overoppheting og koking av vannet, derfor er det ofte installert en ekstra kjølesløyfe i ovnene som sender gjennom kaldt vann hvis temperaturgrensene overskrides. Tradisjonelt tapes varmen fra nødavkjøling direkte til avløp. *På grunn av behov for frekvent tilsyn utelates anlegg for vedfyring heretter.*

I flisfyringsanlegg mates opphakkede trevirke inn i kjelen gjennom en mateskrue. Kjelen er ofte elektronisk styrt med automatisk opptenning og justering av forbrenningen. Anlegget krever i utgangspunktet lite vedlikehold, men problemer kan oppstå hvis det kommer inn steiner med flisen eller hvis flisa ikke er skikkelig kuttet og kommer inn i remser. Vanlig vedlikehold innebærer rengjøring og fjerning av aske.

Tørr brenselved skal ha fuktighet lavere enn 20% mens kjeler til flisfyring krever flis med maksimalt 20-35% fuktighet. Ved kløyves vanligvis direkte etter hugging, og tørkes deretter i vedstabler eller på paller. Hugget flis har vesentlig større overflate enn ved, men under lagring er den mer kompakt. Derfor kan det være krevende å tørke rå flis, med mindre den kan spredes ut over et større areal. En lite energikrevende tørkeprosess er å legge huggede trær i passende hauger og dekke de til mot nedbør. Ved god tørke om sommeren kan prosessen gi trevirke som kan hugges til fyringstørr flis uten noe tilskudd av energi til tørking. Enkelte ganger kan det være nødvendig med ekstra tørking [22]. Et eksempel gjort av Energigården AS viser at flis med 25% fuktighet gir 40% mer energi enn flis med 50% fuktighet [42].

Anlegg for flisfyring har en typisk virkningsgrad på 85-93%. Det har i de siste årene skjedd en stor utvikling av kjeler for flisfyring. Tidligere var det kjent at i overdimensjonert anlegg kunne virkningsgraden komme ned i 60%, grunnet stadig avbrutt drift. Fuktig flis har negativ innvirkning på virkningsgraden i anlegget. Nyere kjeler er fullstendig elektronisk styrt, hvor flistype, fuktighet i flis og forbrenningstemperatur blir målt. Innmatingen av flis og luft blir automatisk styrt etter dette. En viktig karakteristikk ved nyere flisfyringskjeler er at de oppnår høyere virkningsgrad på dellast enn ved nominell last. Eksempelvis har en ETA HACK 35kW kjel levert av Tangen Automasjon AS en virkningsgrad på 92,9% ved dellast og 91,7% ved fullast. Kjelen kan også kjøres på pellets, da



Illustrasjon 42: Hogget flis – [www.alternativeenergysource.org](http://www.alternativeenergysource.org)



Illustrasjon 43: ETA HACK 50kW flisfyringskjel – [www.eta.co.at](http://www.eta.co.at)

med enda litt bedre virkningsgrad. Mattis Strande ved Tangen Automasjon anbefaler en overdimensjonert kjel med tilhørende stor akkumulatortank, slik at brukeren har en garanti for at anlegget klarer å dekke selv høyeste last. Mot slutten av fyringssesongen kan fliskvaliteten være vesentlig dårligere enn resten av sesongen, med redusert kvalitet reduseres også maksimal effekt, enda et argument for overdimensjonering. Prismessig er forskjellen mellom en 20kW og 35kW kjel bare 900kr. 50kW kjel koster ytterligere 8000kr.

Tankegangen med overdimensjonert kjel stemmer dårlig overens med slik kulvertstørrelser og oppvarmingsbehov i boligene har blitt estimert tidligere i oppgaven. Heldigvis er beregningen gjort i regneark, slik at parameter enkelt kan endres. I vedlegg AO, AP og AQ er kulvertberegningene gjort for 100% dekning av oppvarmingsbehov. Dimensjonerende effekt og oppvarmingsbehov er oppsummert i tabell 32.

	<b>Oppvarmingsbehov</b>	<b>Dimensjonerende effekt</b>
Nytt hus	31448	16,3
Hovedhus	34011	20,3
Verkstaden	12349	4,7
<b>SUM</b>	<b>77808</b>	<b>41,3</b>

*Tabell 32: Oppsummering oppvarmingsbehov inklusive varmtvann ved 100% dekning*

Samlet dekning for verkstaden og begge boliger med varmtvann, krever 77 808kWh og 41,3kW effekt. Forvarming av varmtvann i fjøset kan også relativt enkelt tilknyttes sentralvarmeanlegget om dette skulle være ønskelig. Herav er det synlig at et anlegg med full dekning bør den ha en effekt på minst 45 kW.

Mattis Strande belyser en ny tankegang innen regulering av anlegget. For å sikre høy temperaturdifferanse mellom tur og returledning fra boligene blir vannmengden som sendes til boligen regulert etter temperatur. Dette gjøres enten i form av en ventil på returløpet fra en dobbeltmantlet varmtvannsbereder eller gjennom en såkalt kulvertstyring. Kulvertstyring innebærer en relativt stor slavetank i boligen som blir tilført varmtvann etter behov gjennom en nærliggende pumpe. Pumpen suger til seg varmt vann fra akkumulatortanken ved kjelen. I slavetanken monteres vanligvis en el kolbe for leveringssikkerhet, samt en tappevannsspiral. Dermed blir den transporterte vannmengden i kulverten styrt etter behov, noe som reduserer driftsutgifter til pumping samt at varmetapet fra kulverten reduseres noe.

I flisfyringsanlegg regnes det med 15 til 20 års levetid. Vedlikehold innebærer oljeskift på gir, renhold og tømning av aske. Leverandørene estimerer 1-3% av investeringskostnad i årlige vedlikeholdskostnader.

Nyere flisfyringsanlegg har avansert styringselektronikk og Internett tilknytning. Dette gjør det mulig for eieren å overvåke kjelen, samt planlegge vedlikehold og tilførsel av flis.

Fliskvalitet blir klassifisert etter forskjellige normer. Den Europeiske normen CEN/TS 14961 er gjeldende, men fremdeles blir den eldre Østerrikske normen ØNORM M 7133 brukt hyppig i industrien. Tabell 33 og 34 viser definisjonen av flisnormen.



<b>Sammenfatning av grenseverdiene tilpasset de Østerrikske flissklassene</b> <b>[Kilde: Önorm M7133(21)]</b>						
<b>A)</b> <b>Flissklasse</b>	<b>Tillatt fastmassedel og båndbredder for delstørrelser (sikteanalyse)</b>				<b>Tillatt ekstremverdier for enkeltdeler</b>	
	Maks 20%	60 – 100%	Maks 20%	Maks 4%	Maks tverrsnitt	Maks lengde
G 30	>16mm	16-2,8mm	2,8-1	<1mm	3cm <sup>2</sup>	8,5 cm
G 50	>31,5mm	31,5-5,6mm	5,6-1mm	<1mm	5cm <sup>2</sup>	12 cm
G 100	>63mm	63-11,2	11,2-1mm	<1mm	10cm <sup>2</sup>	25 cm

Tabell 33: Østerriksk flisnorm Önorm M7133(21) – Dag Bækkedal v/ Nordiske Industriovner A/S

	<b>Flissklasse</b>	<b>Klassegrenser</b>	<b>Definisjoner</b>
<b>B)</b> <b>Vanninnhold</b> (Vanninnhold på basis av fuktig mase)	W20 W30 W35 W40 W50	<20% 20 - 30% 30 - 35% 35 - 40% 40 - 50%	”lufttør” ”lagringstør” ”begrenset lagringstør” ”fuktig” ”nyhøstet”
<b>C)</b> <b>Egenvektsskisser</b> (På basis av vannfri tilstand)	S160	<160 kg/m <sup>3</sup> 160-250 kg/m <sup>3</sup> >250 kg/m <sup>3</sup>	”lav løskubbikkvekt” ”middels løskubbikkvekt” ”høy løskubbikkvekt”
<b>D)</b> <b>Askeinnholdsklasser</b>	A1 A2	< 1% 1 – 5%	”lavt askeinnhold” ”høyere askeinnhold”

Tabell 34: Østerriksk flisnorm Önorm M7133(21) – Dag Bækkedal v/ Nordiske Industriovner A/S

ETA HACK kan ta inntil klasse G50, som betyr flis med tverrsnitt på 5x5cm. Dette er grov industriflis. Flere konkurrerende ovner krever flis av klasse G30, noe som stiller høyere krav til flisekuttinga og har større fare for kiling i mateanlegget.

Det skilles mellom såkalt vanlig flis og flis av heltre. Vanlig flis består av den samme delen av treet som brukes til å lage ved, nemlig kvistet tømmer eller bakhon. Flis av heltre blir laget av hele trær med kvister og topper, slik utnyttes treet bedre samt at arbeidet med kvisting reduseres.

### *Energipotensiale*

Garden har 23 mål skog. I 2009 var årlig tilvekst i Norge 23,1 millioner kubikkmeter tømmer på 76 000 kvadratkilometer produktiv skogsareal. I gjennomsnitt vokste det 0,3m<sup>3</sup> skog per mål. Dette avhenger sterkt av alder på skogen, lokalt klima og hvordan den drives. Hvis forholdet antas å gjelde på Gjesdal har garden en tilvekst på 7 m<sup>3</sup> hvert år. I vedproduksjon kan 48% eller 3,4 m<sup>3</sup> utnyttes, mens som heltre flis er potensialet større. Det avhenger av hvor mye av treet som utvinnes. Røtter, lauv og stubbe blir vanligvis liggende igjen i skogen og regnes derfor ikke med, da gjenstår 66% eller 4,6 m<sup>3</sup>. Dette er ikke nok til å dekke forbruket på garden, men tilleggsbehovet kan trolig dekkes gjennom rensking og hogst hos naboer. Hvis alt hogstavfall tas ut fra skogen kan jordsmonnet ved lengre drift bli utarmet siden det ikke tilføres noe næring fra råtnende plantemateriale. På den annen side vil råtnende trevirke avgi store mengder metan til atmosfæren, noe som ikke er ønskelig. Derfor bør økt uthenting og kontrollert gjødsling av skogen vurderes, noe regjeringen også har ytret et ønske om [16].

Garden har motorsager og skogsutstyr for å dekke nåværende vedproduksjon. Skal garden produsere flis til eget forbruk ønsker Tarjei at det skal investeres i en tømmervogn til 170 000kr.

Tørr skogsflis med 35% fuktighet har en effektiv brennverdi på 790kWh/lm<sup>3</sup> [22]. Gitt 77 810kWh oppvarmingsbehov og 90% virkningsgrad i kjelen blir årlig energibehov fra flis 86 450kWh. Nødvendig flismengde er 109,5 lm<sup>3</sup> med gitte fliskvalitet. Ved bedre kvalitet vil mengden reduseres. Samme kilde angir priser for flis til 15 – 17 øre/kWh. Prisene avhenger av råstofftilgang, transport og opparbeidingskostnader. Ettersom tilgangen ikke er optimal på Gjesdal brukes høyeste pris. Kostnaden for overnevnte flismengde blir omlag 14 500kr.

### *Kostnadsestimat*

Mattis Strande ved Tangen Automasjon AS estimerer en total kostnad på 150 000kr for kjel, mateanlegg og akkumulatortank. Prisen gjelder for kjel fra 20 til 35 kW effekt, 50kW anlegg koster omlag 160 000 kr. Grunnet lave prisdifferanser kan det være gunstig å vurdere en enda større kjel hvis varmesalg kan være aktuelt. Dette forutsetter god tilgjengelighet på flis, noe som ikke nødvendigvis er tilfellet i Gjesdal Kommune.

Per Christian Hynne ved Hallenstvedt Importsalg anbefaler en 60kW kjel uten akkumulatortank for anlegget. Akkumulatortank og underdimensjonert kjel blir betraktet som avleggs. Anlegget som tilbys har en virkningsgrad mellom 80 og 90%, 1 års garanti og koster 235 000 kr + mva. Kostnaden inkluderer kjel med styringsanlegg og mateanlegg for flis. Grunnet lavere virkningsgrad og vesentlig høyere pris blir denne leverandøren ikke brukt videre i oppgaven.

Rørleggerarbeid og materiell for tilknytning av kjel til kulvertanlegg estimeres av Mattis Strande til å koste mellom 85 000kr og 110 000kr. Kostnader for tilknytning av vannbåren varme på garden er tidligere i oppgaven beregnet til 258 622 kr.

Gardsvarmeanlegg og distribusjonsnett støttes av Innovasjon Norge med 35% av investeringskostnad inntil 300 000kr. Støtten har visse forutsetninger. Anlegget må være gardsbasert og ha mulighet for lokal brenselproduksjon og verdiskapning. I områder med begrenset skogtilgang kan brensel fra sagbruk nyttes. Det støttes kun anlegg som brenner rent trevirke eller halm, brukes annet brensel kan støtten refunderes. Anleggsstørrelsen må være mellom 0 og 2 MW. Støtten gjelder for kostnader ved planlegging, prosjektering, fyrhus, varmeanlegg, brensellager og

varmedistribusjon frem til varmeveksler i bolig. Distribusjonsanlegg inni boligene er ikke støttet. I tabell 35 er investeringskostnaden beregnet. Det er antatt at varmeveksler i boligene til sammen koster 20 00 kr, dette er lagt til kulvertkostnaden ettersom begge deler er berettiget støtte. Resterende kostnader til distribusjonsanlegg for varme tilkommer etter at støtten er beregnet.

Det er fratrukket 30 000 kr i reduserte utgifter til elektrisk oppvarming i TEK 10 huset, ettersom anlegg for vannbåren varme erstatter panelovner, elektrisk gulvvarme og elektrisk varmtvannsbereeder.

<b>Investeringskostnader</b>	<b>Kr + mva.</b>
Kjel 50kW	160000
Rørleggerarbeid	110000
Kulvert og varmeveksler	108956
<b>SUM</b>	<b>378956</b>
Enova støtte 35%	-132635
Varmedistribusjon i bygninger	143000
Redusert utgift el oppvarming TEK 10 hus	-30000
Tømmervogn	170000
<b>Sum investering</b>	<b>529321</b>

Tabell 35: Investeringer ved flisfyringsanlegg

Lønnsomheten av flisfyringsanlegg er begrenset fordi investeringer i distribusjonsanlegg for varme i boligene tillegges anlegget direkte. Det er mulig å se på distribusjonsanlegget i boligene som en nødvendighet, og bare betrakte direkte kostnader rundt kjelen. Dette vil forbedre lønnsomheten på papiret, men utgiftene vil være de samme. Det gir feilaktige resultater når flisfyringsanlegg sammenlignes med alternativer som ikke krever distribusjonsanlegg for varme. Derfor er samtlige tilhørende kostnader for anlegget inkludert. Tømmervognen på 170 000 kr er også en stor belastning for lønnsomheten, men taes med av samme grunn.

I tabell 35 ble investeringen knyttet til flisfyringsanlegg beregnet. For flisfyringsanlegg forutsettes 15 års levetid og renter som gitt innledningsvis i kapitlet. Årlige driftskostnader for anlegget er sammensatt av pumpekraft for kulvert 559kr, energibehov i kjel 1200 kr (angitt av Mattis Strande v/Tangen Automasjon), vedlikehold av kjel 4800kr (3% av investering) og kostnad av flis 14 500kr. Inntekter fra anlegget blir beregnet som årlig spart elektrisitetsforbruk, som ikke må forveksles med årlig oppvarmingsbehov. Årlig oppvarmingsbehov inneholder tap i kulvert og varmeveksler i bolig, slik at dette vil være vesentlig høyere enn den erstattede elektriske oppvarmingen. Årlig spart elektrisitetsforbruk finnes fra estimert samlet energibehov på 111 196kWh, fratrukket resterende elektrisk energibehov på 50 223kWh. Slik gjenstår 60 973kWh spart elektrisitetsforbruk, som fordeles på verkstad og boliger. Med strømpris på 0,41 kr/kWh + nettleie og mva blir årlig innspart oppvarmingskostnad 58 711 kr.

Etter 15 år vil deler av anlegget trolig kreve en omfattende overhaling, men enkelte robuste komponenter vil fortsatt ha verdi, som her kalles utrangeringsverdi. Komponenter med utrangeringsverdi er blant annet tømmervogn, kulverter og distribusjonsanlegg i boliger. Det er

meget vanskelig å estimere en reell verdi for komponentene, særlig med begrenset erfaring innen emnet. Det antas at utraneringsverdi er lik 10% av samlet nypris for investeringen. Den samlede investeringen er på 698 622 kr, og har dermed en estimert utraneringsverdi på omlag 70 000 kr. En beregning av årlig kontantstrøm over anleggets levetid, inklusive utraneringsverdi er vist i vedlegg AR. Beregningen forutsetter strømpriser og renter som bestemt innledningsvis i kapitlet. I akkumulert kontantstrøm er utraneringsverdien av anlegget inkludert, noe som ikke er reelt, da blant annet kulvert og distribusjonsanlegg i boliger ikke er enkelt salgbare. Netto nåverdi av investeringen etter 15 års levetid blir -139 629kr etter gjeldende forutsetninger.

I vedlegg AS er det vist en beregning for hva som er nødvendig for å oppnå lønnsom drift av anlegget. Med grønne sertifikater som gir 18 øre/kWh og strømpris på 50 øre/kWh blir investeringen lønnsom.

Flisfyringsanlegg er betinget lønnsomt for Gjesdal Gard. Hvis alternativkostnaden med annen oppvarming øker, eller omfattende støtteordninger for erstatning av elektrisk oppvarming innføres legges forutsetningene til rette. Her er det antatt at flisfyringsanlegget erstatter elektrisk oppvarming, i realiteten vil anlegget ta over en del oppvarming som tidligere var dekket med vedfyring av egenprodusert ved.

Hvis eksempelvis tømmervognen kan benyttes til arbeid ved maskinstasjonen kan den bli regnet som en maskininvestering og utgå fra varmeanleggets regnskap. Da forutsettes det at årlige driftsinntekter fra maskinstasjonen kan forrente tømmervognen. For flisfyringsanlegget innebærer det at det tilkommer teoretiske interne leiekostnader når tømmervognen benyttes til eget bruk, disse er neglisjert. Uten tømmervogn blir anleggets investeringsutgift redusert med 170 000kr, samt at utraneringsverdi blir redusert til 50 000kr.

Det er usikkert om fliskostnaden på 0,17kr/kWh forutsetter kjøp av ferdig flis. Den tilhørende årlige utgiften for flis på omlag 14 500kr gir inntrykk av å være noe lav. For å verifisere estimatet ble Energigården AS kontaktet. Anders Hohle ved Energigården AS anslår en pris på omlag 180kr/lm<sup>3</sup> for flis med maks 35% fuktighet og grovhet klasse G50. Prisen er inklusive et par mil frakt og gjelder for Østlandet. Han estimerer en pris på innkjøpt flis til 200kr/lm<sup>3</sup> for Rogaland. I vedlegg AT beregnes lønnsomhet for flisfyringsanlegg uten tømmervogn, med innkjøpt flis. Netto nåverdi av investeringen blir -47 376kr etter 15 år med 41 øre/kWh strømpris. Hvis strømprisen stiger til 50 øre/kWh blir investeringen lønnsom. En strømpris på 50 øre/kWh er ikke usannsynlig, ref. Vedlegg AN. Flisfyringsanlegget vil ha mest driftstid i vinterhalvåret, hvor strømpriser historisk sett ligger høyere enn gjennomsnittet. Inkluderes oppvarming av varmtvann i fjøset vil lønnsomheten i flisfyringsanlegget trolig forbedres ytterligere. Det er derfor grunn til å tro at lønnsom drift av flisfyringsanlegg ved Gjesdal Gard er mulig.

### *Muligheter*

I driftsbygningen har garden en 7 meter høy silo med 5 meter diameter og 2 meter karmen som ikke er i bruk. Siloens totale volum med karmen er  $176,7 \text{ m}^3$ . Det er ønskelig å utnytte denne, gjerne for lagring og ytterligere tørking av trevirke. Det ble foreslått å ha en eventuell kjel i bunnen av siloen, slik at all overskuddsvarme fra kjelen ville stige opp i siloen og varme det overliggende trevirket. Det er lovpålagt at fyrrom skal utformes som en branncelle med bygningsdeler bestående av begrenset brennbart materiale eller bedre [22]. Dermed utgår dette forslaget i første omgang.

For å redusere fuktigheten i flis ble det foreslått av Tarjei å legge returledningen fra varmeanlegget gjennom bunnen av siloen, slik at flisen tilføres varme. Det vil føre til økt varmetap, men kan også gi noe bedre brennverdi for flisen. Det er lite sannsynlig at økt brennverdi vil fullstendig kompensere for økt varmetap. Når flisen tørkes vil det avgies store mengder fuktighet, denne må transporteres vekk med ventilasjonsanlegg som krever energi. Mattis Strande forklarer at flere utbyggere vurderer muligheten for ettertørking av flis, men svært få installerer det.

Mateanlegget for en ETA HACK kjel kan monteres i siloen. Anlegget tillater maksimalt 5 meters høyde på flishaugen, hvor densiteten i flisen ikke kan overskride  $200 \text{ kg/lm}^3$ . Teoretisk trykk på mekanismen bør dermed ikke overskride  $1000 \text{ kg/m}^2$ . Beregningene over forutsetter flis med 35% fuktighet og gir et årsforbruk på  $109 \text{ lm}^3$ . Densiteten på flisa er  $246 \text{ kg/lm}^3$ , som gir en maksimal lastehøyde i siloen på 4 meter. Dermed kan siloen maksimalt lastes med  $79 \text{ lm}^3$  om gangen, slik at den må fylles minst to ganger i løpet av året. Hvis det skulle oppstå problemer med mateanlegget i bunnen av siloen vil de overliggende 4 meter med flis bli et stort problem for reparasjonen. Det kan derfor være gunstig å ha et eksternt flislager, slik at mengden i siloen etterfylles jevnlig og holdes relativt liten.

Siloen har kapasitet til å holde hele årsforbruket av flis. En mulig utførelse av anlegget kan være å bruke siloen som hovedlager for flis og mate fyringsanlegget manuelt med siloheisen. Slik reduseres fare for omfattende arbeid ved problemer i mateanlegget. En viktig ulempe er at den store mengden flis bør være av meget tørr kvalitet så fare for varmgang elimineres.

En viktig faktor som må avklares rundt flisfyringsanlegg er hvordan anlegget fungerer i tilfellet det skulle oppstå strømstans. Av høyeste relevans er et verste tilfelle hvor strømforsyningen blir brutt over lengre tid ved dimensjonerende utetemperatur. Boligene vil ha vedovn til å sikre oppvarming, men frostskafer på kjel og rør er viktig å unngå. For å unngå skader på kulvert er det viktig å legge denne til frostfri dybde.

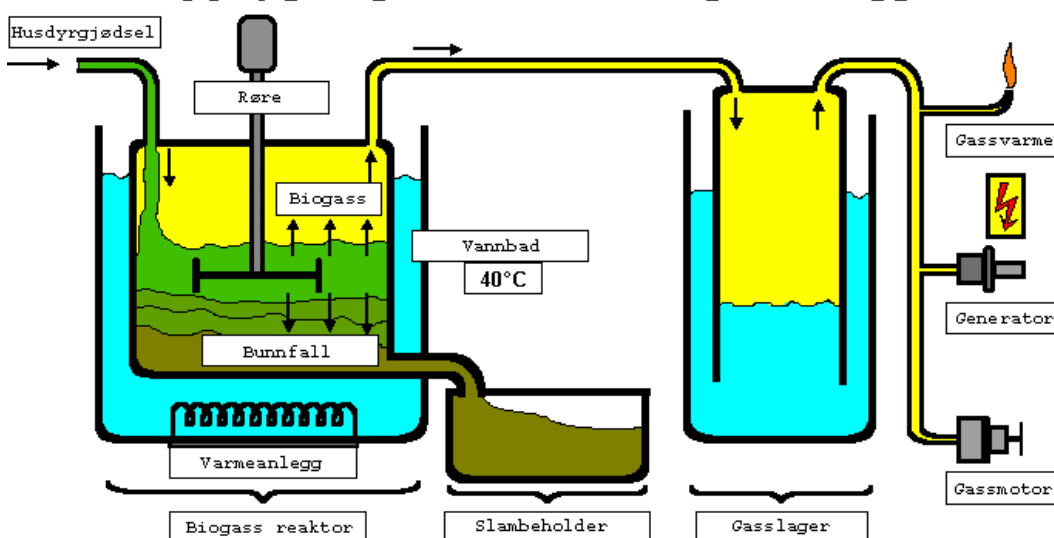
### 9.3 Biogassanlegg

#### Beskrivelse

Organiske stoffer kan behandles av bakterier enten med eller uten oksygen. Kompostering er en aerob prosess og foregår med oksygen. Prosessen er termofil og avgir noe metangass samt et restprodukt med god plantenæring. Fermentering er det som forbindes med biogassanlegg. Prosessen er anaerob, og har behov for temperatur på 35-40°C for at den skal gå effektivt. Prosessen avgir gass, typisk bestående av 60-65% Metan ( $\text{CH}_4$ ), 35-40%  $\text{CO}_2$  og små mengder andre gasser som hydrogensulfid ( $\text{H}_2\text{S}$ ) og nitrogen ( $\text{N}_2$ ). Ved fermentering av husdyrgjødsel kan restproduktet separeres. En fraksjon er meget tynnflytende og inneholder omtrent 80% av nitrogenet i gjødsla. Den andre delen er fast og består av fibre som er vanskelige å omsette. Den faste delen inneholder omtrent 70% av fosforet i gjødsla og noe nitrogen [43]. Fra bondens perspektiv er det mange fordeler med gjødsla fra biogassanlegg. Den tynnflytende fraksjonen er rik på plantenæringsstoffer, lukter mindre og er lettere å sprede. Nitrogenet og mineralene er lettere for plantene å ta opp. Det dannes mindre lystgass under lagring og metanutslipp reduseres [44]. På toppen av det hele sitter bonden igjen med biogass som han kan bruke til oppvarming, elektrisitetsproduksjon, drivstoff eller salg.

Et fermenteringsanlegg for gardsbruk består vanligvis av et gjødsellager for fersk gjødsla, en biogassreaktor med varmeanlegg og et endelig gjødsellager. Fra kua går gjødsla til det ferske lageret hvor den blir liggende inntil det blir pumpet inn i reaktortanken. Gjødsla pumpes inn i reaktortanken i passende porsjoner eller under kontinuerlig tilstrømning. Reaktortanken holdes ved ca 35°C gjennom et varmeanlegg. Bakterier i reaktortanken behandler gjødsla og produserer gass i løpet av en periode på 12-25 dager. Når gjødsla er ferdig behandlet blir den pumpet ut av reaktortanken til et lukket mellom- eller hovedlager hvor resterende metanutslipp blir fanget opp. Så mye som 20% av total produsert gassmengde kan komme fra resterende metanutslipp [45]. Hvis det benyttes lukket mellomlager pumpes bioresten vanligvis over til et åpent hovedlager når gjødsla har blitt stabilisert.

#### Oppbygning av et enkelt biogassanlegg



Illustrasjon 44: Oppbygning av et enkelt biogassanlegg – <http://www.seilnacht.com/referate/biogas02.gif> (omskrevet til norsk)

Fermentering av husdyrgjødsel i en biogassreaktor kan daglig produsere 1-2m<sup>3</sup> biogass per kubikkmeter reaktorvolum. Ved tilsats av energirikt avfall, som fettholdig matavfall kan utbyttet økes drastisk. 20% fettholdig avfall i tillegg til husdyrgjødsel har vist 4-10m<sup>3</sup> daglig gassproduksjon per kubikkmeter reaktorvolum [43]. Skal annet enn husdyrgjødsel benyttes i et biogassanlegg må Mattilsynet godkjenne dette etter biproduktforskriften [16].

En viktig karakteristikk med biogassanlegg er at det er krevende å gjenoppta produksjon etter stans. Derfor opereres de fleste anlegg med kontinuerlig drift, noe som forutsetter kontinuerlig og jevn tilførsel og forbruk. Dette passer dårlig overens med gardens nåværende drift. Tilførselen er ikke kontinuerlig ettersom fjøset står tomt i nærmere to av sommermånedene. Gardens forbruk av energi er lite sammenfallende med karakteristikken til et biogassanlegg. Energibehovet på garden er minimalt i sommermånedene med svært lite oppvarmingsbehov og lite drift i fjøset. Med mindre store deler av produsert gass gjennom sommerhalvåret kan magasineres eller selges vil lønnsomheten i anlegget være sterkt lidende.

Rogaland er i en særstilling innen biogass, ettersom betydelige deler av landets husdyrnæring er i fylket, samt at Rogaland er det eneste fylket som har et nevneverdig utbygd gassnett. Naturgass fra nordsjøen er metan, akkurat som rensed biogass produsert av husdyrgjødsel eller matavfall. Gassene kan blandes problemfritt. Lyse jobber med å utvikle planer for å gjennomføre dette i stor skala. Biogass fra gårdsbaserte anlegg må renses og komprimeres før den kan tilføres gassnettet. Renseanlegg for gass er svært dyrt, Lyse anbefaler minimum 1GWh årlig gassproduksjon for lønnsom drift. Foreløpig vurderes det å bygge en gassledning for rågass fra biogassanlegg til et sentralt renseanlegg. Deretter skal biogassen distribueres sammen med naturgass på det eksisterende gassnettet. Det er usikkert om det vil være muligheter for å bli tilknyttet en rågass ledning på Gjesdal. Alternativt lanserer Lyse et forslag om å transportere rågass på gassdrevne lastebiler. Grunnet fordelene i fylket ønsker Fylkesmannen å doble det nasjonale målet for Rogaland til at minimum 60% av regionens husdyrgjødsel benyttes i biogassanlegg innen 2020 [17].

Jæren har en av Europas høyeste dyretettheter og et stort overskudd på husdyrgjødsel. Som en bi effekt har jordsmonnet på Jæren enkelte steder overskudd av fosfor, noe som skaper miljømessige problemer. På Østlandet derimot er det mangel på fosfor. Det var planlagt et omfattende biogassanlegg på Grødaland i Hå kommune som skulle ta i mot gjødsel fra omliggende landbruk samt annet biologisk avfall. Den flytende bioesten var planlagt tilbakelevert til bøndene mens den faste fraksjonen som er rik på fosfor skulle tørkes og sendes til Østlandet eller eksporteres [46]. Angivelig var kostnadene for den tørkede gjødsel for høye til å sikre lønnsom drift, og anlegget er i skrivende stund på vent. I Danmark har det blitt gitt tillatelse til å forbrenne den faste fraksjonen av bioesten for varmeproduksjon. Fosfor kan gjenvinnes fra asken [43].

IVAR, Lyse, Neo, Bioforsk og andre selskaper har finansiert et forskningsprosjekt kalt FixNut som jobber med å finne gode muligheter til «Fiksering av næringsstoffer i råtnest». Det innebærer at bioest fra et biogassanlegg separeres i fast og flytende fraksjon gjennom en sentrifuge. Den faste fraksjonen som inneholder mesteparten av fosforet og mye nitrogen fraktes til et sentralt anlegg for videre behandling. Prosjektet har som mål å fikse fosfor og nitrogen i avanserte prosesser, slik at stoffene kan brukes til å lage et næringsrikt gjødsel som skal være bedre enn kunstgjødsel [17].

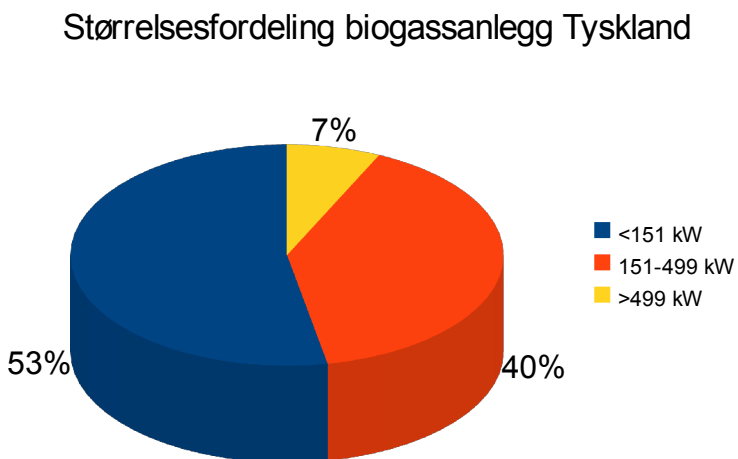
I biogassanlegg med hygienisering drepes bakterier, parasitter og ugressfrø. Dette gjør det mulig å ta i mot biologisk avfall fra andre deler av samfunnet, som matavfall, fiskeriavfall, planteavfall og noe slakteriavfall. Som nevnt tidligere får biogassanlegg en drastisk økning i effektivitet med tilsatt fettriakt avfall. En ulempe er at store variasjoner i komposisjon kan føre til ustabilitet i fermenteringsprosessen. Matavfall og slakteriavfall kan dessuten gi svært sterk lukt fra bioesten. For Gjesdal Gard vil det være ønskelig å tilsette grise gjødsel til husdyrgjødsel jevnt gjennom året

for å få en mest mulig homogen blanding før reaktoren. Det er viktig å gjøre det slik fordi kugjødsla inneholder de nødvendige bakteriene for gass produksjon. Et spesielt problem med dagens biogassanlegg oppstår ved høyt proteininnhold i inngående gjødsel. Det kan da dannes ammonium og sulfid i så store konsentrasjoner at de virker inhiberende på fermenteringsprosessen. Et vanlig sikkerhetstiltak for å unngå dette er å operere anlegget med sub-optimal føderate. Dette gir mindre effektiv drift av anlegget og det forskes på måter å få bedre kontroll over prosessen [43].

Før et biogassanlegg bygges må flere saker avklares. Innblanding av annet avfall må godkjennes av Mattilsynet med hensyn på smittefare og utslipp til miljøet. Fylkesmannens miljøavdeling skal varsles minimum 9 måneder før byggestart, hvor de vurderer om det stilles lukt og utslippskrav krav til anlegget. Dersom gassen skal brennes med installert effekt over 1MW kommer anlegget inn under Forurensningsforskriftens kapittel 27 «Forurensninger fra forbrenning av rene brenslere», som legger føringer for nabohensyn. Innehaveren av et biogassanlegg må kunne dokumentere lovlig bruk eller omsetning av hele bioresten. I biproduktforskriften og gjødselvereforskriften stilles det strenge krav til mengden tungmetaller i gjødsel. Når husdyrgjødsel blir behandlet i biogassanlegg vil nivå av tungmetaller i forhold til tørrstoff bli høyere i bioresten enn i ubehandlet gjødsel. Når det tilsettes annet biologisk materiale i biogassanlegget vil innholdet av næringsstoffer i bioresten øke ytterligere. Det er øvre grenser for hvor mye næringsstoffer og tungmetaller som kan slippes ut per areal, slik at behov for spredeareal kan øke [45]. Det er knapphet på spredeareal i Rogaland, derfor kan dette bli et stort problem for eier av anlegget.

Metangass er en luktfri og brennbar gass. Drift av biogassanlegg og rørnett blir derfor regulert gjennom «Forskrift om håndtering av farlige stoffer» som ilegger anlegget meldeplikt. Melding skal sendes til Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap i god tid før anlegget blir tatt i bruk. Når anlegget er ferdigstilt må det søkes om godkjenning av Mattilsynets distriktskontor. Etter oppstart må det sendes søknad til Mattilsynets distriktskontor for alle vesentlige endringer som vedrører anlegget [16].

I Norge var det i 2008 bare 4 gårdsbaserte biogassanlegg [45]. I sentral-Europa derimot er biogass godt utbredt. Tyskland er største produsent av biogass med over 2700 gårdsbaserte anlegg i 2008. 85% av all biogass i Tyskland er fra jordbrukssektoren, hvorav 51% stammer fra husdyrgjødsel, 22% fra energivekster, 16% fra industrielt avfall og 11% fra organisk husholdningsavfall [47]. Energivekster er planter som dyrkes for å brukes til å lage gass i et biogassanlegg. Eksempler på energivekster er mais, gress ensilasje, korn og rybs. I Tyskland er 53% av anleggene mindre enn 151 kW, 40% mellom 151 og 499 kW og 7% av anleggene større enn 499 kW [48]. Dette er vist i illustrasjon 45.



*Illustrasjon 45: Størrelsesfordeling biogassanlegg i Tyskland 2008 – M. Effenberger, Biogas production and utilization in Germany – Status and Outlook*

Grunnlaget for stor utbredelse og lønnsomhet for gårdsbaserte biogassanlegg i sentral-Europa er vesentlig høyere energipriser enn i Skandinavia. I tillegg har sentral-Europa store jordbruksområder



som effektivt kan nyttes til energivækster. Lønnsomheten for både Norske og Svenske anlegg er foreløpig omdiskutert med påfølgende skepsis hos bønder og investorer. Uklarhet rundt støtteordninger og statlige regler er med på å understreke at det gjenstår viktig utviklingsarbeid for biogass i Norge. Dette arbeidet har blant annet Arena Biogass tatt på seg. De jobber for å fremme kunnskap og erfaringer fra Norske og utenlandske anlegg til potensielle investorer. I den sammenheng søker de våren 2011 etter minimum 3 pilotprosjekter som vil starte produksjon i Rogaland og som ønsker å dele erfaringer og økonomiske resultater [17].

I fattige strøk i Asia er biogass i stadig vekst, men i en helt annen skala. Utviklingsprogrammer selger svært enkle biogassreaktorer med volum fra 2-20m<sup>3</sup> til bruk i private husholdninger, som vist i illustrasjon 46.

Kostnadene for en biogassreaktor er fra 200 til 1000 Euro, noe som er veldig mye for lokalbefolkningen, derfor er det i flere land innført støtteordninger.

Reaktorene tilføres menneskegjødelse, husdyrgjødsel og biologisk avfall for å produsere nok biogass til å dekke en families behov til oppvarming av mat og belysning. Det beregnes at en kubikkmeter biogass har en brennverdi som kan erstatte 0,8 liter bensin eller 1,4kg kull. Dette besparer familiene verdifull tid som vanligvis blir brukt til å samle brensel, samtidig som det er bra for miljøet. Bioresten blir brukt som gjødelse

og tilfører jorden verdifull næring. Metanutslipp til atmosfæren blir eliminert, og mennesker i fattige områder får mulighet til både toalett og belysning [49]. Bare i India var det i 1997 installert over 2,5 millioner biogassreaktorer [50].

Det er mulig å søke om økonomisk støtte fra Innovasjon Norge for både forstudie, forprosjekt og investeringer til gardsbasert biogassanlegg, forutsatt at anlegget har en realistisk mulighet til å bli et lønnsomt investeringsprosjekt. Primær energikilde for anlegget må være råstoffer fra landbruket. Anlegget må ha potensiale for salg av hele energimengden som blir produsert samt intensjonsavtale med kjøpere av energi. Lønnsomme prosjekter kan få investeringsstøtte inntil 40% av godkjente kostnader [16]. Det eksisterer uvisshet om anlegg med elektrisitetsproduksjon er berettiget full støtte [17].

Biogass kan brukes på flere områder. Gass produsert i et gardsbasert biogassanlegg kan brukes til forbrenning uten noen videre behandling. Skal gassen brukes til å drive en stasjonær motor eller turbin bør den renses for hydrogensulfid. Hydrogensulfid er svært korrosivt og danner sulfat når det forbrennes. Sulfat er korrosivt samt at det ødelegger smøreegenskaper i olje [45]. Hvis gassen skal selges som naturgass eller brukes som drivstoff i mobile maskiner må den renses ytterligere til den møter mottakerens krav som ofte er minimum 90% metan. For å redusere transportvolum er det behov for komprimering av gassen opp til 200 bar, avhengig av mottakerens anlegg. Det samme gjelder hvis gassen skal leveres til eventuelt rørnett (dog noe lavere trykk). Det estimeres at omlag 10% av biogassens energi kreves for å rense og komprimere gassen tilstrekkelig [44].

Avhengig av typen biogassanlegg vil gassproduksjonen variere fra tilnærmet konstant til puljevis. Ved bruk av en reaktor er anlegget svært følsomt for svingninger i produksjon og gjødselinhold. For å bedre kunne sikre kontinuerlig drift blir derfor flere anlegg bygget med to reaktorer som kjøres i takt slik at produksjonen blir mest mulig konstant.



Illustrasjon 46: Enkel biogassreaktor for husholdninger - [www.patervis.com](http://www.patervis.com)

*Energipotensiale*

Det må bygges et nytt gjødsellager på Gjesdal Gard. Det er ønskelig å bygge et nytt lager slik at det har naturlig fall fra det eksisterende lageret. Dette gjør det mulig å bygge et biogassanlegg som en mellomstasjon, slik at eksisterende lager blir brukt til lagring av fersk gjødsel. Ferdig prosessert bioest lagres i det nye gjødsellageret. Det mottaes årlig 800m<sup>3</sup> grise gjødsel, noe som måtte blitt tilført i det eksisterende gjødsellageret, slik at gjødsla blir mer homogen når den tilføres biogassanlegget og at gasspotensialet i grise gjødsla hentes ut. Hvis det skal være aktuelt å motta gjødsel fra naboer må gjødsla hygieniseres for å drepe bakterier og ugressfrø. Det er svært gunstig med stor lagringstank for ferdig bioest for da blir gjødsla mer homogen og det er lettere å få oversikt over næringsinnhold.

Når det skal bygges nytt hus på garden kreves det septiktank. Vanligvis er menneskegjødsel ikke tillat i husdyrgjødsel på grunn av smittefare, men hvis et biogassanlegg hygieniserer gjødsla frafalles dette kravet. Menneskegjødsel kan avgi mer biogass per kg enn gjødsel fra fjærkre, svin og ku, men på en gard blir andelen forsvinnende liten.

Som et grovt estimat brukes at en kubikkmeter gjødsel fra storfe gir rundt 140kWh, mens en kubikkmeter fra gris gir 180kWh [13]. Dette gjelder hvis gjødsla behandles i et biogassanlegg og gassen deretter brennes til oppvarming. Gardens varmepotensial fra biogass vises i tabell 36.

Energi i biogass fra storfe gjødsel	140kWh/m <sup>3</sup>
Mengde storfe gjødsel, unntatt beitesesong	930 m <sup>3</sup> /år
Varmepotensial storfe gjødsel	130 200kWh
Energi i biogass fra grise gjødsel	180kWh/m <sup>3</sup>
Mengde mottatt grise gjødsel	800 m <sup>3</sup> /år
Varmepotensial grise gjødsel	144 000kWh
<b>Totalt varmepotensial for biogassanlegg</b>	<b>274 200kWh /år</b>

Tabell 36: *Varmepotensiale fra biogassanlegg* - [13]

De grove beregningene i tabell 36 viser at hvis gjødsla fra Gjesdal Gard utnyttes i et biogassanlegg er energipotensialet over dobbelt så stort som hele gardens sammenlagte energiforbruk. Riktig nok er dette før fratrukk for virkningsgrader og energi til drift av anlegget. Erlend Vingelen ved BioWaz estimerer med bakgrunn i erfaringsdata at omlag 200 000kWh er nyttbar energi fra gjødselmengden. Han foreslår å utnytte gassen i en motor til å produsere 60 000kWh elektrisk energi og 100 000kWh varme. 20% av produsert energi anslåes til å gå til internt bruk i biogassanlegget.

Energiproduksjonen er vesentlig høyere enn energiforbruket ved garden. Det antas at overskudd av strøm kan selges, men nærmere halvparten av all varme vil være overflødig. Overskuddsvarmen må avgis til luft med mindre den kan selges til en nærliggende nabo eller benyttes til andre formål.

Dersom mye produsert energi ikke blir utnyttet til å erstatte kjøpt energi vil innsparingen ved anlegget bli redusert og lønnsomheten blir drastisk skadelidende.

*Referanseanlegg*

I begynnelsen av April reiste Tarjei på tur til Tyskland for å se på eksisterende biogassanlegg. Et anlegg som ble besøkt produserte 110 m<sup>3</sup> gass per time. Anlegget bestod av to reaktorer på henholdsvis 1800 m<sup>3</sup> og 3800 m<sup>3</sup>, hvor den store reaktoren for øyeblikket ble brukt som lagertank av behandlet biorest. I lagertanken ble resterende gassproduksjon oppsamlet.

Den produserte gassen ble brukt i en sekssylindret Scania dieselmotor som var plassert i en container nær reaktoren. Motoren gikk hovedsakelig på biogass, men ble tilført 5% biodiesel for å muliggjøre selvantennning. Motoren var tilknyttet en generator som produserte 200 kW elektrisitet. I tillegg avga motoren omlag 260 kW til kjølevann som ble brukt for oppvarming av boliger, fjøs og biogassreaktoren. Utnyttelsen av kjølevannet kunne vært bedre, men varmebehovet var mindre enn produksjonen slik at mye varme ble avgitt direkte til luft.

For å produsere gitte gassmengde ble det daglig tilført 10-11 tonn finsnippet mais, 2 tonn gress og 6-8 tonn kugjødsel. Arealet som ble brukt for mais og gressproduksjon ble estimert til 800 mål. Til sammenligning er samlet dyrka areal på Gjesdal Gard er 249 mål. Arealet på Gjesdal egner seg dårlig for maisproduksjon. Den tilførte gjødsla kom fra et fjøs med kalveoppdrett som hadde omlag 1300 kalver per år. Biogassreaktoren ble jevnlig tilført ca. 500 liter husdyrgjødsel per time. Hvis alle 1730 m<sup>3</sup> gjødsel fra Gjesdal Gard hadde blitt benyttet ville det vært nok til å dekke gjødselbehovet i 144 dager for overnevnte anlegg.

Eieren av biogassanlegget fikk 22 cent per kilowattime levert elektrisk energi. Gitt en Euro kurs på 7,8 svarer det til 1,72 kr/kWh. Markedspris på elektrisitet er 19 cent, som svarer til 1,48 kr/kWh. Årlige inntekter var på omlag 100 000 Euro, mens investeringskostnaden var 1,3 millioner Euro. Tidligere i oppgaven har det blitt estimert en energipris på 41 øre/kWh + nettleie og mva for norske forhold. Siden norsk strømpris er så betydelig mye lavere er det forståelig hvorfor det er så stor skepsis rundt lønnsomheten for biogassanlegg i Norge. Hvis produsert elektrisitet nyttes selv påfaller det ikke nettleie, og prisen blir lavere enn netto strømpris.

Enkelte hevder at drift av biogassanlegg med energivækster er mer lønnsomt enn å drive med oppdrett av gris i sentral-Europa. Skeptikere mener at det vil føre til en reduksjon av grisebønder med tilhørende økning i kjøttpris. I tillegg blir det større etterspørsel etter areal for dyrking av energivækster, noe som fører til en økning i blant annet kornpriser. Med økende pris på jordbruksjord blir konvensjonelle bønder utkonkurrert. Det er et paradoks at store arealer egnet for matproduksjon blir brukt til produksjon av energi, samtidig som matvaresituasjonen i verden er langt fra ideell. Dette må ikke forveksles med norske biogassanlegg som bare baseres på husdyrgjødsel og eventuelt avfall.

*Kostnadsestimat*

I sammenheng med avdekking av kostnader ble flere norske leverandører av biogassanlegg kontaktet. De fleste svarte at prosjekteringen av et biogassanlegg er en meget omfattende jobb som vanligvis koster flere hundre tusen kroner. Flere av leverandørene hadde heller ikke erfaring med så små anlegg. Erlend Vingelen ved BioWaz derimot tok seg tid til å gi et detaljert svar. Tore Meinert ved Nærenergi AS og Wojtech Sagalski ved BioTek svarte også med grove data.

Erlend Vingelen anslår at det på Gjesdal Gard er tilstrekkelig med 170 m<sup>3</sup> reaktorvolum, samt en fortank på 130m<sup>3</sup> og en container som inneholder alt teknisk utstyr. I tillegg bør et sluttlager bygges, med minimum 1500m<sup>3</sup> gjødselkapasitet. Maksimal effekt fra elektrisitetsproduksjon er 25kW, som akkurat er mulig med gjeldende strømkabel uten ombygning. Levetiden på anlegget er 15 til 20 år, med unntak av slitedeler som pumper og rører. Anlegget har 1 års garanti, og en omtrentlig driftskostnad på 20 000 kr årlig. Vedlikeholdskostnaden estimeres til 30 000kr årlig. Kostnaden for anlegget blir anslått til 2,4 millioner kroner, uten sluttlager. Det estimeres at et sluttlager på 2000 m<sup>3</sup> vil koste omlag 1 million kroner, men det utelates fra biogass budsjettet ettersom det er en nødvendig investering på garden. Inntil 40% av anleggskostnaden kan støttes av Enova. Støtten gjelder trolig også for sluttlageret, slik at det kunne vært tatt med i beregningene. Det antas at Enova støtter kostnader til distribusjonsnett for fjernvarme og varmeveksler i boliger som for flisfyringsanlegg. Se tabell 37. Anlegg for vannbåren varme erstatter elektrisk oppvarming. Innsparingen er estimert til 30 000 kr.

<b>Investeringskostnader</b>	<b>Kr</b>
Biogassanlegg ferdig installert	2400000
Kulvert og varmeveksler	108956
<b>Sum</b>	<b>2508956</b>
Enova støtte 40%	-1003582
Redusert utgift el oppvarming TEK 10 hus	-30000
Varmedistribusjon i bygninger	143000
<b>Sum</b>	<b>1618374</b>

*Tabell 37: Investeringskostnader ved biogassanlegg*

For å verifisere kostnadsestimatet gjort av Erlend Vingelen vises det til Mære biogassanlegg, som estimerer en investering på 1,6 millioner kroner per 1000/tonn gjødsel. Gitt 1730 tonn (antatt densitet som vann) gjødsel på Gjesdal Gard vil investeringskostnaden for anlegget komme på 2,77 millioner. I Enovas «Potensialstudie for Biogass» [45] estimeres en energikostnad for små anlegg på 39 øre/kWh over anleggets levetid. Gitt 200 000kWh årlig og 15 års levetid blir investeringskostnaden 1,17 millioner kroner. Dette estimatet stemmer dårlig overens med investeringen, selv etter Enova støtte. Et biogassanlegg består av svært mange kostbare komponenter. Det er derfor muligheter for store variasjoner i kostnadsestimater avhengig av hvilke komponenter estimatet baseres på. Estimaten fra Mære biogassanlegg stemmer noenlunde overens med estimatet til Erlend Vingelen, derfor gjøres ingen korreksjoner.

Energiforbruk til pumpekraft i kulvert blir forsvinnende lite og blir uansett dekket av egen energiproduksjon, derfor taes det ikke med her. Driftsinntekter blir estimert til 160 000 kr av Erlend Vingelen. Inntektene forutsetter et eksisterende energibehov på 160 000kWh, med en kostnad på 1kr/kWh. Det forutsetter at all tidligere kjøpt energi kan erstattes med produsert energi i form av 60 000kWh el, og 100 000kWh varme. Dette er dessverre ikke tilfelle for Gjesdal Gard. Dekkes all oppvarming med varme fra biogassanlegget frigjøres 60 973kWh som ellers kunne vært dekket med strøm. 10 207kWh av frigjort forbruk påfaller verkstaden og er uten merverdiavgift, resten blir brukt i boligene. På garden gjenstår 50 223kWh strømforbruk, som antas fullstendig dekket av generatoren. Det er i tabell 31 estimert at 74,4% av forbrukt strøm blir brukt i fjøset og verkstaden og er fritatt merverdiavgift. Generatoren har et årlig overskudd på 9 777kWh, som selges på strømmettet til strømpris uten nettleie med fratrukk for salgsavgift. Gitte forutsetninger gir årlig innspar beløp på 104 791kr.

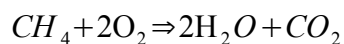
Netto nåverdi av årlig kontantstrøm fra investeringen er beregnet i vedlegg AU. Anlegget er beregnet med 15 års levetid og 9% kalkulasjonsrente. Anlegget har en antatt utrangeringsverdi på 150 000 kroner etter 15 år. Netto nåverdi av investeringen blir -0,93 millioner kroner. Det trengs omfattende reduksjon av kostnader, samt massive støtteordninger for at biogassanlegg skal bli lønnsomt på Gjesdal Gard. I vedlegg AV er det beregnet hva som er nødvendig for lønnsom drift. Med en strømpris på 50 øre/kWh og grønne sertifikater til 81 øre/kWh kan biogassanlegget bli lønnsomt.

Det er lite sannsynlig at verdien av grønne sertifikater blir inntil 80 øre/kWh. Derfor kreves en reduksjon av investeringskostnader for at biogassanlegg skal være økonomisk lønnsomt. Hvis verdien av bedre gjødsel og reduserte utslipp kvantifiseres kan denne bidra til å gjøre biogassanlegget mer lønnsomt. Eksempelvis kan mindre behov for kunstgjødsel utgjøre en betydelig reduksjon av årlige driftsutgifter på garden.

Et biogassanlegg er trolig det mest miljøvennlige alternativet som blir belyst i oppgaven. Anlegget reduserer metanutslipp, produserer fornybar strøm og gir bedre gjødsel. Bedre gjødsel kan bety redusert behov for kunstgjødsel, som betyr sparte utgifter. Det har ikke blitt tatt med i oppgaven fordi det mangler tilstrekkelige erfaringsdata for å kunne forutse fremtidig næringsinnhold i gjødsel.

*Muligheter*

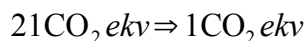
40% av jordbrukets totale utslipp av klimagasser i 2006 var fra tarmgass fra husdyr. Derav var 69% av utslippene knyttet til storfe [13]. Tarmgassen går i vinterhalvåret ut gjennom driftsbygningens ventilasjonsanlegg, mens den i beitesesongen går direkte til atmosfæren. Ett storfe produserer rundt 600 liter tarmgass daglig, hovedsakelig bestående av 66% CO<sub>2</sub>, 26% metan og 6% nitrogen [51]. Omsatt blir dette ca 156 liter metan i døgnet per dyr, avhengig av forkvalitet og fortype. Gjesdal Gard med sine 45 storfe slipper ut ca. 7000 liter metan i døgnet. Fjøset har en minste ventilerte luftmengde på 64 896m<sup>3</sup> i døgnet ved -10°C utendørs temperatur og gitte antall dyr [52]. Volumet er enormt og ble dobbelsjekket for å sikre at beregningen ikke var feil. Det svarer til et 6,5 meter tykt sjikt med 100x100 meter grunnflate! Metankonsentrasjonen blir ved minste ventilasjonsmengde fortynnet til 0,1 promille, men mengden gass som slippes ut er fremdeles stor. Ved ideell forbrenning av metan omdannes gassen til CO<sub>2</sub> og vann etter følgende reaksjonsligning.



*Formel 13:*

*Reaksjonsligning for  
forbrenning av metan*

Metan er 21 ganger sterkere som klimagass enn CO<sub>2</sub>. Formel 14 viser samme ligning som i formel 13, men nå i form av CO<sub>2</sub> ekvivalenter.

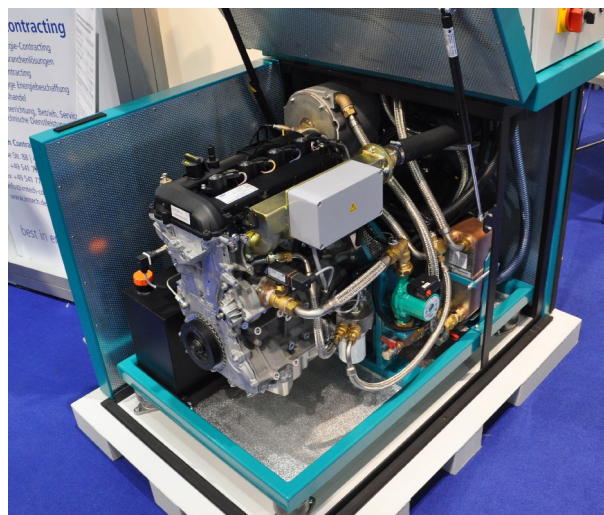


*Formel 14:*

*Forbrenning av metan i  
CO<sub>2</sub>-ekvivalenter*

I overnevnte reaksjonsligning reduseres utslippet fra 21 CO<sub>2</sub>-ekvivalenter til én. Reaksjons ligningen er eksoterm, slik at ved oksidasjon (forbrenning) av metangassen vil det avgis varme. Ut fra dette og bakteriehensyn bør det være svært ønskelig å få ventilasjonsluften fra husdyrrrom forbrent. Tarmgassen som slippes ut i husdyrrømmet blir fortynnet så mye at den ikke lar seg antenne. Brukes avtrekksluften som tilluft i et forbrenningsanlegg vil metangassen bli forbrent. Slik vil både smittefare og store deler av landbrukets klimagassutslipp kunne reduseres. Se illustrasjon 1.

Dessverre følger det med en del komponenter i avtrekksluften som ikke er ønskelige i en kjel eller i



*Illustrasjon 47: 16kW Kogenereringsanlegg for naturgass basert på bensinmotor – KraftWerk [www.kwk.info](http://www.kwk.info) -Hannovermesse 2011*

en forbrenningsmotor. Avtrekksluft fra fjøs består av store mengder vanddamp, CO<sub>2</sub>, ammoniakk og støv. Vanddamp kan til en viss grad fjernes ved kjøling av ventilasjonsluften i en varmeveksler. Men i samme varmeveksler kan støv og korrosjon bli et problem, noe som kan redusere effektiviteten drastisk. Hvis avtrekksluften skulle brukes i en forbrenningsmotor vil støvet måtte analyseres videre for å avdekke partiklenes hardhet og brennbarhet. Vanlig biologisk støv brenner raskt opp ved tilstrekkelig høy temperatur, men hvis det skulle være betongstøv fra bygningen i avtrekksluften vil dette kunne få alvorlige konsekvenser for motorens tetningsflater og slitasje.

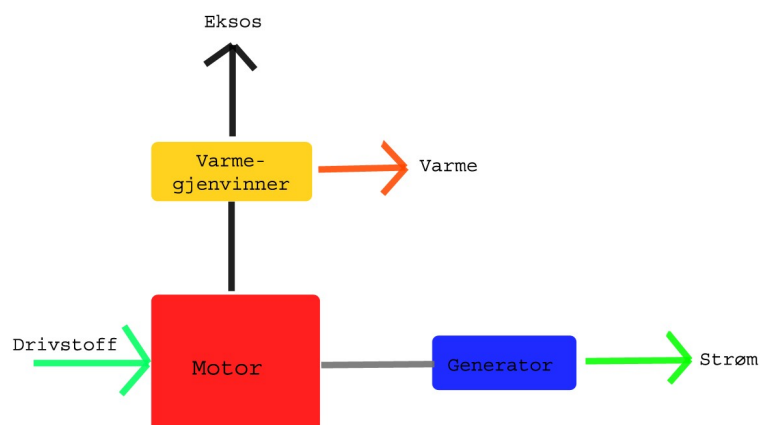
Hovedproblemet med forbrenning av avtrekksluft er trolig mengden ventilert luft. Med en minste ventilerte luftmengde på 64 896m<sup>3</sup> kreves et meget stort forbrenningsanlegg og en tilhørende stor mengde tilført brensel.

Det er tenkelig å bruke noe av avtrekksluft fra fjøset som tilluft for generatormotoren i biogassanlegget. Motoren avgir strøm og varme og kan betegnes som et kogenereringsanlegg. I en slik prosess vil mest mulig av energien i biogassen bli utnyttet til høyest mulige formål. Ideen baserer seg på at motoren drives ved å forbrenne biogass, og at motorens kraft brukes til å drive en generator. Varmen som genereres i motoren hentes ut i varmevekslere, slik at både motorens kjølevann, smøreolje og eksos avgir varme til varmeanlegget. Et 16kW kogenereringsanlegg basert på en 4 sylindret Ford bensinmotor er vist i illustrasjon 47. En prinsippsskisse av et kogenereringsanlegg er vist i illustrasjon 48. Mekanisk og termisk virkningsgrad er definert i formel 15.

$$\eta_{el} = \frac{kW_{el. \text{ produsert}}}{kW_{brensel \text{ tilført}}}$$

$$\eta_Q = \frac{kW_{varme \text{ produsert}}}{kW_{brensel \text{ tilført}}}$$

Formel 15:  
Mekanisk og  
termisk  
virkningsgrad



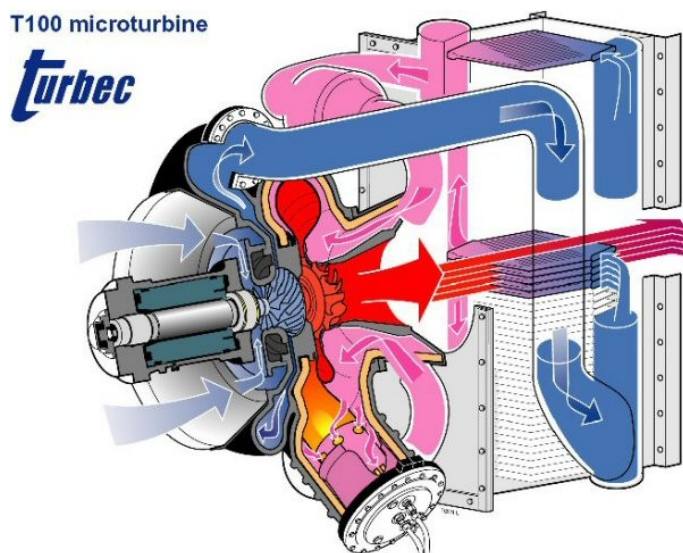
Illustrasjon 48: Meget forenklet prinsippsskisse av kogenereringsanlegg

Øystein Lindbergs masteroppgave ved Universitetet i Stavanger [53] viser at den elektriske virkningsgraden av et naturgassdrevet kogenereringsanlegg kan komme opp i 30,9% ±0,5% ved maksimal effekt. Varmevirkningsgraden av samme anlegg er på 61% ±0,5% ved maksimal effekt, mens den har et maksimum på 76,5% ±0,5% ved lav utnyttelse. Hver for seg virker virkningsgradene moderate, men totalt sett blir virkningsgraden maksimalt 91,1% ±1% for anlegget ved full last. I lekmanns ord betyr det at 91,1% av energien som tilføres i form av naturgass utvinnes som varme og strøm.

Det konkrete anlegget det ble gjort forsøk på var basert på en Toyota motor og hadde 13kW spesifisert elektrisk effekt. Samme anlegg produserte 26,2kW varme og hadde et brenselforbruk på 2,1 – 4,3 m<sup>3</sup>/h [53]. En ulempe med å bruke konvensjonelle stempelmotorer til å drive generatorer i

kontinuerlig drift er at et år inneholder 8760 timer. Dieselbaserte stempelmotorer har overhalingintervall for generaloverhaling på rundt 10 000 timer [44]. Det betyr at et slikt anlegg vil ha behov for overhaling tidligst etter 1 år og to måned med kontinuerlig drift, forutsatt svært lite driftsstans. Realistisk blir overhalingintervallet kanskje hvert 1,5 år.

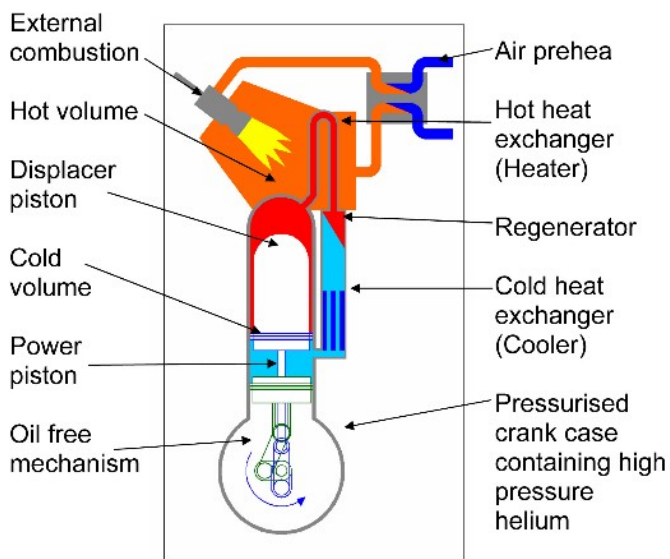
Til sammenligning har IRIS en Turbec T100 radiell gassturbin med kogenerering og 100kW elektrisk effekt installert på sitt testanlegg i Risavika. Turbinen har inspeksjon hver 6000 timer og overhaling først etter 30 000 timer. Turbinen har en forventet levetid på 60 000 timer, som tilsvarer 6 år og 10 måneders kontinuerlig drift. Samme turbin har elektrisk virkningsgrad på 33% ( $\pm 1\%$ ). Når turbinen utstyres med rekuperator som gjenvinner varme fra eksos når den en total virkningsgrad på 77% ( $\pm 1\%$ ) [54]. Den relativt lave totale virkningsgraden sammenlignet med kogenereringsanlegg basert på stempelmotor skyldes at turbinen er avhengig av minst mulig motstand i eksosanlegg og har øvre begrensninger på innløpstemperatur til turbinhjulet. Turbinen produserer 100kW ( $\pm 3$ kW) strøm og 155kW ( $\pm 5$ kW) varme ved maksimal belastning. Den er selvsagt alt for stor for Gjesdal Gard, men den gir en pekepinn for hva som kan forventes av gassturbiner. Dessverre er gassturbiner i en noe høyere prisklasse enn stempelmotorer. Overnevnte turbin koster fra omlag 800 000 til 1 million kroner i følge Mohsen Assadi, emneansvarlig i faget Gassturbinteknologi ved Universitetet i Stavanger.



Illustrasjon 49: Oppbygning av Turbec T100 gassturbin – [www.energytech.at](http://www.energytech.at)

En interessant anvendelse av biogass er som varmekilde til en stirlingmotor. En slik motor baserer seg på gassfylte kammer som varmes og kjøles fra utsiden. En detaljert forklaring av motoren er omfattende og utelates fra oppgaven. Et dansk firma har spesialisert seg på stirling motorer og selger disse til bruk ved varme- og elektrisitetsproduksjon. De kjennetegnes ved mulighet for bruk av flere typer biodrivstoff, lave utslipp, lav støy og enkel konstruksjon. En motor med 35 kW elektrisitetsproduksjon produserer omlag 140 kW varme [55]. En stirlingmotor for forbrenning av biogass koster omlag 145 000kr uten installasjonskostnader og transport. Motoren krever vedlikehold hver 4000 timer, men vedlikeholdet er lite kostnadsintensivt. Motoren har en estimert levetid på 100 000 timer. Ved videre evaluering av biogassanlegg bør stirlingmotor vurderes.





*Illustrasjon 50: Oppbygning av stirlingmotor – [www.stirling.dk](http://www.stirling.dk)*

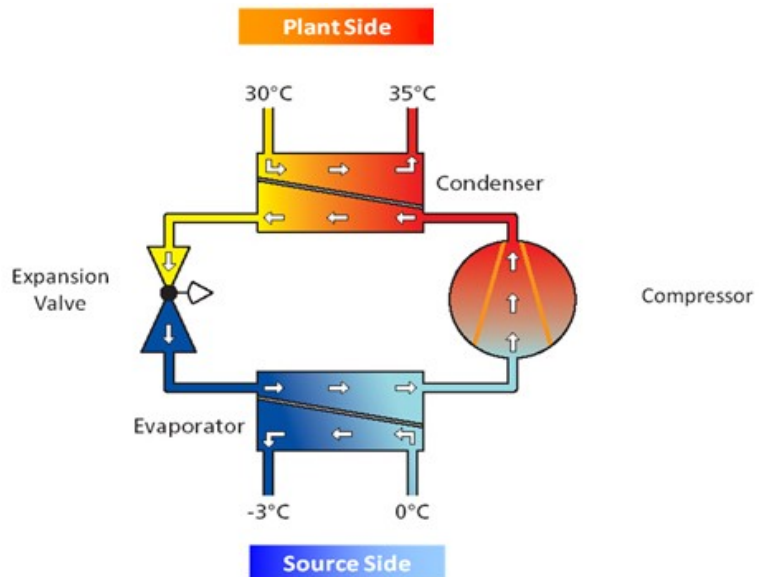
I år med overskudd av fôr kan det bli et reelt avfallsproblem. Hvis silofôr kuttes opp kan det tilsettes biogassanlegget og bli omdannet til flytende gjødsel med høyt næringsinnhold samt store mengder biogass. Slik kan avfallet bli omdannet til en resurs.

Biogassanlegg gir garden større forsyningsikkerhet for både strøm og varme enn de andre anleggene i oppgaven. Hvis strømmen skulle falle ut blir garden forsynt av egenprodusert energi fra kogenereringsanlegget, noe som kan bli viktig på en gard når kyr skal melkes til faste tider og melketanken skal holdes kjølig.

## 9.4 Varmepumpe

### Beskrivelse

En varmepumpe er som et omvendt kjøleskap. Den henter varme fra en kilde med lav temperatur, tilfører elektrisk energi og avgir varmen ved en høyere temperatur. Maskinen består hovedsakelig av en kompressor, en kondensator, en ekspansjonsventil og en fordampner. Kjølemediet er ofte av typen R-134a, som har gunstige termiske egenskaper i forhold til fordampning og kondensasjon. Flytende medie får redusert trykk når det passerer ekspansjonsventilen. Kjølemediet kommer til fordampneren med lav temperatur. Der blir det tilført varme slik at det fordampner. I kompressoren økes trykket og temperaturen. Når gassen kommer til kondensatoren blir den avkjølt slik at den kondenserer. Fra kondensatoren går væske til ekspansjonsventilen og prosessen gjentar seg. Avgitt varme fra en varmepumpe er summen av tilført varme og elektrisitet, med fratrukket for mekaniske og termodynamiske tap



Illustrasjon 51: Prinsippskisse av varmepumpe – [www.icsheatpumps.co.uk](http://www.icsheatpumps.co.uk)

I en større varmepumpe er kompressor, fordampner, ekspansjonsventil og kondensator bygget inn i en enhet. Ofte vil både fordampner og kondensator være varmevekslere. Fordampneren vil være tilknyttet en vannkrets med en varmeveksler ved varmekilden. Kondensatoren vil være i boligen og enten direkte avgi varme til luft eller være tilknyttet et anlegg for vannbåren varme, med temperaturer opp til 60°C. Plasseringen av varmepumpa er et viktig element i et anlegg ved Gjesdal Gard. Den kan plasseres sentralt i et ledig rom i driftsbygningen eller i hver av boligene. Forskjellen ligger i kostnadene for tilknytning gjennom rør.

Hvis varmepumpa er satt opp i driftsbygningen vil varmt vann med opptil 60°C måtte transporteres til boligene. For å redusere varmetap må det bygges isolert kulvert for rørene. Kostnaden for kulvert for lav temperatur er beregnet til 88 956kr i kapittel 7. Fordelen med plassering sentralt er at en større varmepumpe kan benyttes istedenfor flere mindre. Generelt øker virkningsgraden noe med økende pumpestørrelse, samtidig som energikostnaden synker.

Plasseres varmepumpa i boligen vil oppvarmet vann fra varmeveksleren i fjøset måtte legges i rør til boligen. Temperaturen på det sirkulerte vannet vil være opptil 10°C istedenfor 70°C. Temperaturdifferansen mellom vann og jord vil være mye mindre, med et vesentlig mindre behov for isolasjon. Det har vist seg å være tilstrekkelig å grave ned plastrør til frostfri dybde med steinfri masse rundt rørene [31]. Utgifter spares på å legge rør istedenfor kulvert, men en desentralisert utførelse av anlegget krever en varmepumpe per husstand. Dette kan være mindre effektiv enn å bruke en stor pumpe. Med flere varmepumper vil trolig investeringskostnaden og vedlikeholdsbehovet øke.

### *Fjøsvarmepumpe*

Når fjøsvarmepumper ble introdusert på slutten av 80-tallet var det problemer med korrosjon i varmevekslerne og rørene som ble montert i fjøset. Luften i husdyrrom har høy luftfuktighet, inneholder store mengder organisk støv, CO<sub>2</sub> og ammoniakk. Rør, koblinger og varmevekslere av kobber fikk fort korrosjonsskader. Galvanisert stål og andre daværende overflatebehandlinger av metaller ble erklært uegnede. Ubehandlet aluminium viste seg å være egnet så lenge varmeveksleren jevnlig ble holdt ren og at den var av en konstruksjon som muliggjorde dette. Korrosjon på aluminium oppstod i hovedsak når støv avleiret seg på varmeveksleren og med tiden skapte sure miljøer. Rustfritt stål egner seg i varmevekslere, men også dette kan korrodere hvis det ikke holdes rent. Rustfrie varmevekslere er nesten dobbelt så dyre og har dårligere varmeledningsevne enn kobber og aluminium. Plastikk har ingen korrosjonsmessige problemer, men har en lavere varmeledningsevne enn metaller [56]. I nyere tid har plastikkvarmevekslere blitt et populært alternativ. Enkelte plaster brukt i varmevekslere har en selvrensende effekt gjennom at kondensert vann fra luften renner ned over varmeveksleren og skyller vekk avleiret støv.

Hvis varmeveksleren plasseres i avtrekksluften vil denne redusere ventilasjonsanleggets kapasitet. Derfor er det særlig viktig å holde varmeveksleren ren og dimensjonere den og ventilasjonen for tilstrekkelig luftveksling i fjøset.

En hake med å hente varme fra fjøset er at det forutsetter kontinuerlig drift på garden. Hvis driften mot formodning skulle stanses, ville varmetilskuddet bli sterkt redusert. I prinsippet ville anlegget blitt degradert til en luft-vann varmepumpe med svært lang avstand mellom komponentene.

### *Energiptensiale i fjøsvarme*

Varmen dyrene avgir er hovedkilden for varme i fjøset. Varmen går til å dekke transmisjonstap gjennom bygget og til å varme opp ventilasjonsluft. Ventilasjonsanlegget er termostatstyrt for å holde en jevn temperatur inne i fjøset. Det betyr at ventilasjonen skaper en likevekt, slik at avgitt varme fra dyra er lik summen av transmisjonstap og ventilasjonstap.

Avtrekksluften blåses rett ut i friluft, og tilluften kommer inn gjennom åpne vinduer. Optimal temperatur i husdyrrom for melkeproduksjon er 8-15°C [52]. Temperaturen holdes innen dette området gjennom hele året. Det er derfor trygt å anta at avtrekksluften vil ha en temperatur i nærheten av dette, noe som bekreftes av varmefotografier. Straks temperaturen ute synker lavere enn fjøsets kaldeste innetemperatur vil det begynne å lønne seg å hente varme fra fjøset istedenfor luft ute. Fordelen øker med økende temperaturforskjell, særlig fordi varmepumper mister effektivitet med synkende temperatur.

Et estimat for varmeavgivelse fra husdyrene i fjøset på Gjesdal Gard er gjengitt i tabell 38. Hvis dagsproduksjon deles på antall årskyr og dager i melkesesongen, gir hver ku i gjennomsnitt 20,2 liter ved hver melking. Naturligvis vil det være enkelte som produserer mer enn andre, derfor antaes det at halvparten av kyrne er på 400kg mens resten er på 500kg. I vinterhalvåret antaes kalver til å være 200kg og kviger 300kg, for å unngå et overoptimistisk estimat. Antallet årskyr rundes av til 32, resten av båsene i fjøset er tatt opp av kviger. Det antaes at én bås er ledig, ettersom dette har vært en tendens tidligere år.

Dyreslag	Vekt (kg)	Antall (stk)	Fri varmeproduksjon vinter (W)	Sum varmeproduksjon (W)
Ku, 10l melk/dag	400	0	615	0
Ku, 10l melk/dag	500	0	685	0
Ku, 15l melk/dag	400	0	700	0
Ku, 15l melk/dag	500	0	775	0
Ku, 20l melk/dag	400	16	790	12640
Ku, 20l melk/dag	500	16	860	13760
Kalver	200	6	348	2088
Kvige	300	13	460	5980
Kvige	400	0	575	0
<b>Sum</b>		45 + 6		34468

Tabell 38: Varmeavgivelse fra husdyr i fjøs på vinterstid med 10°C romtemperatur [52]

Fra tabell 38 er det synlig at dyrene til sammen avgir 34kW varme om vinteren, mer detaljerte beregninger må til for å avdekke hvordan den genererte varmen fordeles. Det er ikke lett å anslå hvilken effekt som kan hentes ut av fjøsvarmen, men det er grunn til å tro at verdien må ligge under 34kW. I ITF Rapport 68/1995 [8] er et anlegg med fjøsvarmepumpe evaluert. En varmepumpe med avgitt effekt på 10kW (-5°C/45°C) er installert i fjøset for å varme opp boligen. Fjøset er et båsfjøs på 300m<sup>2</sup> med 28 melkekyr og noen ungdyr. I løpet av ett år avga varmepumpen 42 464kWh til våningshuset, uten å påvirke inneklimate i fjøset negativt. Selv med utetemperaturer under -20°C kunne varmepumpen levere tilstrekkelig effekt. Varmepumpen var overdimensjonert og hadde derfor bare en varmeeffektivitetsgrad på 2,1. Korrekt dimensjonerte varmepumper dekker 60-80% av årsforbruket av varme, da kan en varmeeffektivitetsgrad på over 3 oppnås. Gjesdal Gard har flere dyr og større fjøs, men også et større varmebehov enn eksempelet.

Som nevnt tidligere inneholder avtrekksluft mye vanndamp, derfor kan ising i varmeveksleren bli et problem. Dette er tidligere løst med frostvakt som kontinuerlig måler temperaturen etter varmeveksleren og som eventuelt tilfører ekstra varme i luften når det er behov for det.

*Kostnadsestimat*

Fjøsvarmepumper er tilsynelatende svært lite utbredt i Norge, til tross for flere referanseanlegg fra begynnelsen av 90-tallet. Etter en langvarig søken, ble det funnet enkelte norske forhandlere av varmepumper som hadde erfaring fra installasjoner i fjøs, men ingen hadde kapasitet til studieoppgaver. I Danmark finnes et par større leverandører av anlegg for fjøsvarme, men også de hadde begrenset kapasitet. Søren Jensen ved KH Nordtherm kunne meddele at en 15kW varmepumpe med 2 opptagere i fjøset vil koste omlag 150 000 kroner inklusive montasje. Dette forutsetter at varmepumpen monteres i fjøset, og vil derfor tilkomme kulvertkostnader og kostnader for distribusjonsanlegg som nevnt tidligere. Det antas at rørleggerkostnader for tilknytning er inkludert i denne prisen. Etersom distribusjonsanlegget erstatter noe av behovet for materiell for elektrisk oppvarming antas det 15 000 kr i reduserte utgifter for oppvarming i TEK 10 huset.

En fjøsvarmepumpe tilknyttet vannbåren varme klassifiseres som luft-vann varmepumpe. Det kan søkes om støtte hos flere, deriblant Enova og Innovasjon Norge. For private gir Enova inntil 10% eller 10 000kr i investeringsstøtte. Det kan også søkes støtte hos Enova under «forenklet varmesentral for næring». Der tilbys støtte inntil 40% av investering, 1100kr/kW effekt eller 100 000kr. Den tilsynelatende beste støtteordningen tilbys av Innovasjon Norge for gardsvarmeanlegg. Støtten er inntil 35% av investeringskostnad, men det er noe usikkert om varmepumpen blir godkjent som et gardsvarmeanlegg. Videre antas det at anlegget godkjennes som gardsvarmeanlegg. Det antas, som for flisfyringsanlegg og biogassanlegg, at støtten også dekker kulvert og varmeveksler i bygninger. Anlegg for varmedistribusjon i bygninger tilkommer etter støtten er beregnet. En beregning av investeringen er vist i tabell 39.

<b>Investeringskostnader</b>	<b>Kr</b>
Fjøsvarmepumpe ferdig installert	150000
Kulvert og varmeveksler	108956
<b>Sum</b>	<b>258956</b>
Enova støtte 35%	-90635
Redusert utgift el oppvarming TEK 10 hus	-15000
Varmedistribusjon i bygninger	113000
<b>Sum</b>	<b>266321</b>

*Tabell 39: Investeringskostnader ved fjøsvarmepumpe*

Med bakgrunn i investeringen i tabell 39 er lønnsomheten av en fjøsvarmepumpe beregnet i vedlegg AW. Det forutsettes et årlig oppvarmingsbehov på 49 123kWh, og en COP verdi på 3,8. Dermed må varmepumpen tilføres 12 927kWh elektrisk energi for å avgi nødvendig varme. Det antas at innkjøpt energi til varmepumpen er fritatt for merverdiavgift. Driftskostnader for varmepumpen består av 266 kr til pumpekraft i kulvert, 10 303kr til strømforbruk i varmepumpe og 5326kr til vedlikehold av varmepumpen. Vedlikehold innebærer hovedsakelig rengjøring av varmeveksleren, men også periodisk service. Varmepumpen erstatter 43 324kWh elektrisk oppvarming, hvorav 8506kWh er i verkstaden. Det antas at varmepumpen har 20 års levetid og at utrangeringsverdien er 10% av samlet investering, som blir omlag 37 000 kr. Med strømpris på 41 øre/kWh, ingen

grønne sertifikater og 9% kalkulasjonsrente blir netto nåverdi etter 20 år -79 806kr. Hvert år går anlegget med et underskudd på 9466kr.

I vedlegg AX vises hva som er nødvendig for lønnsom drift av varmepumpen. Med strømpris på 50 øre/kWh og 21 øre/kWh i grønne sertifikater oppnår anlegget lønnsom drift. Støtten er beregnet for erstattet strømforbruk fratrukket nødvendig strømforbruk til varmepumpa.

Ettersom varmepumpa bruker relativt mye strøm i forhold til andre alternativer, er innsparingen meget begrenset. Varmetap i kulvert blir andelsvis dekket av elektrisk oppvarming, mens det i sin helhet blir dekket av bioenergi i flisfyringsanlegg og biogassanlegg. Den samlede investeringen er relativt stor i forhold til varmepumpens avgitte effekt. For at lønnsomheten skal bli bedre må minst en av følgende faktorer forbedres; COP verdi, kostnad, strømpriser eller driftsstøtte. Det er mulig at varmepumpen kunne ha hatt bedre lønnsomhet om den dekket forvarming av varmtvann.

### *Muligheter*

En varmepumpe kan hente varme fra mange kilder. Tradisjonelt henter varmepumpen varme fra luft ute og varmer opp luft inne i boligen. En forholdsvis nyutviklet og stabil kilde er varme fra jorden. Det kan innebære bergvarme, varme i grunnvann og varme fra jordlag under frostfri dybde. I anlegg for bergvarme eller varme for grunnvann bores brønner ned i grunnen og rørsloyfer for uthenting av varme legges i. I Norge øker temperaturen i berggrunnen med 20°C/km [57], men allerede fra 10 meter nedi fjellgrunnen er varmen stabil på rundt 7 °C hele året. For å gjøre varmen tilgjengelig bores vanligvis ett eller flere hull til 60 - 200 meters dybde [58]. Varmen i grunnvann er lettere tilgjengelig, ettersom vannet ofte er relativt nært jordoverflaten.

De overnevnte kildene sikrer en stabil temperatur til fordamperen og dermed kan varmepumpen ha en jevn effekt tilnærmet uavhengig av utetemperatur. Slike løsninger er under stadig utvikling, men er forholdsvis dyre. Gjesdal Gard står på en tykk morene av sand og leire. Det er spesielt dyrt å bore i løsmasse ettersom det krever innsetting av stålrør, for å forhindre at veggene i brønnen raser sammen. Det er derfor grunn til å tro at jordvarme i form av en nedgravd kollektor i frostfri dybde er et mer lønnsomt alternativ for Gjesdal Gard.

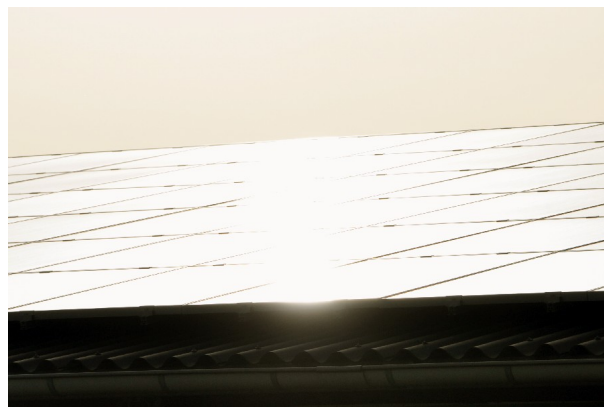
En mindre kostnadsintensiv kilde til varme er utnyttelse av spillvarme. Varmepumpe knyttet til fjøsets ventilasjonsluft er ett alternativ som allerede har blitt analysert. Avløpsvann fra hus og fjøs er også en potensiell kilde. Det samme gjelder for dyrenes avføringsanlegg. En kjølesloyfe montert i gjødselrenna bak dyrene utnytter varmen fra dyrenes avføring samtidig som utslipp av vanndamp og ammoniakk i fjøset reduseres noe [59]. Varmefotograferingen viste at gjødsellageret var betydelig oppvarmet selv i vinterhalvåret. Uthenting av varme fra gjødsellager skal gjøres med forsiktighet ettersom det kan by på store problemer om gjødsla fryser til is. Nedkjøling av gjødsla vil bremse opp forråtnelsesprosessen som foregår.

Husdyr som svin og fjærkre har et behov for varmetilskudd, i motsetning til storfe. I slik drift kan det være gunstig å montere et ventilasjonsanlegg med varmeveksler som forvarmer innkommende luft til fjøset. Dessverre er det vesentlig mer støv ved både svinehold og fjærkre, noe som gjør renhold av varmevekslere meget arbeidsintensivt.

## 9.5 Solenergi

### Beskrivelse

Anlegg basert på solenergi utnytter energi fra solstrålene til elektrisitetsproduksjon eller oppvarming av varmtvann. Solcellepaneler består grovt sett av halvledere av silisium som produserer elektrisk spenning når de blir belyst. Solfangere er bygd opp på forskjellig vis, men alle prinsipper baserer seg på å fange varmen fra sola og bruke den til å varme opp luft eller vann. I vakuummør solfangere blir en tynn kobbertråd eller et kobberør oppvarmet av sollyset. Kobbertråd avgir varme til vann endene av fangeren mens rør avgir varmen direkte når vann ledes gjennom røret. Platesolfangere er bygd opp sjiktvis. Ytterste sjikt er et gjennomsiktig dekklag, deretter kommer en mørk absorbatore som tar opp varmen fra sola. Vann ledes over eller gjennom absorbatoren og tar dermed opp varme. Bakerst er et lag med isolasjon som reduserer varmetap til omgivelsene.



Illustrasjon 52: Solcellepanel på tak – Harald Kotthaus 2011

Karakteristikken til anlegg for solenergi er omtrent omvendt av energiforbruket på Gjesdal Gard. For passivhus konkluderer SINTEF Byggforsk med at det er lite potensiale for utnyttelse av solvarme for romoppvarming [60]. For hus med høyere oppvarmingsbehov kan solvarme være nyttig, men anlegget lider fortsatt av liten produksjon når behovet er høyest. *Solvarmeanlegg betraktes derfor bare som aktuelle hvis det er et betydelig varmebehov i sommermånedene. Ved Gjesdal Gard gjelder det i hovedsak oppvarming av varmtvann, men grunnet Tarjeis preferanser ansees det som lite aktuelt og vil heretter ikke bli vurdert videre i oppgaven.*

Elektrisitetsforbruket på garden henger sammen med utetemperatur ettersom det blant annet brukes elektrisitet til oppvarming av hovedhuset. I sommermånedene er det minimalt strømforbruk i fjøset ettersom dyra er på beite. Det betyr at behovet for elektrisk energi er betydelig lavere på sommeren enn om vinteren, men siden overskudd av elektrisitetsproduksjon kan selges er det interessant å vurdere solcelleanlegg.

Anlegg for produksjon av elektrisitet fra solceller klassifiseres som frittstående systemer eller nettilknyttede systemer. Frittstående systemer opererer uten å være tilknyttet et sentralt strømmnett og går gjerne på lav likestrøm som 12V eller 24V. Frittstående systemer bruker vanligvis batterier for å magasinere energien. Nettilknyttede systemer er nødt til å ha samme spenning som det lokale strømmettet, denne er vekselstrøm og kan være 220V eller 400V. I nettilknyttede systemer er det ikke vanlig med batterier, ettersom strøm fra nettet blir brukt når solcellene ikke produserer. For Gjesdal Gard er det bare aktuelt med nettilknytning.

Produsert strøm må brukes når den genereres, ellers må den selges. Det er mest lønnsomt å bruke egenprodusert elektrisitet. Dette er vanskelig å oppnå. Ofte ender det opp med at en stor andel blir solgt, samtidig som store mengder blir kjøpt tilbake på andre tidspunkt. Dette kommer direkte av forskjell mellom forbruks og produksjonsmønster samt problemer med lagring av energi. Ideelt sett bør energikrevende utstyr opereres i dagslys når solcellene produserer strøm. Hvis elektrisk varmtvannsbereider benyttes kan det være gunstig å kjøre denne med et tidsur slik at den hovedsakelig varmer opp om dagen.

Solcellepaneler er bygd opp av Silisium, jordskorpens nest hyppigst forekommende grunnstoff etter oksygen [61]. Til tross for store forekomster er det krevende å utvinne ren silisium som kan brukes til å lage solceller. Det finnes flere typer solceller. 90% av alle produserte solcellemoduler består av mono- eller multikrystallinske silisiumceller. Disse består av små plater av silisium, også kjent som «wafers» som er sagt ut av massive blokker av silisiumkrystaller. Monokrystallinske solceller kjennetegnes ved at waferene er skåret ut av blokker bestående av bare én krystall. Disse cellene har generelt lavere tap enn andre celletyper og har normalt en virkningsgrad på 14-16% [36]. Virkningsgraden for solcellepaneler er definert som produsert elektrisitet av andelen tilført solenergi. Fremstillingen av monokrystallinske wafers er vanskeligere og mer kostnadsintensiv, derfor koster monokrystallinske solcellemoduler mer enn andre moduler.

Multikrystallinske solcellemoduler består av wafers skåret ut fra flercellede blokker. Disse er rimeligere, men har en virkningsgrad på 13-14%. Både multikrystallinske og monokrystallinske moduler består av flere celler satt sammen i en ramme som beskytter cellene og gir modulen styrke. Hver celle gir en spenning på bare 0,3-0,6V, derfor består en modul av 50-70 celler som er seriekoblet. For å kunne utnytte energien fra modulene i et nettilknyttet system må spenningen økes og omgjøres til vekselstrøm. Dette gjøres i en vekselretter. I tillegg til moduler og vekselrettere trengs en frikoblingsbryter, energimålere som måler energi som er produsert og brukt, samt noe koblings- og monteringsutstyr [36]. Anlegg med krystallinske solcellemoduler har meget lang levetid. Flere produsenter gir 10 års garanti for panelene samt garanti om 80% av spesifisert effekt etter 25 års bruk [59].

En tredje type solcellepaneler er tynnfilmceller, som består av svært tynne lag med fotovoltaisk materiale som blir dampet på et substrat. Lagene er så skjøre at substratet er en nødvendighet for å gi modulen nok styrke til å tåle normale belastninger. Produksjonsprosessen muliggjør produksjon av større flater i en operasjon, samt at den benytter rimeligere råvarer og har mindre restprodukter og avkapp. Tynnfilmceller har en typisk virkningsgrad på 6-9%, men strømproduksjonen er mindre følsom for skyer [36]. Enkelte typer tynnfilmceller har en levetid på 10-15 år.

Effekten av et solcelleanlegg angies i kWp, som betyr «kilowatt peak», altså maksimalproduksjon under ideelle forhold. Dette forekommer sjelden, men er avgjørende for dimensjonering av kabler og vekselrettere for å unngå overbelastning.

Optimal energiutnyttelse av solen oppstår når panelet står vinkelrett på solstrålene. Ettersom solinnstrålingen forflytter seg i løpet av dagen, og solens høyde på himmelen varierer med årstiden bør moduler ideelt sett være leddet om horisontal og vertikal akse. Dette gir en meget dyr investering og dårlig utnyttelse av areal, ettersom paneler må plasseres med stor avstand så de ikke skygger for hverandre. Optimal helningsvinkel for fastmonterte solcellepaneler er mellom 40° og 50°, gitt at panelet er orientert mot sør. Plasseres panelet vertikalt gir dette en reduksjon på 25% av årlig energiproduksjon. Samme tap oppstår hvis panelet plasseres rett mot øst eller vest. 45° sør-øst eller sør-vest gir bare 5% reduksjon i årlig produksjon [60].



### *Energipotensiale*

Garden har to store takflater orientert 19,5° mot sør-øst. Dette er på redskapsuset og på fjøset, og på disse bygningene representerer solcellepaneler ikke et estetisk problem. I løpet av kommende år må taktekingen på begge bygninger utbedres. Det finnes solcellepaneler som kan erstatte vanlig takteking. En hake er at et hjørne av fjøstaket er utsatt for skygge fra et meget stort nærliggende tre. Mer kritisk er at solen i vintermånedene forsvinner bak et stort fjell som ligger rett sør for garden.

Enova estimerer årlig solinnstråling for sørvendte flater i Rogaland til 980kWh/m<sup>2</sup> for en horisontal flate og 1140kWh/m<sup>2</sup> for en flate vinklet 30° fra horisontalen [40]. Tallene er basert på gjennomsnitt av verdier for Kristiansand og Oslo. Årlig solinnstråling varierer med ±5% per år [36].

Verkstaden og redskapshuset har 142 m<sup>2</sup> takflate med 28° helning. Med solcellepaneler med 14% virkningsgrad og 15% tap i kabler og vekselrettere vil takflaten kunne gi inntil 19 260kWh strøm. Tilsvarende for fjøstaket med 300 m<sup>2</sup> og 39° graders helning gir det et øvre potensiale på 40 700kWh. Gitte resultat forutsetter en helt sørvendt flate uten skygger. Differansen på -2° og +9° helning mellom gitt verdi og faktiske verdier er neglisjert. Påvirkning av skyer har ikke blitt nevnt i kildene, det antas derfor at det i årlig solinnstråling er tatt høyde for antall soltimer for området. Det er her heller ikke tatt høyde for tapt utbytte grunnet skygge fra trær og nærliggende fjell. Det er antatt at hele den sørvendte takflaten på bygningene dekkes med solceller. Det er dermed ikke tatt hensyn til ikke-produktivt areal som karmen og monteringsmateriell.

For å sette vurderingen i perspektiv, vil et overnevnte solcelleanlegg være på 442 m<sup>2</sup> og ideelt sett gi 59 960kWh. Norges største solcellepanel (per 2008) finnes på operaen i Oslo, hvor ca 300m<sup>2</sup> med solcelleintegreert glass dekker den vertikale fasaden mot syd. Panelene er monokrystallinske med 16% virkningsgrad og har en samlet maksimaleffekt på 35kW ved 1000W/m<sup>2</sup> solinnstråling. Det er estimert at solcelleanlegget vil produsere 20 600kWh per år. Panelene er montert på en vertikal flate for å virke som solskjerming i tillegg til å produsere energi. For å kunne sammenlignes med estimatet for Gjesdal Gard er årlig utbytte per kvadratmeter beregnet. Tallene for Gjesdal tilsvarer omlag 136kWh/m<sup>2</sup> mens det for Operaen er beregnet til 68,7kWh/m<sup>2</sup>. Korrigeres tallet for operaen for 25% tap grunnet vertikal flate gir det 91,6kWh/m<sup>2</sup>. Differansen mellom estimert produksjon på Gjesdal og produksjon på Operaen i Oslo er så drastisk at ytterligere undersøkelse er nødvendig. Det er meget sannsynlig at de innledende forenklingene har stor innvirkning på det faktiske resultatet.

Etter veiledning av Christian Heinlein ved REC Solar AS gjøres et mer realistisk estimat, med grunnlag i REC230PE multikrystallinske solcellemoduler. Hver modul er på 1,65 m<sup>2</sup>, slik at det blir plass til maksimalt 86 moduler på verkstaden og redskapshuset, og hele 180 moduler på fjøset. Hver modul har en effekt på 170 kWp med toleranse +5% / -0%. Virkningsgraden for modulene er 13,9%. Maksimal effekt for anlegget blir dermed 45,2 kWp. Til estimering av årsproduksjon anbefalte Christian Heinlein hjemmesidene til JRC European Commission [62], hvor det er mulig å få et gratis estimat for forventet produksjon for en gitt plassering. Estimater baseres på koordinater, kjente topografiske data og måledata fra værstasjoner. Anslått solinnstråling blir korrigert for temperatur, helningsvinkel, orientering fra syd og skyggeeffekter av topografi. Også til denne metoden er det knyttet en del usikkerheter, ettersom store avstander mellom målestasjoner gir store områder med interpolerte verdier. Dessverre er ikke nøyaktigheten av gitte data kvantifisert. Videre i oppgaven brukes dette som et absolutt estimat for produsert energi.

86 moduler på taket på redskapshuset har mulighet for en årsproduksjon på 11 000kWh, mens de 180 modulene på fjøstaket har et potensiale på 23 100kWh. Se vedlegg AY og AZ. Samlet

årsproduksjon blir dermed 34 100kWh. Utbyttet per kvadratmeter belagt med solceller er 77,7kWh/m<sup>2</sup>. Modellen tar høyde for at det i vintermånedene blir lite sol på takene, ettersom fjellet i sør lager skygge. Se graf merket med «Outline of horizon with sun path for winter and summer solstice» i vedlegg AY og AZ. På grunn av skygge er gjennomsnittlig månedsproduksjon estimert til bare 270kWh i Desember, mens den i Juni når hele 5360kWh for anlegget. Det er knyttet en del usikkerheter til beregningene. De må avdekkes i en profesjonell prosjektering av et eventuelt anlegg.

Estimert årsproduksjon fra anlegget har blitt redusert med 40% fra 56 960kWh til 34 100kWh. Tidligere var estimert utbytte 136kWh/m<sup>2</sup>, det er korrigert til 77,7kWh/m<sup>2</sup>. Sammenlignet med verdier for Operaen i Oslo virker resultatet troverdig, særlig med tanke på skyggeforholdene om vinteren. Selv med store fratrekk på grunn av skygge har Gjesdal Gard dermed mulighet til å bli innehaver av Norges største solcelleanlegg både i areal og årsproduksjon. Det hele avhenger av investeringsvilje og følgende lønnsomhetsberegninger. Anlegget på operaen er forøvrig levert av Schüco International KG, og prosjektet hadde en kostnadsramme på 2,8 millioner kroner. Schüco ble kontaktet i sammenheng med oppgaven, men de gav aldri noen tilbakemelding.

### *Referanseanlegg*

I begynnelsen av April ble det i sammenheng med oppgaven foretatt en utflukt til Tyskland for å overvære Hannover messen og for å få erfaringsdata fra et eksisterende solcelleanlegg. Anlegget eies av Harald Kotthaus og ligger utenfor Heiligenhaus, en liten by i nærheten av Düsseldorf i Nordrhein-Westfalen. Anlegget har vært i drift siden slutten av Oktober 2010 og er montert på en relativt ny lagerhall, som vist i illustrasjon 53. Taket er på 30x11 meter per side og er orientert 60° sør-øst. Helningsvinkelen på taket er 15°. På taket er det montert solcellemoduler med effektivt areal på 212m<sup>2</sup>. Modulene har en samlet effekt på 29,9kWp. Anlegget var ønsket bygget større, men tilførselskabelen til garden var begrensende. Anlegg over 30kWp har noen høyere krav til sikkerhet og utstyr som skaper et sprang i lønnsomhet.



*Illustrasjon 53: 30kWp Solcelleanlegg hos Harald Kotthaus*

Anlegget er levert av REW Solar, en tysk leverandør spesialisert på høytytende krystalliske moduler, effektive vekselrettere og mikromorfe tynnfilmmoduler. De installerte modulene er monokrystallinske av typen Sunguide 230 Premium Plus 9%. Vanlige moduler har en toleranse på  $\pm 5\%$  på levert effekt, disse har en toleranse fra  $-0\%$  til  $+9\%$ . Hver modul kan produsere 230W, det er installert 130 stykker. REW Solar gir 10 års produktgaranti, samt garantier for 90% ytelse etter 25 år og 80% ytelse etter 30 år. Anlegget kostet totalt 88 000 Euro ferdig installert, med datidens kurs svarer det til 707 500kr + mva.

Anlegget kunne produsert 28 405kWh per år, men det er fratrukket 9% på grunn av avvik fra sør og 0,75% på grunn av takvinkelen, slik at estimert energiproduksjon er 25 636kWh/år. Harald Kotthaus påpeker at anlegget var vesentlig dyrere enn konkurrenters tilbud, men det ble valgt fordi modulene kom meget godt ut i et uavhengig test tidsskrift. Leverandøren av anlegget hadde også det beste garanti tilbudet, men i ettertid bemerkes det at garantien forutsetter at leverandørens firma fortsetter å eksistere ut anleggets garantiperiode.

Anlegget er utstyrt med 6 vekselrettere. Disse er plassert i kjelleren på boligen, drøyt 200 meter fra anlegget. De kunne ha vært plassert i hallen, men hovedinntaket for strøm er i boligen. Energitalpet ble minst ved å føre strømmen til boligen med lav likespenning istedenfor 220V vekselstrøm.

I Tyskland støttes energiproduksjon fra solcellepaneler. Markedspris for elektrisitet er 19 Cent/kWh (1,48kr/kWh), mens produsert strøm fra solceller selges for 34,05 Cent / kWh (2,66kr/kWh). Hvis strømmen brukes selv påfaller det ikke noen direkte kostnader, men forbruket blir støttet med 17 Cent /kWh, slik at innsparing ved eget forbruk er 36 Cent (2,81kr/kWh). Alle data er gitt av anleggets eier. Kurs for beregningen er 7,8 NOK per Euro.

Per 11.04.2011 hadde anlegget produsert 5969kWh, hvorav 1617kWh var brukt på garden. De resterende 4352kWh var dermed solgt. Inntekter fra strømsalg er estimert til 11 558 kr. Sparte utgifter inklusive støtte for egen brukt strøm er estimert til 4541 kr. Leverandøren har estimert en nedbetalingstid på 10 år for anlegget.

### *Kostnadsestimat*

Som for andre anlegg ble det også for solceller sendt ut forespørsler for å hente inn spesifikk informasjon og pris. Dessverre var tilbakemeldingen blant norske leverandører liten. Utenlandske leverandører er generelt avvisende til å gi estimater for prosjekter utenfor deres kjente landområde.

Beregning av lønnsomhet uten kostnader er noe amputert, men det er mulig å beregne en maksimal anleggskostnad hvis strømpriser, levetid og betingelser for finansiering er gitt. Slik kan lønnsomhet av fremtidige prisestimater enklere vurderes.

Det antas at driftskostnader for solcelleanlegg er 2000kr/år, som innebærer arbeidstid for rengjøring og forsikring. Overstående estimat basert på data fra JRC angir årlig strømproduksjon til 34 100kWh. Det antas at omlag 30% av årlig produsert strøm blir direkte benyttet på garden, resten av produksjonen selges. Dimensjonerende effekt for anlegget er estimert til 45,2 kWp. Det antas 40 000 kr som en engangskostnad for legging av større strømkabel til garden og oppgradering av utstyr i stømskap. Strømpris, nettleie, lånerente og kalkulasjonsrente er som gitt i begynnelsen av kapittelet. Det er ikke tatt hensyn til redusert produksjon grunnet aldring av solcellene. Muligheten for grønne sertifikater er tatt med, men støtten er innledningsvis satt lik 0. I tilfellet støtte utbetales, antas det at det gis støtte både for energi som er solgt og energi som er brukt selv. Det antas at energi som brukes selv ikke tilfaller merverdiavgift. Nedbetalingstid for

investeringen settes til det samme som anleggets levetid, 25 år. Det antas at anlegget vil fortsette å produsere en redusert mengde strøm selv etter at levetiden er gått ut. Anlegget har sannsynligvis en materialverdi ved resirkulering. Disse faktorene tillegges som anleggets utrangeringsverdi på 50 000 kr. En beregning av årlig kontantstrøm og netto nåverdi vises i vedlegg AÆ. For overnevnte betingelser er maksimal investering som fortsatt gir lønnsom drift omlag 164 000kr etter fratrukk for oppgradering av strømkabel. Resultatet virker meget lavt.

For å finne et noenlunde brukbart estimat for anleggskostnaden beregnes anleggskostnad per m<sup>2</sup> solceller for referanseanlegget. 707 500kr + mva dividert med 212 m<sup>2</sup> gir 3337 kr/m<sup>2</sup>. Vanligvis er det grunn til å anta redusert kvadratmeterpris ved større investeringer, her neglisjeres dette ettersom det ikke er noe data tilgjengelig for reduksjonen. Generelt høyere prisnivå i Norge og økt transport i forhold til Tyskland støtter denne antakelsen. Med gitte pris ville anlegget på Gjesdal Gard kostet omlag 1,46 millioner kroner + mva og oppgradering av kabel. I vedlegg AØ er det vist en endret versjon av forrige lønnsomhetsberegning, som viser hva som er nødvendig for å kunne møte en anleggskostnad på 1,46 millioner kroner. Hvis andre faktorer holdes konstant vil strømpris på 50 øre/kWh og grønne sertifikater på omlag 2,91 kr/kWh gjøre investeringen lønnsom. Slik de grønne sertifikatene er estimert vil en økning i strømpris kunne utlignes av en tilsvarende reduksjon av grønne sertifikater. Samlet energipris for lønnsom drift blir 3,41 kr/kWh + nettleie og mva. Et langt stykke fra dagens nivå, også etter Tyske forhold. Kostnaden tilsvarer 43,7 Cent/kWh, som er nærmere 30% mer enn hva referanseanlegget i Tyskland mottar.

Uten å spesifisere noen videre detaljer anslår Helge Engebø ved GETEK AS at et nettilknyttet solcelleanlegg på 400 m<sup>2</sup> vil koste omlag 3,2 millioner kroner + mva ferdig installert. Christian Heinlein ved REC Solar AS anslår anleggskostnader på 1,6 til 2,2 millioner kroner for samme anlegg. 1,46 millioner er tilsynelatende et optimistisk estimat. Av dataene ser det ut til at forholdene for nettilknyttet strømproduksjon med solceller for øyeblikket ikke foreligger i Norge. Dette til tross for en relativt stor resurs. Gjennom en kombinasjon av økt strømpris, reduserte investeringskostnader og tilstrekkelige grønne sertifikater kan solenergi bli lønnsomt i fremtiden.

### *Muligheter*

I sammenheng med utbedring av takteking på byggene kan alternativkostnaden med annen takteking fratrukkes investeringen i solceller. Det kan drastisk redusere nødvendig strømpris for lønnsom drift. Dessverre vil prisen på solcelleanlegget øke ettersom modulene og festemateriellet må være av bedre standard enn vanlig.

I sammenheng med strømproduksjon fra solceller ville det trolig vært lønnsomt å kombinere anlegget med en varmepumpe for å redusere eget strømforbruk.

En eventuell installasjon av solcellepaneler må prosjekteres av et profesjonelt firma. De vil ha tilgang på bedre estimater for solinnstråling samt hvor mye som kan forventes av produsert strøm. Her har det ikke blitt vurdert forskjellige typer solcellepaneler med respektive virkningsgrader og kostnader. Der er mulig at tynnfilmmoduler kunne vært et mer lønnsomt alternativ gitt at redusert virkningsgrad ble kompensert med tilstrekkelig reduksjon i investeringskostnad. Nettilknyttede solcelleanlegg fremstår per dags dato som en lite moden teknologi i Norge

## 9.6 Vindenergi

### Beskrivelse

Det finnes primært to typer vindturbiner vertikal og horisontal. Vertikale vindturbiner kjennetegnes av en høy og slank konstruksjon hvor turbinbladene og rotasjonsaksen er vertikale. Vertikale vindturbiner er ikke særlig utbredt i forhold til turbiner av horisontal type, men er ofte rimeligere og mindre følsomme for turbulens. *Vertikale vindturbiner er lite tilgjengelige i ønsket effekt og utelates heretter fra oppgaven.*

Horisontale vindturbiner er den typen som vanligvis assosieres med vindkraft og baseres grovt sett på design fra de første vindmøller, se illustrasjon 55. En rotor festet på en horisontal akse har vanligvis tre vertikale turbinblader. Rotoren er opplagret i et nav som sitter i en nacelle hvor generator og girkasse er plassert. Nacellen er plassert i toppen av et tårn slik at turbinen kommer opp i høyder med sterkere og mer stabil vind enn på bakkenivå.

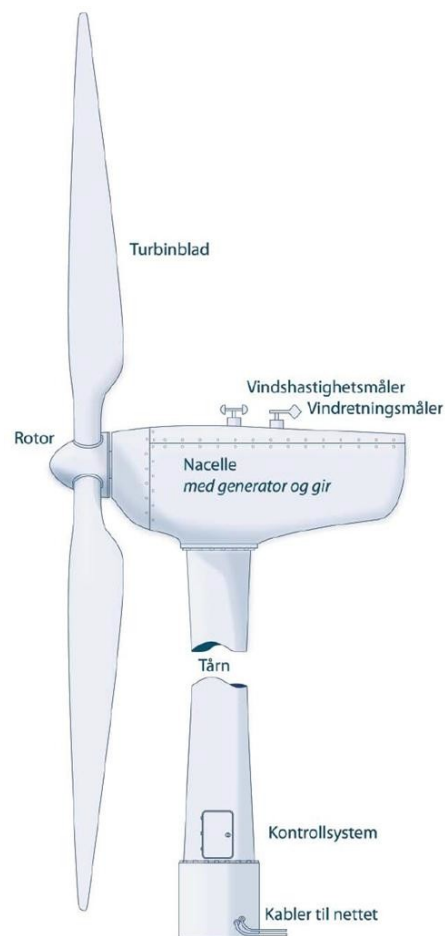
Vindkraften blir utnyttet gjennom turbinblader som er formet slik at vindkraft skaper et dreiemoment om rotoraksen. Rotasjonen av rotoren blir overført til en generator gjennom en girkasse, som sikrer at generatoren opererer i et gunstig turtallsområde. Rotor og generator er montert på en mast og har mulighet til å rotere om aksen på masten for å tilpasses vind fra forskjellige retninger. Masthøyde er avgjørende for hvilket vindlag rotoren plasseres i og bestemmes delvis av lokal topografi og fare for turbulens. Turbulens kjennetegnes ved raske variasjoner i vindhastighet og retning. Turbulens er ikke gunstig for vindturbiner fordi dette representerer en fare for ujevn og tidvis meget høy belastning.

Det estimeres at omlag 1% av årlig solinnstråling til jorda brukes til å sette luft i bevegelse i form av vind. Energimengden i global vind tilsvarer omlag 100 ganger verdens energiforbruk, men bare en liten andel kan i praksis utnyttes [63]. En fordel med vindkraft kontra solenergi er at det produseres som regel mer energi i vinterhalvåret enn om sommeren. Dette sammenfaller bra med energiforbruket på garden.

Vindturbinens maksimale effekt avhenger av rotordiameteren som bestemmer rotorarealet. Rotorarealet er arealet som opptar kraften fra vinden. Kraftproduksjon per areal avhenger av vindhastigheten i tredje potens [64]. Vindturbiner er derfor avhengige av relativt sterk vind for å produsere effektivt. Energiproduksjonen øker med økende vind inntil maksimal vindhastighet for turbinen nås, utover dette må turbinen stoppes. Øvre vindhastighet er bestemt av mekaniske eller aerodynamiske begrensninger i turbinblader, generator eller tårn. NVE har utgitt vindkart for årsmiddelvind i

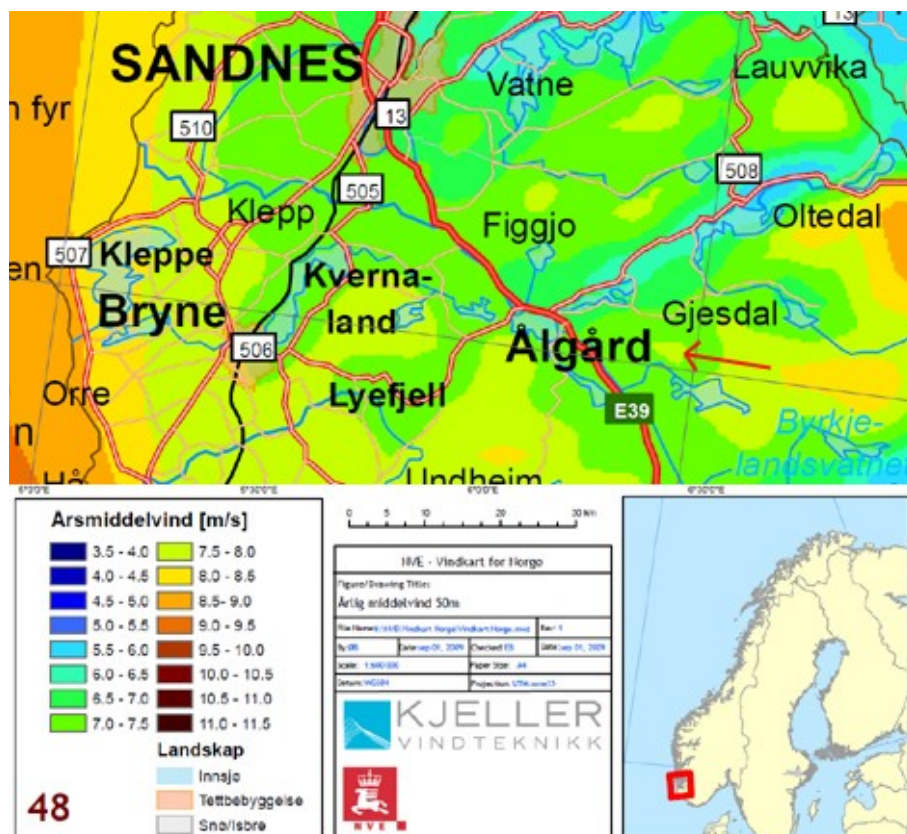


Illustrasjon 54: Radiell vindturbin med vertikal rotasjonsakse – [www.vawts.com](http://www.vawts.com)



Illustrasjon 55: Aksiell vindturbin – [www.fornybar.no](http://www.fornybar.no) - Kim Brantenberg

Norge i hhv. 50, 80 og 120 meters høyde over bakkenivå. Disse kartene har en oppløsning på 1x1km og brukes til å bestemme middelhastighet av vinden i gitte område med en bestemt høyde over bakken. Høyden over bakken sammenfaller ofte med masthøyden på turbinen. Carl Gustaf Rye-Florentz, produksjonsrådgiver ved NORWEA, anbefaler årsmiddelvind over 6,5 – 7m/s i 80 meters høyde for at resursen skal være tilfredsstillende for energiproduksjon. Det høytliggende utmarksområdet ved Gjesdal Gard ligger i en liten lokal sone med 7,5 – 8m/s midlere vindhastighet i 50 meters høyde. Resterende områder på garden har 7 – 7,5m/s i samme høyde [65]. Dataene har en estimert nøyaktighet på  $\pm 10\%$



Illustrasjon 56: Utsnitt av [Kjeller vindteknikk, Vindkart for Norge - Kartbok 1c: Årsmiddelvind i 50m høyde, in Rapport nummer KVT/ØB/2009/038, NVE, Editor. 2009]

NVE har utgitt et vindkart for landet som viser årsproduksjon i 80 meters høyde over bakkenivå. Dette brukes til å estimere antall produksjonstimer ved full kapasitetsutnyttelse, heretter fullasttimer, for gitte område. Antallet fullasttimer er teoretisk beregnet gjennom samlet årsproduksjon dividert med generator effekt. I realiteten sviver turbinen over lengre tid på moderat utnyttelse og har en driftstid vesentlig lengre enn de estimerte fullasttimene. For Gjesdal estimeres det en årsproduksjon i 80 meters høyde på 2800 – 3000 timer per år [66]. Videre i oppgaven brukes laveste verdi, 2800 fullasttimer. Dette er en del av den konservative tilnærmelsen til analyse av lønnsomhet, samt at verdien er gitt for 80 meters høyde. Masthøyde på turbin vil trolig ligge under 50 meter, hvor det er sannsynlig at vindresursen vil være noe lavere. Det er knyttet noe usikkerhet til estimatet for fullasttimer ettersom det avhenger av årsmiddelvind og den enkelte turbinens karakteristikk, noe det ikke er gitt tilstrekkelig data for.

Turbinbladene på en vindturbin tåler ikke ising, da dette forårsaker en ubalanse i vektfordeling på rotorakselen som kan føre til økt slitasje på lager samt fare for resonans. Plassering av turbiner i høytliggende fjellområder er derfor problematisk enkelte steder. På Gjesdal ligger det aktuelle området fra 300 – 400 meter over havnivå, noe som etter forholdene ikke er spesielt høyt. Det estimeres årlig mellom 51 og 100 timer ising for området, hvor ising er større enn 10 gram per time [67]. I verste tilfelle, hvor maksimal ising oppstår under en lang periode med sterk vind vil det kunne gå tapt inntil 100 fullasttimer produksjon.

Oppsetting av en vindturbin i det høytliggende området med skrinn fastmark, les fjell, og mye vind er ikke problemfritt. Det mangler omlag 700 meter vei i terreng som har vanskelig fremkommelighet. Hvis den tilknyttes eksisterende vei hos naboen kan lengden trolig innkortes til omlag 500m. Det gunstige området er omlag 2 kilometer fra garden, slik at en lang tilknytningskabel må påregnes. Nærmeste høyspentlinje ligger omlag 400 meter luftlinje fra eventuell anlegg. Det er dermed mulig å benytte vesentlig kortere kabel hvis turbinen tilknyttes høyspent. Dessverre er det ikke problemfritt. I Norge leverer generatorer vanligvis en spenning på 690 V. Høyspentlinjer er vanligvis på 132 kV, slik at et vindkraftverk må ha en stor transformator. En stor transformator for høyspentlinje har en større investeringskostnad enn en mindre transformator for tilknytning til lavspenning. Det må avklares hvilket alternativ for kabellegging som er mest lønnsomt, med hensyn på investeringskostnad, nettleie og tap. Det må avklares med kraftselskapet hvor høy tilknytningkostnaden er, samt hvordan produksjonen av elektrisitet belønnes.

Som nevnt tidligere produserer vindkraftverk elektrisitet bare en del av året. Dette representeres i anleggets kapasitetsfaktor, som er definert som anleggets fullasttimer dividert på antall timer i et år. Typisk verdi for innenlands installasjoner er i underkant av 30%, som betyr under 2600 fullasttimer. I 2010 var kapasitetsfaktoren for norske anlegg angivelig bare 23,8% [68]. For å utligne variasjoner i kraftproduksjon må det være mulighet for å selge overskuddskraft, og å kjøpe kraft når produksjonen er lav. Dette må avklares med tilknyttet kraftselskap.

En viktig faktor med planlegging av anlegg for energiproduksjon er at anlegg med spenning over 1kV er konsesjonspliktige [69]. Det betyr at for anlegg som skal tilknyttes høyspentlinje må søknad sendes til NVE. Per dags dato er det lang behandlingstid på konsesjoner. Hvis anlegget skal tilknyttes lavspenning på garden er det hovedsakelig nødvendig med byggetillatelse fra kommunen.

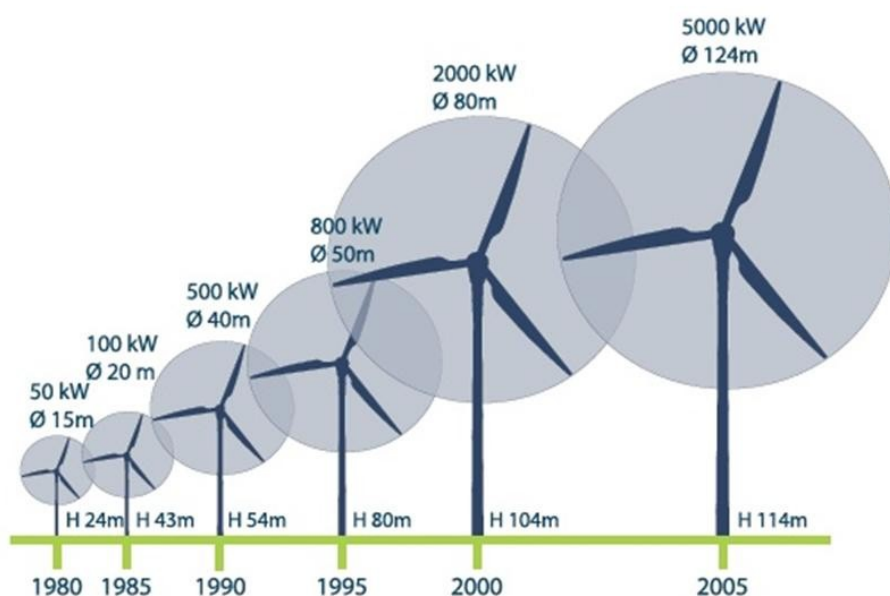
Hensyn som skal taes ved planlegging av vindkraft i utmark er hovedsakelig visuelle og biologiske. Enkelte vil kanskje nevne akustisk støy, men den avtar raskt med avstand til turbinen. Mindre vindturbiner har høyere rotasjonshastighet enn større turbiner, slik at de kan oppfattes som mer visuelt forstyrrende. Vindkraftverket vil påvirke landskapsbildet, men i en avstand på 1,5 til 2 kilometer vil inntrykket ikke være veldig dominerende [70]. Inntrykket avhenger selvfølgelig av enkeltpersoners skjønn. Økt trafikk i utmarksområdet kan oppstå som en effekt av bedre infrastruktur. Dette kan påvirke ville dyr, men i tilfellet på Gjesdal Gard med én relativt liten turbin er dette lite sannsynlig.

I Norge var det ved utgangen av 2010 installert 17 anlegg med over 400kW effekt, som til sammen utgjorde 43,5 MW vindkraft. Gjennomsnittlig turbinstørrelse var nesten 2,2 MW, og årsproduksjonen var 0,7% av landets samlede kraftproduksjon [68].

### Energipotensi

Som vist tidligere har garden et stort område med skrin fastmark i et høytliggende fjellstrøk. Området har grovt estimerte verdier på 7,5 - 8m/s årsmiddelvind i 50 meters høyde, samt en estimert årsproduksjon på 2800 til 3000 fullasttimer per år. For utbygging av vindkraft forutsettes det et årlig elektrisitetsforbruk på 99 200kWh for garden med nytt TEK 10 hus. Et konservativt estimat basert på laveste verdier, forutsetter 2800 fullasttimer og gir en estimert generatoreffekt på 37,1 kW. Denne effekten forutsetter dekning av eget forbruk med laveste vindmengde i 80 meters høyde. Mer vind eller reduksjoner i forbruk fører til økt mengde salgbar strøm og bedre lønnsomhet i anlegget.

Ettersom kostnader per kW effekt avtar med økende størrelse på vindturbinen ansees det som gunstig å vurdere en større turbin for økte inntekter ved salg av elektrisitet. En 45 kW vindturbin av merket WindEn, levert av Wind Energy Nordic, har en rotordiameter på 14,6 meter og en masthøyde på 18 til 36 meter. Gjennomsnittlig størrelse for norske vindturbiner var 2,2MW ved utgangen av 2010. En Vestas vindturbin på 2MW effekt har en rotordiameter på inntil 90 meter, samt en masthøyde fra 80m til 125m. Illustrasjon 57 viser utviklingen av størrelser på turbiner, men benyttes her til å illustrere størrelsen på turbinen som vurderes. Gjeldende Vestas turbin tilsvarende en mellomting mellom 2000 og 2005 nivå, mens turbinen som er aktuell for Gjesdal Gard tilsvarende omtrent 1980 nivå. Illustrasjonen viser hvor liten foreslåtte turbin er i sammenligning med industriell skala. Turbinens forstyrrende effekt på naboer og lignende bør dermed være lav.

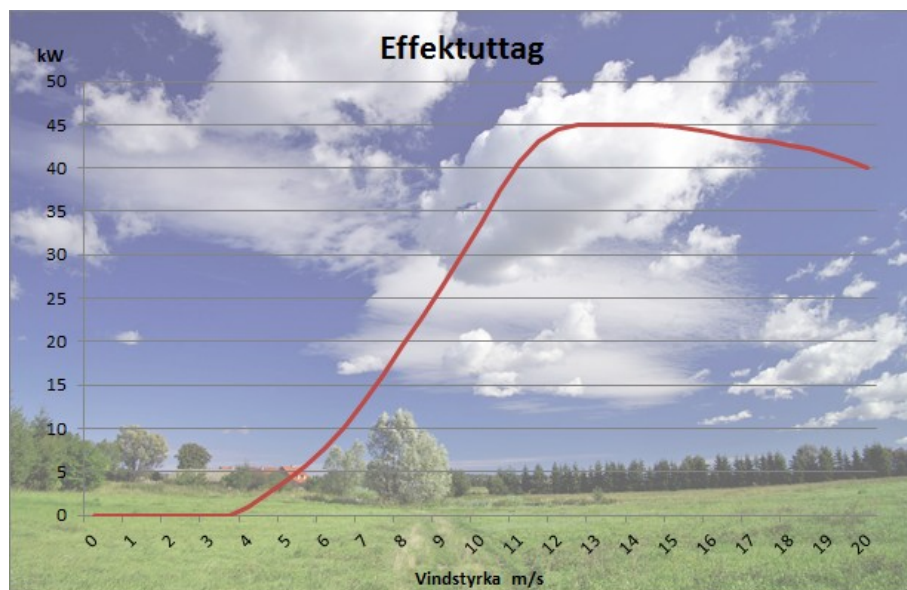


Illustrasjon 57: Utvikling i størrelse og effekt på vindturbiner – [www.fornybar.no](http://www.fornybar.no)

Gjeldende 45 kW turbin estimeres å produsere 121 500kWh ved 2800 fullasttimer med fratrukket for 100 timer ising. Turbinen oppnår spesifisert effekt på 45kW ved 13 m/s vind. Minste driftsvind er 3,5 m/s, hastigheter lavere enn dette er ikke sterke nok til å drive rotoren. Øvre driftsvind er estimert til 20 m/s som vist i illustrasjon 58. Maksimal vindstyrke for konstruksjonen er på hele 52,5 m/s,



som tilsvarer en meget sterk orkan! Vestas 2,2MW turbin har en nedre og øvre driftsvind på henholdsvis 4 m/s og 25 m/s. Ettersom masthøyden på Vestas turbinen er vesentlig høyere er det logisk at den er designet for høyere vindhastigheter.



Illustrasjon 58: Effektuttag av 45kW WindEN turbin – [www.winden.se](http://www.winden.se)

### Kostnadsestimat

Det finnes få leverandører av småskala vindkraftanlegg i Norge. Generelt er det problematisk å anslå en konstant energikostnad for vindkraft ettersom den avhenger av lokale vindforhold, brukstid og kostnader ved tilknytning. Det estimeres at energikostnad varierer fra 40 til 60 øre/kWh inklusive vedlikeholds- og kapitalkostnader. Investeringskostnaden for småskala vindkraft anslåes til å ligge omkring 20 000kr/kW, men slike anlegg er fremdeles lite utbredt [71].

Bjørn Helset ved Wind Energy Nordic anslår en investeringskostnad på 810 000kr + mva. for en 45kW WindEn turbin med 36 meters fagverksmast. Erfaringsmessig tilkommer 100 000kr + mva. for bygging og installasjon med 100 meter grøft. Lengden på grøft samsvarer lite med aktuell plassering på garden, det er grunn til å anta en vesentlig høyere kostnad for tilknytning. I mangel av gode data for tilknytning brukes gjeldende estimat for å avdekke om investeringen overhode kan være lønnsom. Det må senere avdekkes hvor stor investering som kreves for å tilknyttes det aktuelle området. Turbinen har en estimert levetid på 20 år, med 5 års vedlikeholdsintervaller. Vedlikehold innebærer oljeskifte på girkassen, men jevnlig tilsyn og smøring av enkelte lager anbefales. Bladene bør vaskes med noen års mellomrom, dette er arbeid som kan utføres selv. Dessverre foreligger det ikke erfaringer fra eldre anlegg, slik at forventede reparasjoner i løpet av levetiden foreløpig ikke er kartlagt. Vindturbinen leveres med 2 års fabrikkgaranti. Grunnet mangel på erfaringsdata er det vanskelig å avgjøre hvilken verdi turbinen vil ha etter endt levetid. Utrangeringsverdi etter 20 år estimeres til 50 000kr.

Det er knyttet usikkerhet til støtteordninger rundt småskala vindkraft i Norge. Enova støtter generelt vindkraft utbygging til utgangen av 2011. Det er usikkert om Enova vil fortsette å støtte småskala vindkraft etter dette. I beregning av lønnsomhet utelates investeringsstøtte. Grønne sertifikater er planlagt innført i begynnelsen av 2012. Avhengig av støttesatsen for fornybar kraft kan dette

påvirke lønnsomheten av anlegget drastisk. I et konservativt estimat uten støtte fra Enova eller grønne sertifikater vil et sted med årsmiddelvind på 7,5 m/s ha en gjennomsnittlig energikostnad på 47 øre / kWh i følge Bjørn Helset. Tallene er utarbeidet i en studie gjort i samarbeid med NTNU. Energifkostnaden som er beregnet er høyere enn strømprisen som brukes i oppgaven, men for eget forbruk frafaller nettleie og merverdiavgift slik at lønnsom drift er mulig.

I vedlegg AÅ er det gjort beregninger av årlig kontantstrøm for avdekke om investeringen er lønnsom. Det antas at 50% av produsert strøm blir benyttet på garden, samt at solgt strøm belastes med en salgskostnad på 5 øre/kWh. Grønne sertifikater antas å gjelde for all produsert energi, uavhengig av bruk. Innledningsvis er støtten satt lik null. Beregningen viser at med gjeldende forutsetninger vil investeringen ha en netto nåverdi på -173 282kr etter anleggets 20 års levetid er utgått. Akkumulert kontantstrøm vil være -352 486 kroner, som er over det dobbelte av netto nåverdi. Akkumulert kontantstrøm representerer det faktiske beløp som påløper innehavers konto over anleggets levetid.

På grunn av den store mengden produsert strøm er estimatet meget følsomt for endringer i strømpris eller støtte fra grønne sertifikater. Vedlegg BA viser at ved strømpris på 50 øre/kWh kreves det grønne sertifikater til 7 øre/kWh for at netto nåverdi av investeringen skal være større enn null etter 20 år.

Produsenten WindEn anslår en årsproduksjon på 158 000kWh ved 7,5m/s årsmiddelvind, dette er 36 500kWh mer enn estimatet brukt i beregningene. I vedlegg BB er gitte årsproduksjon benyttet i en lønnsomhetsberegning. Beregningen gir netto nåverdi 18 970kr med dagens strømpris uten støtte.

Av beregningene er det synlig at investeringen i en 45kW WindEn turbin er betinget lønnsom. Det hersker noe usikkerhet rundt turbinens årsproduksjon, samt estimatet for andelen av forbruk av produsert energi. Mest kritisk er tilknytningkostnaden for turbinen, med behov for lang kabel, grøft og vei. Kan denne holdes innenfor overnevnte kostnadsramme ligger forholdene til rette for lønnsom drift. Det gåes ut i fra at energiproduksjon med vindturbin vil bli støttet enten i form av investeringsstøtte eller grønne sertifikater. Det er stor sannsynlighet for at strømprisen vil øke ytterligere. Derfor er vindturbin under gitte forutsetninger blant de alternativene i oppgaven som har størst mulighet for å oppnå lønnsom drift.

*Muligheter*

For å redusere behovet for omfattende veibygging og lang grøft kan turbinen plasseres i nærheten av garden. Tidligere har det blitt estimert at årsmiddelvind ved garden er 7 – 7,5m/s. Kartet for årsproduksjon angir 2800 fullasttimer for både garden og utmarksområdet, dermed blir estimat for fullasttimer det samme. WindEn estimerer 142 300kWh årsproduksjon ved 7m/s årsmiddelvind. Det er dermed synlig at vindresursen ved garden er av tilstrekkelig størrelse for å oppnå god energiproduksjon. Dessverre vil nabohensyn trolig begrense muligheten til å sette opp turbinen i nærheten av garden.

Som for solcelleanlegg vil det også for vindkraft trolig være lønnsomt å kombinere anlegget med en eller flere varmpumper. Slik reduseres eget strømforbruk og mengden salgbar energi øker.

En tilsvarende turbin som er foreslått i oppgaven er planlagt levert hos Svein Ove Risa i Time kommune i slutten av Juni 2011. Wind Energy Nordic er leverandør og håper dette vil bli et godt referanseanlegg for regionen.



## Konklusjon

Prosjektering av energianlegg er en stor jobb. Gjennom oppgaven har det blitt synlig hvor utallige variablene tilknyttet prosjekteringen er. Flere leverandører av prosjekteringstjenester har bekreftet dette gjennom manglende kapasitet til å jobbe med saker som ikke bringer inn klingende mynt. Det er fullt forståelig, samtidig som det øker verdsettelsen av grundige svar.

I oppgaven har resurser, behov og mulige anlegg blitt analysert. Gjennom analysene ble en iterasjonsprosess etablert. Ettersom målinger og estimater ble gjort, måtte disse verifiseres av nye målinger og estimater. Prosessen nådde sitt klimaks ved estimering av oppvarmingsbehovet i verkstaden, noe som opprinnelig er en enkel oppgave. Dette eksempelet understreker viktigheten bak grundig planlegging og valg av enkle og effektive metoder. Planleggingsprosessen kan oppleves som lite fremgangsrik, men senere blir det synlig at den legger grunnlaget for fremgang gjennom hele oppgaven.

Data er som all annen informasjon, kvaliteten reduseres med økende avstand til kilden. Fordeling av energiforbruk og oppvarmingsbehov basert på landsdekkende standarder kan i beste tilfelle brukes som verifikasjon på faktiske måledata. Antallet feilkilder ved bruk av nasjonale data er stort, hvorav den største ligger hos forbrukeren. Det har tidligere vært gjort forsøk på å dele forbrukere inn i grupper, avhengig av forbruksmønster og mengde. Inndelingen er ikke offentlig kjent, det har trolig sin årsak.

En viktig faktor i oppgaven er samspillet mellom reduksjon av forbruk og behov. Reduseres behovet, reduseres forbruket og omvendt. Norge skal øke andelen fornybar energi med 33TWh innen 2020. Med bakgrunn i tanken at energi er en begrenset resurs, er det klart at den beste måten å oppnå dette er gjennom reduksjon av behov og utfasing av ikke-fornybar energi. Dette understrekes av forventninger om en videre økning i energipriser. Økt energipris impliserer økt gevinst ved reduksjon av forbruk og økte utgifter ved opprettholdelse av forbruk. Ved Gjesdal Gard er det aktuelt med reduksjon av oppvarmingsbehov i boliger og energibehov i gardsdrifta. I eksisterende bygg bør varmegjenvinning vurderes, mens nye bygg må bygges med lavest mulig behov. Det gjenstående behovet bør dekkes av en energikilde av lavest mulig kvalitet, slik at forbruk av høyverdig energi minimeres.

Valg av anlegg avhenger ikke bare av investeringens muligheter for lønnsom drift. Ikke tallfestede faktorer som fremtidstro, initiativ og egne ønsker spiller en viktig rolle. Faktorene er vanskelige å inkludere i oppgaven, men må ikke utelates under beslutningsprosessen med valg av anlegg. Uvanlige valg kan belønnes økonomisk. Innovasjon Norge tilbyr muligheter for støtte til innovative prosjekter.

Innen energianlegg begynte oppgaven med stor optimisme knyttet til flisfyringsanlegg og biogass. Gjennom arbeid med oppgaven ble det klart at under forutsetningene ved Gjesdal Gard er flisfyringsanlegg potensielt lønnsomt, mens biogass krever drastisk endrede forutsetninger. Biogass under norske forhold fremstår som en løsning med gjenstående utviklingsbehov, men fra politisk hold er store målsetninger satt. Miljømessig er bygging av biogassanlegg det beste alternativet i oppgaven. Et alternativ som opprinnelig ble tatt med som en kuriositet, viste seg å være det med mulighet for størst lønnsomhet, nemlig vindkraft. Dessverre vil bygging av anlegget trolig bli begrenset av naboer eller omfattende infrastruktur.

Solkraft i form av solceller blir stadig mer utbredt i sentral-Europa, men oppgaven belyser hvor lite som er tilrettelagt i Norge. Dette til tross for at Norge har flere bedrifter i bransjen og et relativt stort potensiale. Det kreves omfattende støtteordninger, reduserte anleggskostnader og økt strømpris for å

oppnå lønnsom drift av solceller i Norge. Når et gårdsbruk på høg-Jæren har mulighet til å bli innehaver av landets største anlegg, gir det en indikasjon på hvor lite resursen er utnyttet.

I Norge er utbredelsen av varmpumper omvendt av den for solenergi. Luft-luft varmpumper er å finne i hvert nabolag. Det ble innledningsvis ytret et ønske om å undersøke muligheten for en varmpumpe som utnyttet en kilde på garden. Varmeutvinning fra fjøsets avtrekksluft ble valgt. Med bakgrunn i et grovt prisestimat er lønnsomhet for fjøsvarmpumpe beregnet. Anlegget er dessverre begrenset av stor investeringskostnad og relativt lite dekning av forbruk.

I sammenheng med oppgaven ble det foretatt noen reiser for å se faktiske anlegg og for å få innspill og erfaringer fra disse. Dette var meget verdifullt, ettersom det gav innsikt i informasjon og vurderinger som ikke nødvendigvis er kommersielt tilgjengelige. Det gav også forståelse for hva som begrenser lønnsomheten i Norge, og hvilke muligheter som ligger i horisonten.

I beregningene av lønnsomhet har det blitt antatt at alle anlegg til en viss grad kan tillegges støtte for erstattet strømforbruk eller produsert strøm. Støtteordningen blir kalt grønne sertifikater, som sammenfaller med den offentlige støtteordningen som utarbeides samtidig med oppgaven. Alle analyserte energianlegg er betinget lønnsomme under dagens forutsetninger. Staten har satt seg store tallfestede mål for energieffektivisering. Oppnåelsen av disse målene er i stor grad avhengige av støtte. Med en moderat økning i strømpris samt en passende støtte blir flere av energianleggene i oppgaven lønnsomme. Det anbefales å avvente investeringer med potensiale for støtte inntil betingelsene for ordningen er fastlagt.

Venting gir teknologien mulighet til å gro. Det er i skrivende stund flere kommende teknologier som trenger ytterligere utvikling, men som kan bli meget gunstige. Deriblant passivhus, biogassanlegg og solceller. Erfaring viser at når teknologien blir mer utprøvd reduseres ofte investeringskostnadene. Alternativkostnader til fornybar energi vil med tiden stige. Det vil gi anlegg for fornybar energi bedre forutsetninger, men ventingen har sin pris. Bruk av ikke-fornybare energikilder opprettholdes, samtidig som faste energiutgifter øker med stadig stigende strømpris. Venting hindrer et anlegg å fremstå som et pilotprosjekt. Slike prosjekter har ofte en god signaleffekt som kan motivere andre. Det er vanskelig å inkludere verdien av signaleffekt i et lokalt regnskap, men samfunnsmessig er verdien potensielt stor.

Av antallet antakelser og forenklinger er det synlig at resultatene ikke må betraktes som absolutte. Enda mer detaljert prosjektering kan være nødvendig. Oppgaven har hatt som formål å gi en innføring i komponenter og sammenhenger. Slik kan leseren forhåpentligvis gjøre kritiske og mer informerte vurderinger av anlegg. Alle regneark benyttet i oppgaven er utformet slik at variabler kan endres med ett tastetrykk. Slik kan beregningene justeres etterhvert som ny informasjon blir tilgjengelig. For det er sikkert, endringer vil komme.

*Mer arbeid betyr større fremskritt, men fremskritt betyr også mer arbeid. - Deng Xiaoping (1904-1997)*

## Ordforklaringer

Ammoniakk -  $\text{NH}_3$  er en fargeløs, giftig og illeluktende gass. I kontakt med vann blir løsningen korrosiv og setter høye krav til korrosjonsbestandighet i omgivelsene. Ammoniakk er brennbar, men vanskelig å antenne. Det er ønskelig å binde Nitrogenet i fast form siden det kan brukes som gjødsel i landbruket [72].

Ark – på bolig, utspring på taket med felles møne som resten av taket

Bakhon – restmateriale fra tømmerproduksjon. Kjennetegnes ofte av 3 skårne flater og en naturlig flate, gjerne den siden av treet som vender mot barken.

Bonitet – Markas evne til å produsere trevirke (skogbruk)

COP – Engelsk «Coefficient of Performance», oversatt som varmfaktor på norsk. Angir forholdet mellom tilført strøm og avgitt varme for varmepumper.

Dekar –  $1000\text{m}^2$  eller 1 mål

Eksoterm – Prosess som avgir varme

Favn – 2,4 løskubikkmeter med ved.

Fosfor – P er et grunnstoff som er et viktig næringsmiddel for planter. Forekommer blant annet i avføring og kunstgjødsel [72].

Hydrogensulfid –  $\text{H}_2\text{S}$  er en fargeløs, illeluktende og giftig gass. Gassen er brannfarlig og oppstår ved at bakterier bryter ned svovelholdige organiske forbindelser anaerobt. Forekommer blant annet i gjødsellagre [72].

Hygienisering – av husdyrgjødsel innebærer oppvarming til  $50^\circ\text{C}$  i minimum 23 timer eller  $70^\circ\text{C}$  i minimum 30 minutter [73].

Inhiberende – hemmende eller bremsende.

Kogenerering – Generering av strøm og varme fra samme anlegg

Kollektor – oppsamler, her brukt som kollektorslange for varmepumpe: slange som tar opp varme fra kilde.

Kvige – Ku som aldri har hatt kalv

lm – løpemeter, lengdemål ofte brukt for grøft eller rør.

$\text{Lm}^3$  – løskubikkmeter, volum av stablet ved eller flis med luftmellomrom.

Lystgass –  $\text{N}_2\text{O}$  (Dinitrogenoksid) er en usynlig gass med en svak søt lukt. Ved romtemperatur er gassen ikke brennbar, og har en bedøvende effekt på mennesker. Gassen kan oppstå i landbruket hvis det er oksygenmangel i jorda og kunstgjødsel tilføres [72].

Modul – i sammenhengen med solceller betyr en modul ett solcellepanel avgrenset av karrer. Vanlige størrelser er fra  $0,8\text{m}^2$  til  $1,8\text{m}^2$ .

Mål – 1 dekar

Nacelle – annet ord for maskinhus i en vindturbin. Huser som regel generator, girkasse og nav.

$\text{Nm}^3$  – Normalkubikkmeter, gassvolum ved  $0^\circ\text{C}$  og 1,01325 bar.

Oppvarmet bruksareal - Den delen av bruksarealet (BRA) etter NS 3940 som tilføres varme fra

byggets varmesystem og er omsluttet av byggets klimaskjerm. Dvs bruttoareal minus yttervegger [Definisjoner NS 3031]

R – Varmeovergangsmotstand [ $\text{m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$ ]

Skrinn fastmark – utmarksområde med lav fruktbarhet, gjerne fjell

Termofil – prosess som avgir varme

U-verdi – Varmegjennomgangskoeffisient [ $\text{W} / \text{m}^2 \cdot \text{K}$ ]

Årskyr – Gjennomsnittsverdi for antall melkekyr i løpet av året, avhengig av slaktedato.

$\lambda$  – Varmekonduktivitet / Varmeledningsevne [ $\text{W} / \text{m} \cdot \text{K}$ ]



## Tabelliste

Tabell 1: Bygningsdata for Gjesdal Gard.....	14
Tabell 2: Strømforbruk i perioden 2008-2010 [Vedlegg AB og AC].....	15
Tabell 3: Totalt energiforbruk.....	16
Tabell 4: Gardsresurser.....	20
Tabell 5: Fordeling av oppvarmingsbehov i kårboligen, bruksareal 112m <sup>2</sup> , oppvarmet areal 80m <sup>2</sup>	24
Tabell 6: Fordeling av oppvarmingsbehov i hovedhuset, bruksareal 400m <sup>2</sup> , oppvarmet areal 170m <sup>2</sup>	25
Tabell 7: Fordeling av oppvarmingsbehov i nytt hus, bruksareal 180m <sup>2</sup> , oppvarmet areal 180m <sup>2</sup> .	27
Tabell 8: Annet forbruk i verkstaden.....	30
Tabell 9: Resultat U-verdi for verkstادتak – [Utdrag av Vedlegg AG].....	34
Tabell 10: Beregning av U-verdi for betongvegger.....	35
Tabell 11: Beregning av varmemotstand i gulvsjikt.....	37
Tabell 12: Soneinndeling og beregning av verkstadgulv. Utdrag av tabell 2.7 [ Stensaas, L.I., Vannbaserte oppvarmings- og kjølesystemer. 2007, Oslo: Skarland Press, s.12].....	38
Tabell 13: Beregning av U-verdi for dørkarm.....	40
Tabell 14: Arealfordeling i verkstaden.....	41
Tabell 15: Graddagstall for Gjesdal kommune – Utdrag av Enovas "Energi graddagstall 2009 – Kommuner" [29].....	42
Tabell 16: Graddagstall 2009-2010 fra www.degreedays.net.....	42
Tabell 17: Spesifikt transmisjonsvarmetap for verkstaden.....	43
Tabell 18: Luftvekslingstall avhengig av plassering – Tabell 2.9 [Stensaas, L.I., Vannbaserte oppvarmings- og kjølesystemer. 2007, Oslo: Skarland Press, s.23].....	45
Tabell 19: Årlig energibehov for oppvarming av verkstad.....	46
Tabell 20: Forbruksfordeling etter beregning av oppvarmingsbehov i verkstaden.....	47
Tabell 21: Forbruksfordeling etter estimat av energiforbruk i fjøset.....	53
Tabell 22: Fordeling av dimensjonerende effektbehov i verkstaden.....	55
Tabell 23: Samlet oppvarmingsbehov for Gjesdal Gard.....	56
Tabell 24: Grøftkostnader – Trygve Stangeland Entreprenør 2011.....	66
Tabell 25: Oppsummering kulvert for lavtemperatursystem.....	68
Tabell 26: Oppsummering kulvert for høytemperatursystem.....	68
Tabell 27: Oppsummering kulvert for høytemperatursystem med varmt tappevann.....	68
Tabell 28: Totalkostnader for lavtemperatursystem.....	70
Tabell 29: Totalkostnader for høytemperatursystem.....	70
Tabell 30: Totalkostnader for høytemperatursystem med oppvarming av varmtvann.....	70
Tabell 31: Fremtidig strømbehov avhengig av anleggstype.....	71
Tabell 32: Oppsummering oppvarmingsbehov inklusive varmtvann ved 100% dekning.....	76
Tabell 33: Østerriksk flisnorm Önorm M7133(21) – Dag Bækkedal v/ Nordiske Industrioivner A/S	77
Tabell 34: Østerriksk flisnorm Önorm M7133(21) – Dag Bækkedal v/ Nordiske Industrioivner A/S	77
Tabell 35: Investeringer ved flisfyringsanlegg.....	79
Tabell 36: Varmepotensiale fra biogassanlegg - [13].....	86
Tabell 37: Investeringskostnader ved biogassanlegg.....	88
Tabell 38: Varmeavgivelse fra husdyr i fjøs på vinterstid med 10°C romtemperatur [52].....	96
Tabell 39: Investeringskostnader ved fjøsvarmepumpe.....	97

## Formelliste

Formel 1: Beregning av varmepotensial i melk.....	22
Formel 2: Formel for øvre og nedre U-verdi - [Stensaas, L.I., Vannbaserte oppvarmings- og kjølesystemer. 2007, Oslo: Skarland Press., s.17-18] med endrede indekser.....	33
Formel 3: Valg av U-verdi på bakgrunn av nedre og øvre verdier – [Stensaas, L.I., Vannbaserte oppvarmings- og kjølesystemer. 2007, Oslo: Skarland Press, s.18].....	34
Formel 4: Formel for beregning av U-verdi i gulv - [Stensaas, L.I., Vannbaserte oppvarmings- og kjølesystemer. 2007, Oslo: Skarland Press, s.13-14] med endrede indekser.....	37
Formel 5: Formel for dimensjonerende transmisjonstap [Stensaas, L.I., Vannbaserte oppvarmings- og kjølesystemer. 2007, Oslo: Skarland Press, s.14].....	43
Formel 6: Beregning av dimensjonerende ventilasjonsvarmetap.....	44
Formel 7: Beregning av dimensjonerende infiltrasjonsvarmetap - [Stensaas, L.I., Vannbaserte oppvarmings- og kjølesystemer. 2007, Oslo: Skarland Press, s.23].....	45
Formel 8: Formel for årlig energibehov - [Stensaas, L.I., Vannbaserte oppvarmings- og kjølesystemer. 2007, Oslo: Skarland Press, s.302].....	46
Formel 9: Beregning av U-verdi basert på varmfotografi.....	50
Formel 10: Feilforplantning i funksjon med flere variabler, beregning av feilforplantning for U-verdi fra varmfotografier – [Forelesningsnotater ÅMA190 – Numerisk Matematikk v/UiS 2009].....	52
Formel 11: Differanse i årlig varmetap ved utveksling av dørkarmer.....	62
Formel 12: Dimensjonerende effektbehov for 20°C innetemperatur - [ Stensaas, L.I., Vannbaserte oppvarmings- og kjølesystemer. 2007, Oslo: Skarland Press, s.201].....	65
Formel 13: Reaksjonsligning for forbrenning av metan.....	90
Formel 14: Forbrenning av metan i CO <sub>2</sub> -ekvivalenter.....	90
Formel 15: Mekanisk og termisk virkningsgrad.....	91

## Illustrasjonsliste

Illustrasjon 1: Prosessutslipp fra jordbruk fordelt på utslippskilde – [SSB, Jordbruk og miljø 2006].9	
Illustrasjon 2: Landbrukets nyttbare energipotensiale i prosent av landbrukets totale energiforbruk – Basert på data fra LU rapport 4-2008 – Dokumentasjon av klimagassutslipp, energiforbruk og energiresurser i landbruk og næringsmiddelindustri.....	10
Illustrasjon 3: Massefordeling i trær – Norsk institutt for skog og landskap.....	11
Illustrasjon 4: Uttak og potensiale i norske skoger – Basert på data fra LU rapport 4-2008 – Dokumentasjon av klimagassutslipp, energiforbruk og energiresurser i landbruk og næringsmiddelindustri.....	12
Illustrasjon 5: Flyfoto av Gjesdal Gard 2009 – www.skogoglandskap.no.....	13
Illustrasjon 6: Alternativer for plassering av nytt hus, flyfoto – www.skogoglandskap.no.....	17
Illustrasjon 7: Eiendomsillustrasjon Gjesdal Gard – www.skogoglandskap.no.....	19
Illustrasjon 8: Andel dyr i fjøset etter måned.....	21
Illustrasjon 9: Forbruksfordeling i kårbolig 2011.....	24
Illustrasjon 10: Forbruksfordeling i hovedhus 2010.....	26
Illustrasjon 11: Modellert visning av verkstaden.....	31
Illustrasjon 12: Snitt av takkonstruksjon i verkstaden.....	32
Illustrasjon 13: Tykkelser i takkonstruksjon (mm).....	32
Illustrasjon 14: Soneinndeling av verkstادتak for beregning.....	33
Illustrasjon 15: Snitt av sandwich element i verkstadvegg (mm).....	35
Illustrasjon 16: Oppbygning av verkstadgulv.....	36
Illustrasjon 17: Soneinndeling av verkstadgulv (cm).....	37
Illustrasjon 18: Snitt av forenklet dørkarm.....	39
Illustrasjon 19: Oppbygning av hjørneisolasjon.....	45
Illustrasjon 20: Utvendig varmfotografi av østre vegg av verkstaden.....	48
Illustrasjon 21: Utvendig varmfotografi av nordre vegg av verkstaden.....	48
Illustrasjon 22: Utvendig varmfotografi av ytterdør i verkstaden.....	48
Illustrasjon 23: Innvendig varmfotografi av ytterdør i verkstaden.....	48
Illustrasjon 24: Utvendig varmfotografi av verkstadport.....	49
Illustrasjon 25: Innvendig varmfotografi av verkstadport.....	49
Illustrasjon 26: Utvendig varmfotografi av elementskjøt sørøstre hjørne av verkstaden.....	49
Illustrasjon 27: Innvendig varmfotografering av vindu i verkstaden.....	49
Illustrasjon 28: Varmefotografi av brannvarsler i verkstaden.....	50
Illustrasjon 29: Varmefotografi av østre vegg i kårboligen.....	57
Illustrasjon 30: Varmefotografi av nordre vegg med inngangsparti i kårboligen.....	57
Illustrasjon 31: Varmefotografi av terrassedør i kårboligens vestre vegg.....	58
Illustrasjon 32: Varmefotografi av sørvegg i kårboligen.....	58
Illustrasjon 33: Varmefotografi hovedhus nordre fasade.....	58
Illustrasjon 34: Varmefotografi hovedhus inngangsparti.....	58
Illustrasjon 35: Varmefotografi uisolert kjellerrom utenfra.....	59
Illustrasjon 36: Varmefotografi uisolert kjellerrom innenfra mot oppvarmet rom.....	59
Illustrasjon 37: Varmefotografi avtrekksvifte fjøs nivå 1 og 3.....	61
Illustrasjon 38: Varmefotografi avtrekksvifte fjøs nivå 2.....	61
Illustrasjon 39: Varmefotografi av uisolert gjødselkjeller.....	61
Illustrasjon 40: Enkelt oppbygd anlegg for varmetransport.....	64
Illustrasjon 41: PEX to-rørs kulvert levert av KEJ Teknik AB – www.kulvert.se.....	64
Illustrasjon 42: Hogget flis – www.alternativeenergysource.org.....	75

Illustrasjon 43: ETA HACK 50kW flisfyringskjel – <a href="http://www.eta.co.at">www.eta.co.at</a> .....	75
Illustrasjon 44: Oppbygning av et enkelt biogassanlegg – <a href="http://www.seilnacht.com/referate/biogas02.gif">http://www.seilnacht.com/referate/biogas02.gif</a> (omskrevet til norsk).....	82
Illustrasjon 45: Størrelsesfordeling biogassanlegg i Tyskland 2008 – M. Effenberger, Biogas production and utilization in Germany – Status and Outlook.....	84
Illustrasjon 46: Sempel biogassreaktor for husholdninger - <a href="http://www.patervis.com">www.patervis.com</a> .....	85
Illustrasjon 47: 16kW Kogenereringsanlegg for naturgass basert på bensinmotor – KraftWerK <a href="http://www.kwk.info">www.kwk.info</a> -Hannovermesse 2011.....	90
Illustrasjon 48: Meget forenklet prinsippskisse av kogenereringsanlegg .....	91
Illustrasjon 49: Oppbygning av Turbec T100 gassturbin – <a href="http://www.energytech.at">www.energytech.at</a> .....	92
Illustrasjon 50: Oppbygning av stirlingmotor – <a href="http://www.stirling.dk">www.stirling.dk</a> .....	93
Illustrasjon 51: Prinsippskisse av varmpumpe – <a href="http://www.icsheatpumps.co.uk">www.icsheatpumps.co.uk</a> .....	94
Illustrasjon 52: Solcellepanel på tak – Harald Kotthaus 2011.....	99
Illustrasjon 53: 30kWp Solcelleanlegg hos Harald Kotthaus.....	102
Illustrasjon 54: Radiell vindturbin med vertikal rotasjonsakse – <a href="http://www.vawts.com">www.vawts.com</a> .....	105
Illustrasjon 55: Aksiell vinturbin – <a href="http://www.fornybar.no">www.fornybar.no</a> - Kim Brantenberg.....	105
Illustrasjon 56: Utsnitt av [Kjeller vindteknikk, Vindkart for Norge - Kartbok 1c: Årsmiddelvind i 50m høyde, in Rapport nummer KVT/ØB/2009/038, NVE, Editor. 2009].....	106
Illustrasjon 57: Utvikling i størrelse og effekt på vindturbiner – <a href="http://www.fornybar.no">www.fornybar.no</a> .....	108
Illustrasjon 58: Effektuttak av 45kW WindEN turbin – <a href="http://www.winden.se">www.winden.se</a> .....	109

## Kilder

1. EU-delegasjonen Norge. *Smart, bærekraftig og inkluderende vekst*. 2010 [cited 2011 28 jan]; Available from: <http://www.eu-norge.org/Aktuelt/Nyhetsartikler/Smart-barekraftig-og-inkluderende-vekst/>.
2. Dokka, T.H., et al., *Energieffektivisering i bygninger: - mye miljø for pengene*. Prosjektrapport. Vol. 40-2009. 2009, Oslo: SINTEF byggforsk. 31 s.
3. Hovland, K.M., *Gode utsikter for havviden*. Teknisk Ukeblad, 2009. **156**(32): p. 46-51.
4. Rose, R., *Enova og vindkraften*. Teknisk Ukeblad, 2009. **156**(41): p. 66.
5. Rose, R., *Kapasitetsutnyttelse, Høg-Jæren*. Teknisk Ukeblad, 2010. **157**(16): p. 82.
6. Sprenger, M., *Vannkraftens verdi bestemmes av EU*. Teknisk Ukeblad, 2009. **156**(40): p. 48-49.
7. Tangeland, T. and Ø. Aas, *Kraftinstallasjoner i naturområder: Effekter på turisme, friluftsliv og bruk av fritidsboliger*. NINA rapport. Vol. 625. 2010, Trondheim: Norsk institutt for naturforskning. 27 s.
8. Kjørø, E., *Kan kraft og laks gå hånd i hånd*. Teknisk Ukeblad, 2011. **158**(01): p. 28-33.
9. Nilsen, J., *Jørgen Randers om grønne sertifikater: Kan skade det norske kraftmarkedet*. Teknisk Ukeblad, 2010. **157**(42): p. 46-47.
10. Nilsen, J., *Kortreist kraft er bedre enn kraftlinjer*. Teknisk Ukeblad, 2010. **157**(31): p. 8-9.
11. Sprenger, M., *"Alle" skal ha fyringsolje*. Teknisk Ukeblad, 2011. **158**(01): p. 8-9.
12. Adressa.no. *Tysk atomkraft vedtatt avviklet*. 2011 [cited 2011 8 jun]; Available from: <http://www.adressa.no/nyheter/article1640668.ece>.
13. Hillestad, M.E., *Dokumentasjon av klimagassutslipp, energiforbruk og energiresurser i landbruk og næringsmiddelindustri*. Rapport. Vol. 4-2008. 2008, Oslo: Landbrukets utredningskontor. 36 s.
14. Det Kongelige Miljøverndepartement, *Stortingsmelding nr. 34 (2006-2007), Norsk Klimapolitikk*. 2006-2007.
15. Det Kongelige Miljøverndepartement, *Stortingsmelding nr. 39 (2008-2009), Klimautfordringene - Landbruket en del av løsningen*. 2008-2009.
16. Fylkesmannen i Rogaland, *Biogass - Basert på husdyrgjødsel: Informasjon om etablering og drift av biogassanlegg*. 2010.
17. Arena Biogass, et al. *Lederkonferanse*. in *Forprosjekt januar - mars, Arena Biogass 2011*. 2011. Måltidets hus, Stavanger: Fylkesmannen i Rogaland.
18. Østby, M., *Valtra på biogass*. Bedre Gardsdrift, 2010. **06**.
19. SSB. *Landsskogtakseringen, 2005-2009 - Mer tømmer i skogen*. 2010 [cited 2011 28 jan]; Available from: <http://www.ssb.no/lst/>.
20. Lunde, N., *Store verdier i biobrensel*. Norsk Landbruk, 2010. **02**: p. 44-45.

21. Regjeringen. *Hva er elsertifikater?* 2011 [cited 2011 08 jun]; Available from: <http://www.regjeringen.no/nb/dep/oed/tema/fornybar-energi/hva-er-gronne-sertifikater.html?id=517462>.
22. Norsk Bioenergiforening, Skogbrukets Kursinstitutt, and Fylkesmannen i Oppland, *Gardsvarmeanlegg -en byggeveileder*. 2006, Oppland: Innovasjon Norge, Nobio. 35.
23. Nordmark, O.M., *Biogass frå husdyrgjødsel*. Bonde Vennen, 2010. **48**: p. 15-17.
24. Baky, A., M. Sundberg, and N. Brown, *Kartläggning av jordbrukets energianvändning*. JTI Uppdragsrapport. 2010, Uppsala: JTI - Institutet for jordbruks- och miljöteknik. 39.
25. Çengel, Y.A. and M.A. Boles, *Thermodynamics: an engineering approach*. 2007, Boston: McGraw-Hill. XXXI, 976 s.
26. Landteknikk Fabrikk. *LTF Varmegjennvinningsanlegg - Gjenvinning av varme fra Gårdstanken*. 2010 [cited 2011 21 apr]; Available from: <http://www.lt-fabrikk.no/LTFpdf/Varmegjenvinning.pdf>.
27. Seehusen, J., *Byggenæringen: Splid om passivhus*. Teknisk Ukeblad, 2011. **158**(02): p. 6-7.
28. Stensaas, L.I., *Vannbaserte oppvarmings- og kjølesystemer*. 2007, Oslo: Skarland Press. 338 s.
29. Enova, Meteo Norge, and B. Aune. *Energi graddagtall 2009 - Kommuner*. 2009 [cited 2011 23 feb]; Available from: <http://naring.enova.no/file2.axd?fileDataID=ee85d567-2d75-4ed6-9c82-e9b7fa90a80a>.
30. Storeheier, K.J., *Varmevekslere i husdyrrom: erfaringer fra feltundersøkelser = Experiences with heat exchangers in animal rooms*. IBT-rapport. Vol. 229. 1987, Ås: Instituttet. I bl., s. 7-37.
31. Storeheier, K.J., *Oppfølging av et fjøsvarmepumpeanlegg = Evaluation of a stable heat pump*. IBT-rapport. Vol. 228. 1987, Ås: Instituttet. 3 s., ii bl., s. 7-35.
32. Mellestrand, C., *Forsker anbefaler mindre gårdsvarmeanlegg*. Norsk Landbruk, 2010. **17**: p. 45.
33. Energigården AS. *Vedfyring*. 2010 [cited 2011 07 feb]; Available from: <http://www.energigarden.no/omEnergigarden/skolesider/5.html>.
34. KEJ Teknik AB. *Kulvert PEX - KEJ Teknik-kulverten - ett system för varmvatten och varme*. 2007 [cited 2011 24 mar]; Available from: [www.kejteknik.se/kulvert.html](http://www.kejteknik.se/kulvert.html).
35. Maxitherm AB. *PEX Katalog*. 2011 [cited 2011 02 mai]; Available from: <http://www.maxitherm.se/uppladdat/pdf/PEX-katalog2011.pdf>.
36. Enova, et al., eds. *Fornybar energi 2007*. 2007, [www.fornybar.no](http://www.fornybar.no). 182.
37. Prognosesenteret AS, *Kostnader ved installasjon av vannbåren varme - Sammenlikning av Norge og Sverige, Endelig Versjon*. 2009, Oslo: Enova,. 92.
38. Nordpool spot. *Elsport market data - Area prices - Yearly*. 2011 [cited 2011 16 mai]; Available from: <http://www.nordpoolspot.com/reports/areaprice/Post.aspx>.
39. Adams, R.A., *Calculus: a complete course*. 2006, Toronto, Ont.: Pearson/Addison-Wesley. 934.
40. Enova svarer. *Spør en rådgiver*. 2011 [cited 2011 16 mai]; Available from:

- [http://www.miljolare.no/tema/energi/sporsmal/?q\\_id=13979](http://www.miljolare.no/tema/energi/sporsmal/?q_id=13979).
41. Norges Bank. *Inflasjon*. 2011 [cited 2011 16 mai]; Available from: <http://www.norges-bank.no/no/prisstabilitet/inflasjon/>.
  42. Løken, Ø. *Hva er riktig fliskvalitet?* 2010; Available from: <http://www.enerdigarden.no/produkter/Tjenester/Energivirkeworkshop/EnergivirkeWS%20161110%20Øivind%20Løken.pdf>.
  43. Helhetlig BioGass Trøndelag, *Biogass Trøndelag: Helhetlig og lokalt tilpasset design av Biogassanlegg*. 2010. p. 11.
  44. Langegard, O.I., *Fra gjødseltank til lun varme*, in *Norsk Landbruk*. 2010. p. 16-22.
  45. Lerche Raadal, H., V. Schakenda, and J. Morken, *Potensialstudie for biogass i Norge*, Østfoldforskning AS and Enova, Editors. 2008, Universitetet for Miljø- og Biovitenskap, . p. 55.
  46. Nilsen, J., *Hå Biopark: Dyrt men spennende*. Teknisk Ukeblad, 2010. **157**(11): p. 54-55.
  47. Dr. Wade, M. *Agrobiogas - An integrated approach for biogas production with agricultural waste*. ttz Bremerhaven 2008 [cited 2011 17 mar]; Available from: [http://www.innovasjon Norge.no/Landbruk\\_fs/Bioenergiprogrammet/Biogasstur/Wade%20-%20TTZ%20Bremerhafen%20Agrobiogas.pdf](http://www.innovasjon Norge.no/Landbruk_fs/Bioenergiprogrammet/Biogasstur/Wade%20-%20TTZ%20Bremerhafen%20Agrobiogas.pdf).
  48. Dipl. Ing. M.Sc. Effenberger, M. *Biogas production and utilization in Germany - Status and Outlook*. 2008 [cited 2011 17 mar]; Available from: [http://www.innovasjon Norge.no/Landbruk\\_fs/Bioenergiprogrammet/Biogasstur/Effenberger%20biogass%20i%20Tyskland%20del%202.pdf](http://www.innovasjon Norge.no/Landbruk_fs/Bioenergiprogrammet/Biogasstur/Effenberger%20biogass%20i%20Tyskland%20del%202.pdf).
  49. GFA Envest, H., *PoA CDM Manual. 'Mini biogas plants for households' designed within the framework of the study 'PoA concept development for the use of biogas installations in small and medium sized pig farms for a decentralised energy supply in Vietnam'*, in *Other Information: CD4CDM Working Paper Series, 8; 14 refs*. 2009: Denmark. p. 53 p. pages.
  50. Jash, T. and S. Basu, *Development of a mini-biogas digester for lighting in India*. *Energy*, 1999. **24**(5): p. 409-411.
  51. Rosenberger, G., *Clinical examination of cattle*. 1979, Hanover: Verlag Paul Parey - Berlin and Hamburg.
  52. Gjestang, K.-E., et al., *Bygninger på gardsbruk*. 1999, Oslo: Landbruksforlaget. 288.
  53. Lindberg, Ø., *Energiproduksjon ved bruk av små kogeneringsanlegg*, in *Teknat*. 2007, Universitetet i Stavanger: Stavanger. p. 81.
  54. Turbec AB, *T100 microturbine CHP system - Technical description*, in *MKO 180 Gasturbine Technology*. 2010: Universitetet i Stavanger.
  55. Stirling Danmark. *Stirling DK Intro Brochure*. 2007 [cited 2011 17 mar]; Available from: [http://www.stirling.dk/download\\_file.php?file=1295426230.pdf](http://www.stirling.dk/download_file.php?file=1295426230.pdf).
  56. Askestad, E.O. and J.F. Henriksen, *Varmevekslere i husdyrrom: en korrosjonsmessig vurdering = Heat exchangers in animalrooms : evaluation of corrosion problems*. IBT-rapport. Vol. 211. 1985, Ås: Instituttet. 27, [9] s.
  57. Valmøt, O.R., *Energi fra de store bergdyp*. Teknisk Ukeblad, 2010. **157**(15): p. 36-37.

58. Oljefri.no. *Bergvarme*. 2011 [cited 2011 31 mai]; Available from: <http://oljefri.no/bolig/vaeske-vann-varmepumpe/bergvarme-article16962-1531.html>.
59. Lunde, N., *Smarte bygningsløsninger gir mindre ammoniakk*. Norsk Landbruk, 2010. **09**: p. 62.
60. Andresen, I., *Planlegging av solvarmeanlegg for lavenergiboliger og passivhus: en introduksjon*. Prosjektrapport. Vol. 22-2008. 2008, Oslo: SINTEF byggforsk. 42 s.
61. Sovello AG, *Die Sonne - Neue Energie - und Einnahmequelle für Gewerbebetreibende*. 2011.
62. JRC European Commission. *Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS)*. 2011 [cited 2011 18 mai]; Available from: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/index.htm>.
63. Fornybar.no. *Vinden som energikilde*. 2011 [cited 2011 04 mai]; Available from: <http://www.fornybar.no/sitepageview.aspx?sitePageID=1738>.
64. Fornybar.no. *Produksjon av vindkraft - Hvordan virker det?* 2011 [cited 2011 04 mai]; Available from: <http://www.fornybar.no/sitepageview.aspx?sitePageID=1742>.
65. Kjeller vindteknikk, *Vindkart for Norge - Kartbok 1c: Årsmiddelvind i 50m høyde*, in *Rapport nummer KVT/ØB/2009/038*, NVE, Editor. 2009. p. 56.
66. Kjeller vindteknikk, *Vindkart for Norge - Kartbok 4a: Produksjon i 80m høyde, fullasttimer*, in *Rapport nummer KVT/ØB/2009/038*, NVE, Editor. 2009. p. 56.
67. Kjeller vindteknikk, *Vindkart for Norge - Kartbok 3a: Isingskart i 80m høyde*, in *Rapport nummer KVT/ØB/2009/038*, NVE, Editor. 2009. p. 56.
68. NVE. *Vindkraftproduksjon 2010*. 2011 [cited 2011 04 mai]; Available from: <http://nve.no/no/Energi1/Fornybar-energi/Vindkraft/Vindkraftproduksjon-2010/>.
69. Zero. *Små vindmøller*. 2010 [cited 2011 14 mai]; Available from: <http://www.zero.no/fornybar-energi/hva/smaa-vindmoeller>.
70. Fornybar.no. *Vindenergi - Konsekvenser for miljøet*. 2011 [cited 2011 26 mai]; Available from: <http://www.fornybar.no/sitepageview.aspx?sitePageID=1757>.
71. Fornybar.no. *Småskala Vindkraft*. 2011 [cited 2011 09 mai]; Available from: <http://www.fornybar.no/sitepageview.aspx?sitePageID=1750>.
72. F. A. Brockhaus GmbH, *Die enzyklopädie in 24 bänden*, in *Brock Haus*. 2001: Leipzig.
73. Norsk vann. *Stabilisering og hygienisering av avløps slam - metoder i bruk i Norge*. 2008 [cited 2011 8 jun]; Available from: <http://norskvann.no/content/download/35350/362173/file/Norsk%20Vann%20dokument%20Behandlingsmetoder%20for%20slam%20juni%202008.pdf>.



# Vedlegg

## Vedlegg AA – TINE, Årsutskrift Buskap 2010

### 51.3 ÅRSUTSKRIFT BUSKAP (unntatt rene kjøttproduksjonskyr)

2 0 1 0

Gjesdal Gard

Fylke	Komm.	Gard	Pk	Sjøs
11	22	10114	7	9

Gjesdal  
4330 ÅLGÅRD

Utskriftsdato: 27/01/11



AVDRÅTT i kontrollen	
Antall årskyr	32,4
Mjolk, kg pr. årsku	6438
EKM, kg pr. årsku	06620
Beregna produksjon i kontrollen, kg mjolk	208577
Leverings-% ( 181002 i av 208577 kg)	89,5
Fett, %	4,26
Protein, %	3,26
Laktose, %	4,67

AVL	Middel mjolkennteks	Middel avisværdi
Kyr pr. 31. desember	102	7
Fedre til kyr pr. 31. des.	105	9
1. gangs bedekn.	45	38
Ungoksesæd, %	Antall	%
Kalvinner etter seminokse	42	100

DYR	1. jan. 2010	+ født	+ fra kjøpt yngre	- til miset eldre	1. jan. 2011
Kyr	31	15	14	1	31
Herav amnende		15			15
Kviger o. 18 md	15	20	6		15
Kviger 12-18md					15
Okser o. 12 md					14
Kastr. o. 12 md					
Ungøyr 6-12 md		20			20
Kalver t. 6 md	23	43		29	20
Sum	69	43	49	3	60
Utskiftingsprosent for kyr	46 %				
Gj.sn. alder på kyr pr. 31. desember	3 år				7 md

SLAKT	Klasse						Fettgruppe			Middel	
	E/UR	O	P	1	2	3	4	5	alder, md	vekt, kg	tilvekst, g/dag
Ku		8	7	1					70	252	
Ung ku		1	4	4	1				36	231	
Kvige		1				1			27	239	271
Kastrat											
Okse											
Ung okse											
Kalv											
Sum		2	12	11	3						

Middelallene referer seg til	
664 buskaper i sone A	
innenfor eget meieriselskap	

ØKONOMI	
Buskap	5586
Middel	6622
Avvik	-1036
Krårsku	-4382
Meierileveranse, i pr. årsku	4,53
Mjolkpris (meieri), kr pr. l	0,30
Mjolkpris (meieri), kr pr. l	0,30
Kraftfôr, FEm pr. årsku	1226
Kraftfôr, FEm pr. årsku	788
Grovfôr, FEm pr. årsku	3621
Grovfôr, FEm pr. årsku	2300
Grovfôr, FEm pr. årsku	-1321

FRUKTBARHET (* = 1.10. - 30.9.)	
* Ant. 1.-gangs ins./par./embryo-overf.	24
* Ant. ins./paringer/embryo-overf. i alt	28
* Ikke omlopsprosent (60 dager)	92
Antall utrangert pga. dårlig fruktbarhet	4
Kalvingsvansker:	
Noen	2
Store	2
Kastinger, antall	
Daudeføde kalver, antall	1
Alder ved 1. kalving, måneder	
Måneder mellom kalvingene	12,1
FS-tallet i perioden	
01.10.2009 -	God over 80
30.09.2010	Middels 40-80
	Svak under 40
	91

HEELSE	
Ketose	0,00
Mjolkfeber	0,00
Kl. mastitt, av/mod	3,00
Andre mastitter	0,00
Spenseskader	0,00
Brunsprøblemer	0,00
Helsesstatus, alle sjukdommer:	
Kyr	7
Kviger/kv kalver	3
Kyr utrangert pga.:	
Høyr cellefall/mast.	5
Andre sjukdommer	1
Sjoldaud/nedsl./kass.	0

FØRING, mjolkkyr	
FEm totalt pr. årsku	4847
FEm tot. pr. 100 kg EKM	73
Totalt fôrforbruk, FEm	157042
%	
Herav uigjør	25,3
KRAFTFØR	54,3
SURFØR GRAS	14,4
BEITE	4,4
ANDRE FORSL.	1,6
UBEH. HALM	
FEm kraftfôr pr. årsku	1226
FEm kr.fôr pr.100kg EKM	1,9

MEIERI-LEVERANSE	
% av meierilev.	10,4
Normpris, øre/l	393
Tillegg, øre/l	67
Trekk, øre/l	0
KSL-krav oppfylt?	J
Bakterieinnhold	50
Spører, klasse	E
Celler, 1000/ml	97
Kvalitetsklasse	E
Fett, %	4,80
Protein, %	3,40
Laktose, %	4,73
Urea, mmol/l	5,9
Ant. kalvings-	

**Vedlegg AB - Lyse, Strømforbruk fjøs, hovedhus og verkstad 2009-20011**

Strøm, gass og varme - Lyse

Page 1 of 1

## Forbrukshistorikk: Strøm, gass og varme

Her kan du se historisk forbruk og dine måleravlesninger.

### Velg målerpunkt

- Gjesdal , elektrisk energi, MålepunktID 707057500070997645
- Gjesdal , elektrisk energi, MålepunktID 707057500070997737

### Ordforklaringer

[Hva er målerpunktID?](#)

[Hva er målnummer?](#)

### Valgt målerpunkt

Anleggsadresse: Gjesdal

MålepunktID: 707057500070997645

Målernummer: 3000082148

Produkt: Spotpris måned

- [Grafvisning](#)
- [Tabellvisning](#)

Dato	Antall dager	Avlest verdi	Forbrukt	Forbruk pr dag
29. des 2010	24	716 628	6 841	285
05. des 2010	4	709 787	1 157	289
01. des 2010	37	708 630	9 800	265
25. okt 2010	33	698 830	8 236	250
22. sep 2010	29	690 594	6 023	208
24. aug 2010	34	684 571	5 696	168
21. jul 2010	29	678 875	3 396	117
22. jun 2010	30	675 479	2 744	91
23. mai 2010	32	672 735	4 848	152
21. apr 2010	28	667 887	6 452	230
24. mar 2010	24	661 435	6 543	273
28. feb 2010	38	654 892	11 536	304

1 | 2 | 3 Neste

Viser fra 1 til 12 av totalt 26

## Forbrukshistorikk: Strøm, gass og varme

Her kan du se historisk forbruk og dine måleravlesninger.

### Velg målerpunkt

- Gjesdal , elektrisk energi, MålepunktID 707057500070997645
- Gjesdal , elektrisk energi, MålepunktID 707057500070997737

### Ordforklaringer

[Hva er målerpunktID?](#)

[Hva er målnummer?](#)

### Valgt målerpunkt

Anleggsadresse: Gjesdal

MålepunktID: 707057500070997645

Målernummer: 3000082148

Produkt: Spotpris måned

- [Grafvisning](#)
- [Tabellvisning](#)

Dato	Antall dager	Avlest verdi	Forbrukt	Forbruk pr dag
21. jan 2010	10	643 356	2 895	290
11. jan 2010	18	640 461	6 100	339
24. des 2009	29	634 361	6 775	234
25. nov 2009	33	627 586	7 346	223
23. okt 2009	32	620 240	6 816	213
21. sep 2009	20	613 424	6 194	310
01. sep 2009	41	607 230	4 300	105
22. jul 2009	31	602 930	3 117	101
21. jun 2009	27	599 813	2 420	90
25. mai 2009	27	597 393	3 895	144
28. apr 2009	34	593 498	6 693	197
25. mar 2009	24	586 805	4 204	175

[Forrige 1](#) | [2](#) | [3](#) [Neste](#)

Viser fra 13 til 24 av totalt 26

## Forbrukshistorikk: Strøm, gass og varme

Her kan du se historisk forbruk og dine måleravlesninger.

### Velg målerpunkt

- Gjesdal , elektrisk energi, MålepunktID 707057500070997645
- Gjesdal , elektrisk energi, MålepunktID 707057500070997737

### Ordforklaringer

[Hva er målerpunktID?](#)

[Hva er målnummer?](#)

### Valgt målerpunkt

Anleggsadresse: Gjesdal

MålepunktID: 707057500070997645

Målernummer: 3000082148

Produkt: Spotpris måned

- [Grafvisning](#)
- [Tabellvisning](#)

Dato	Antall dager	Avlest verdi	Forbrukt	Forbruk pr dag
01. mar 2009	59	582 601	16 600	281
01. jan 2009	0	566 001	0	0

[Forrige](#) | [1](#) | [2](#) | **3**

Viser fra 25 til 26 av totalt 26

**Vedlegg AC - Lyse, Strømforbruk kårbolig 2009-20011**

Strøm, gass og varme - Lyse

Page 1 of 1

## Forbrukshistorikk: Strøm, gass og varme

Her kan du se historisk forbruk og dine måleravlesninger.

### Velg målerpunkt

- Gjesdal , elektrisk energi, MålepunktID 707057500070997645
- Gjesdal , elektrisk energi, MålepunktID 707057500070997737

### Ordforklaringer

[Hva er målerpunktID?](#)

[Hva er målnummer?](#)

### Valgt målerpunkt

Anleggsadresse: Gjesdal

MålepunktID: 707057500070997737

Målnummer: 3000080320

Produkt: Spotpris måned

- [Grafvisning](#)
- [Tabellvisning](#)

Dato	Antall dager	Avlest verdi	Forbrukt	Forbruk pr dag
29. des 2010	24	28 966	1 506	63
05. des 2010	4	27 460	121	30
01. des 2010	37	27 339	2 100	57
25. okt 2010	33	25 239	1 488	45
22. sep 2010	29	23 751	1 061	37
24. aug 2010	34	22 690	1 090	32
21. jul 2010	29	21 600	918	32
22. jun 2010	30	20 682	1 078	36
23. mai 2010	32	19 604	1 309	41
21. apr 2010	28	18 295	1 393	50
24. mar 2010	24	16 902	1 292	54
28. feb 2010	38	15 610	2 399	63

1 | 2 | 3 Neste

Viser fra 1 til 12 av totalt 26

## Forbrukshistorikk: Strøm, gass og varme

Her kan du se historisk forbruk og dine måleravlesninger.

### Velg målerpunkt

- Gjesdal , elektrisk energi, MålepunktID 707057500070997645
- Gjesdal , elektrisk energi, MålepunktID 707057500070997737

### Ordforklaringer

[Hva er målerpunktID?](#)

[Hva er målnummer?](#)

### Valgt målerpunkt

Anleggsadresse: Gjesdal  
MålepunktID: 707057500070997737  
Målernummer: 3000080320  
Produkt: Spotpris måned

- [Grafvisning](#)
- [Tabellvisning](#)

Dato	Antall dager	Avlest verdi	Forbrukt	Forbruk pr dag
21. jan 2010	10	13 211	378	38
11. jan 2010	18	12 833	1 400	78
24. des 2009	29	11 433	1 670	58
25. nov 2009	33	9 763	1 689	51
23. okt 2009	32	8 074	1 440	45
21. sep 2009	20	6 634	1 084	54
01. sep 2009	41	5 550	1 000	24
22. jul 2009	31	4 550	775	25
21. jun 2009	27	3 775	911	34
25. mai 2009	28	2 864	1 026	37
27. apr 2009	33	1 838	1 349	41
25. mar 2009	24	489	1 729	72

[Forrige 1](#) | [2](#) | [3](#) [Neste](#)

Viser fra 13 til 24 av totalt 26

## Forbrukshistorikk: Strøm, gass og varme

Her kan du se historisk forbruk og dine måleravlesninger.

### Velg målerpunkt

- Gjesdal , elektrisk energi, MålepunktID 707057500070997645
- Gjesdal , elektrisk energi, MålepunktID 707057500070997737

### Ordforklaringer

[Hva er målerpunktID?](#)

[Hva er målnummer?](#)

### Valgt målerpunkt

Anleggsadresse: Gjesdal

MålepunktID: 707057500070997737

Målernummer: 3000080320

Produkt: Spotpris måned

- [Grafvisning](#)
- [Tabellvisning](#)

Dato	Antall dager	Avlest verdi	Forbrukt	Forbruk pr dag
01. mar 2009	59	98 759	3 200	54
01. jan 2009	0	95 559	0	0

[Forrige](#) | [1](#) | [2](#) | [3](#)

Viser fra 25 til 26 av totalt 26

**Vedlegg AD – Fordeling av årlig energiforbruk i kårbolig****Beregnet forbruk Kårbolig**

Utstyr	Effekt – [W]	Målt ukesforbruk – [kWh]	Driftsuger	Bruktid – [h/dag]	Årsforbruk – [kWh]
Kjøleskap	250			8	730
Fryseboks	250			10	913
Oppvaskmaskin *		9,4	50		470
Vaskemaskin *		7,0	50		349
Tørketrommel *		7,3	50		364
Komfyr	2200			1	803
Belysning	800			7	2044
Annet (TV, radio)					900
Sum annet forbruk eks. varmtvann					6572
Varmtvann *, **		103,2	50		5158

Forbruksfordeling Kårbolig

Målt forbruk	kWh
Strømforbruk	16825
Vedforbruk	17536
Totalt energiforbruk	34361

Estimert oppvarmingsbehov	kWh
Uten varmtvann	22630
Inklusiv varmtvann	27788



\* Når anleggsdrift ikke er 52 uker per år antas at beboerne er på ferie i 2 uker og at forbruk i perioden kan neglisjeres

\*\* Det antas at all varme i varmtvann går tapt uten å bidra til oppvarming av boligen.



## Vedlegg AE – Fordeling av årlig energiforbruk i hovedhus

## Beregnet forbruk Hovedhus

Utstyr	Effekt – [W]	Målt ukesforbruk – [kWh]	Driftsuger	Brukstid – [h/dag]	Årsforbruk – [kWh]
Kjøleskap	250			8	730
Fryseboks	250			10	913
Oppvaskmaskin *		4,8	50		239
Vaskemaskin *		4,6	50		231
Villavent avtrekksvifte		10,3	52		535
Komfyr	2200		50	1	772
Belysning	800		50	7	1965
Annet (TV, radio)					900
Sum annet forbruk eks. varmtvann					6285
Varmtvann *, **		76,5	50		3827

Målt forbruk	kWh
Strømforbruk	27740
Vedforbruk	5847
Totalt energiforbruk	33587

Estimert oppvarmingsbehov	kWh
Uten varmtvann	23475
Inklusivt varmtvann	27302

Forbruksfordeling Hovedhus



\* Når anleggsdrift ikke er 52 uker per år antas at beboerne er på ferie i 2 uker og at forbruk i perioden kan neglisjeres

\*\* Det antas at all varme i varmtvann går tapt uten å bidra til oppvarming av boligen.

## Vedlegg AF – Tilbakebetalingstid for merkostnad ved passivhus over TEK 10

År	Kapitalkostnad	Driftskostnad	Sparte utgifter	Årsresultat	Nåverdi	Akk. kontantstrøm	Akk. Nåverdi
	kr	kr	kr	kr	kr		
0					0	0	0
1	17619	0	14241	-3378	-3157	-3378	-3157
2	17619	0	14241	-3378	-2951	-6756	-6108
3	17619	0	14241	-3378	-2758	-10135	-8865
4	17619	0	14241	-3378	-2577	-13513	-11443
5	17619	0	14241	-3378	-2409	-16891	-13851
6	17619	0	14241	-3378	-2251	-20269	-16102
7	17619	0	14241	-3378	-2104	-23647	-18206
8	17619	0	14241	-3378	-1966	-27025	-20172
9	17619	0	14241	-3378	-1838	-30404	-22010
10	17619	0	14241	-3378	-1717	-33782	-23727
11	0	0	14241	14241	6766	-19541	-16961
12	0	0	14241	14241	6323	-5300	-10638
13	0	0	14241	14241	5909	8941	-4729
14	0	0	14241	14241	5523	23182	794
15	0	0	14241	14241	5162	37423	5956
16	0	0	14241	14241	4824	51664	10780
17	0	0	14241	14241	4508	65904	15288
18	0	0	14241	14241	4213	80145	19501
19	0	0	14241	14241	3938	94386	23439
20	0	0	14241	14241	3680	108627	27119
21	0	0	14241	14241	3439	122868	30559
22	0	0	14241	14241	3214	137109	33773
23	0	0	14241	14241	3004	151350	36777
24	0	0	14241	14241	2808	165591	39585
25	0	0	14241	14241	2624	179832	42208

<b>SUM</b>	<b>176191</b>	<b>0</b>	<b>356023</b>	<b>179832</b>	<b>42208</b>		
------------	---------------	----------	---------------	---------------	--------------	--	--

<b>Finansiering</b>		
Investering	135000	kr
Låneandel	100	%
Lån	135000	kr
Tilbakebetalingstid	10	år
Lånerente	7	%
Kalkulsjonsrente	7	%
Annuitetsfaktor	0,142	
Avdrag m/renter	19221	Kr / år
Renter	5721	Kr / år
Skattefradrag	28	%
Avdrag	17619	Kr / år

<b>Strømpriser</b>		
Spotpris	0,41	kr/kWh
Netteteie	0,39	kr/kWh
Salgskostnad	0,05	kr/kWh
Grønne sertifikater	0	kr/kWh
mva	25	%

## Vedlegg AG – Beregning av U-verdi i verkstad tak

Takkonstruksjon	7200cm <sup>2</sup>
-----------------	---------------------

SONE	SONEAREAL	SONEANDEL
------	-----------	-----------

<b>SONE 1</b>	6325	0,88			
Lag		Tykkelse (mm)	$\lambda$ - Varmekonduktivitet (W/m-K)	R – Varmeovergangsmotstand (m <sup>2</sup> -K / W)	<b>U-nedre</b>
0				0,130	
1		26	0,22	0,118	
2				0,003	
3		150	0,039	3,846	
4		1		0,030	
5		50		0,085	
6		18,00	0,12	0,150	
7			25	0,130	
				4,492	0,1955

<b>SONE 2</b>	275	0,04			
Lag		Tykkelse (mm)	$\lambda$ - Varmekonduktivitet (W/m-K)	R – Varmeovergangsmotstand (m <sup>2</sup> -K / W)	<b>U-nedre</b>
0				0,130	
1		26	0,22	0,118	
2				0,003	
3		150	0,12	1,250	
4		1		0,030	
5		50		0,085	
6		18,00	0,12	0,150	
7			25	0,130	
				1,896	0,0201

<b>SONE 3</b>	575	0,08			
Lag		Tykkelse (mm)	$\lambda$ - Varmekonduktivitet (W/m-K)	R – Varmeovergangsmotstand (m <sup>2</sup> -K / W)	<b>U-nedre</b>
0				0,130	
1		26	0,22	0,118	
2				0,003	
3		150	0,04	3,846	
4		1		0,030	
5		50	0,12	0,417	
6		18,00	0,12	0,150	
7			25	0,130	
				4,824	0,017

<b>SONE 4</b>	25	0,0035			
Lag		Tykkelse (mm)	$\lambda$ - Varmekonduktivitet (W/m-K)	R – Varmeovergangsmotstand (m <sup>2</sup> -K / W)	<b>U-nedre</b>
0				0,130	
1		26	0,22	0,118	
2				0,003	
3		150	0,12	1,250	
4		1		0,030	
5		50	0,12	0,417	
6		18,00	0,12	0,150	
7			25	0,130	
				2,228	0,002

## Resultat

Beregning av U-øvre	
Lag	R
0	0,130
1	0,118
2	0,003
3	3,540
4	0,030
5	0,091
6	0,150
7	0,130

Beregning av U-nedre	
Sone	U
1	0,196
2	0,020
3	0,017
4	0,002

<b>U-øvre</b>	<b>0,239</b>
---------------	--------------

<b>U-nedre</b>	<b>0,234</b>
----------------	--------------

## Vedlegg AH – Beregning av U-verdi basert på varmefotografier

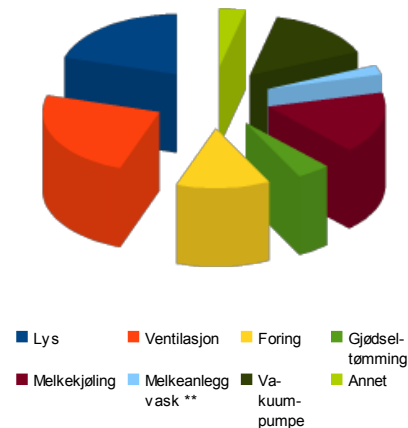
Innvendig overgang	7,7	w/m2K
Utvendig overgang	25	w/m2K
Måleavvik kamera +/-	2	°C
Måleavvik lufttemperatur +/-	0,5	°C

Element	T-ute (°C)	T-inne (°C)	t-overfl.inv. (°C)	t-overfl.utv. (°C)	U (W/m2-K)	Feilforplantning +/-	Relativt awik % +/-
<b>Verkstad</b>							
Vinduskarm	2	14,6	7,3		4,46	0,92	21
Betongelement øst	2	20		2,6	0,83	2,08	250
Betongelement øst	2	20	17,5		1,07	0,64	60
Betongelement sør	2	20	15,1		2,1	0,64	31
Betongelement sør	2	20		2,9	1,25	2,08	167
Betongelement sør	2	20		4,4	3,33	2,08	63
Betongelement vest	3	20		5,7	3,97	2,21	56
Betongelement vest	3	20		3,6	0,88	2,21	250
Betongelement nord	2	20		2,5	0,69	2,08	300
Redskapshus dør	1	20		2	1,32	1,97	150
Redskapshus dør	3	20		4,5	2,21	2,21	100
Dørkarm redskapshus	3	20		11,1	11,91	2,21	19
Dørkarm redskapshus	1	20		5,5	5,92	1,97	33
Verkstaddør	2	20		4,3	3,19	2,08	65
Verkstaddør	2	20	15,1		2,1	0,64	31
Verkstaddør	2	20	17,2		1,2	0,64	54
Verkstaddør karm	2	20		9	9,72	2,08	21
Verkstaddør karm	2	20	9,1		4,66	0,64	14
Portblad	2	20		4,9	4,03	2,08	52
Portblad	2	20		2,01	0,01	2,08	15000
Portblad	2	21	20,2		0,32	0,61	188
Elementpakning nord	-1	20	12,8		2,64	0,55	21
Elementpakning sør	-1	20		-1,3	-0,36	1,79	500
Tak	3	21	20,6		0,17	0,64	375
Tak	2	21	19,8		0,49	0,61	125
<b>Hovedhus</b>							
Yttervegg uisolert kjellerrom	3	12	8		3,42	1,28	38
Yttervegg uisolert kjellerrom	3	12	6,5		4,71	1,28	27
Yttervegg uisolert kjellerrom	3	12	6		5,13	1,28	25
Yttervegg uisolert kjellerrom	3	12		3,6	1,67	4,17	250
Uisolert kjellervegg innvendig	12	20		11,7	-0,94	4,69	500
Uisolert kjellervegg innvendig	12	20		13,6	5	4,69	94
Vinduskarm uisolert kjellerrom	3	12	9,7		1,97	1,28	65
Vinduskarm uisolert kjellerrom	3	12	8,4		3,08	1,28	42
Inngangsdør hovedhus	3	20	13,7		2,85	0,68	24
Inngangsdør hovedhus	3	20		4,2	1,76	2,21	125
Inngangsdør hovedhus	3	20		7,4	6,47	2,21	34
Nordvegg hovedhus	3	20		4,3	1,91	2,21	115
Nordvegg hovedhus (leilighet)	3	16		2,5	-0,96	2,88	300
Stuevegg hovedhus	3	22		4,5	1,97	1,97	100
Kjellerdør	3	17	13,6		1,87	0,83	44
Kjellerdør	3	17	15,1		1,05	0,83	79
Kjellerdørkarm	3	17	11,4		3,08	0,83	27
Vegg ved kjellerdør	3	17	12,3		2,59	0,83	32
<b>Kårbolig</b>							
Nordvegg	3	20		5,8	4,12	2,21	54
Nordvegg	3	20		6,6	5,29	2,21	42
Nordvegg	3	16		8,5	10,58	2,88	27
Nordvegg	3	16		9,7	12,88	2,88	22
Inngangsparti	3	8		3,1	0,5	7,5	1500
Vestvegg	3	20		4,9	2,79	2,21	79
Vestvegg	3	20		4,1	1,62	2,21	136
Vestvegg	3	20		0,2	-4,12	2,21	54
Vestvegg	3	20		0,4	-3,82	2,21	58
Vestvegg	3	20		8,1	7,5	2,21	29
Vestvegg	3	20		1,6	-2,06	2,21	107
Vestvegg	3	20		0,4	-3,82	2,21	58
Vestvegg	3	20		6,4	5	2,21	44
Vestvegg	3	20		3,01	0,01	2,21	15000
Østvegg	3	20		4,9	2,79	2,21	79
Østvegg	3	20		0	-4,41	2,21	50
Østvegg	3	20		6	4,41	2,21	50
Sørvegg	3	20		3,2	0,29	2,21	750
Terrassedør	3	20		13,5	15,44	2,21	14
Terrassedør	3	20		0	-4,41	2,21	50
Terrassedør	3	20		3,4	0,59	2,21	375
Terrassedør	3	20		9	8,82	2,21	25
Terrassedør	3	20		14,6	17,06	2,21	13

## Vedlegg AI – Estimering av energiforbruk til husdyrhold

<b>Data</b>		
Levert melk 2010	181002	kg
Levert bein- og fettfritt kjøtt 2010	3410	kg
Antall årskyr	32,4	stk
Antall kviger eller avgjelde	12	stk
Antall kalver ***	6	stk
<b>Melkekyr</b>	kWh/kg	kWh
Lys	0,022	3982,0
Ventilasjon	0,026	4706,1
Foring	0,014	2534,0
Gjødseltømming	0,005	905,0
Melkekjøling	0,018	3258,0
Melkeanlegg vask **	0,003	506,8
Vakuumpumpe	0,016	2896,0
Annet	0,004	724,0
<b>Sum</b>		<b>19512,0</b>
<b>Ikke melkende-dyr, beregnet av målt kjøttproduksjon</b>	kWh/kg	kWh
Lys	0,075	255,8
Ventilasjon	0,091	310,3
Foring	0,047	160,3
Gjødseltømming	0,019	64,8
Annet	0,012	40,9
<b>Sum ****</b>		<b>832,0</b>
<b>Alternativ beregning for ikke-melkende kyr basert på energiforbruk per årsku</b>	kWh/stk	kWh
Lys	122,9	1843,5
Ventilasjon	145,2	2178,7
Foring	78,2	1173,2
Gjødseltømming	27,9	419,0
Annet	22,3	335,2
<b>Sum</b>		<b>5949,6</b>
Siloheis, 10 min per dag, 274 dager, 3kW		137,0
Lys på løa, 2t per dag, 365 dager, 0,5kW		365,0
<b>Sum for fjøset</b>		<b>25963,6</b>

Fordeling av energiforbruk i melkeproduksjon



\*Tall basert på undersøkelse fra JTI for bås fjøs

\*\* Behov redusert med 60% grunnet varmegjenvinning fra melk

\*\*\* Det blir forutsatt at en kalv bruker halvparten så mye energi som en kvige. Dette skyldes mindre fôr per dyr, men tidvis behov for oppvarming av melk.

\*\*\*\* Energibehov beregnet etter kg levert kjøtt taes ikke med da det antas at dette er forutsatt ren kjøttproduksjon, mens det på Gjesdal Gard er en binæring. Dyrene står side om side med melkekyr og får samme behandling til alt utenom melking.

## Vedlegg AJ – Forbruksmåling for oppvarming av verkstad og energiforbruk i fjøs

Fra dato	Melking	Verkstadoppvarming
30.03.11 19:00	2 / dag	Termostatstyrt vifteovn
04.04.11 00:00	1 / dag	Termostatstyrt vifteovn
18.04.11 09:00	1 / dag	Ingen

Avlesningsdato	Målerstand varmevifte (kWh)	Forbrukt energi verkstadoppv.	Midlere effekt (W)	Gjennomsnittstemp ute (°C)	Spesifikt varmetap (W/K)
30.03.11 19:00	0				
16.04.11 11:00	446,4	446,4	1116	7,7	152,63
18.04.11 09:00	460,2	13,8	300	9,0	50,36
<b>For hele perioden</b>		<b>460,2</b>	<b>1011</b>	<b>8</b>	<b>144,56</b>

Årlig oppvarmingsbehov, basert på gjennomsnittstemp	
Gjennomsnittlig utetemp	4,9°C
Oppvarmingsbehov	12790 kWh

Årlig oppvarmingsbehov, basert på graddagstall for 15 grader innetemp	
Graddagstall	2942 Graddager / år
Oppvarmingsbehov	10207 kWh

Dato	Målerstand løå (kWh)	Estimert annet forbruk i verkstaden (kWh)	Estimert verkstadoppv. (kWh)	Forbrukt energi i fjøset (kWh)	Energiforbruk per døgn (kWh)	Energiforbruk per stelling (kWh)
30.03.11 19:00	969116					
09.04.11 17:00	970251,9	68,1	265,6	802,2	80,9	57,3
16.04.11 11:00	971041,9	46,4	180,8	562,8	83,4	80,4
18.04.11 18:00	971235,7	15,7	13,8	164,3	71,7	82,1
26.04.11 15:50	971865,9	54,3	0,0	575,9	72,8	82,3
<b>For hele perioden</b>	<b>2749,9</b>	<b>184,5</b>	<b>460,2</b>	<b>2105,2</b>	<b>78,4</b>	<b>70,2</b>

Årlig energibehov i fjøset, basert på forbruk per stelling	
Antall døgn med 2 stelling	270
Antall døgn med 1 stelling	50
Energiforbruk for 2 stelling	57,3 kWh/stk
Energiforbruk for 1 stelling	81,6 kWh/stk
<b>Sum</b>	<b>35021 kWh</b>

Årlig energibehov i fjøset, basert på forbruk per døgn	
Antall døgn med drift per år	320 døgn
<b>Sum</b>	<b>25073 kWh</b>

**Vedlegg AK – Beregning av kulvert for nytt hus****Resultater**

		Arbeidsområde (°C)	80/60			50/40		
		Rørdiameter (mm)	15	20	25	15	20	25
<b>Tek 10 hus</b>	<b>Ved kårbolig</b>	Tapt energi (kWh)	6318	6640	6857	3793	3960	4083
		Virkningsgrad %	70,7	69,7	69,0	80,1	79,4	78,9
		Kulvertkostnad (kr)	39600	41924	47048	39600	41924	47048
		Driftskostnad (kr)	77	70	69	127	107	103
<b>Passivhus</b>	<b>Ved kårbolig</b>	Tapt energi (kWh)	6248	6577	6797	3673	3864	3993
		Virkningsgrad %	34,9	33,7	33,0	47,7	46,4	45,6
		Kulvertkostnad (kr)	39600	41924	47048	39600	41924	47048
		Driftskostnad (kr)	21	21	21	31	31	30
<b>Tek 10 hus</b>	<b>På åskam</b>	Tapt energi (kWh)	14204	14936	15428	8497	8902	9184
		Virkningsgrad %	51,8	50,5	49,7	64,2	63,1	62,4
		Kulvertkostnad (kr)	64100	69329	80858	64100	69329	80858
		Driftskostnad (kr)	164	156	154	256	234	229
<b>Passivhus</b>	<b>På åskam</b>	Tapt energi (kWh)	14058	14799	15293	8263	8695	8983
		Virkningsgrad %	19,2	18,4	17,9	28,8	27,8	27,1
		Kulvertkostnad (kr)	64100	69329	80858	64100	69329	80858
		Driftskostnad (kr)	47	46	46	69	69	68
<b>Tek 10 hus</b>	<b>Ved kårbolig</b>	Tapt energi (kWh)	6339	6656	6872			
		inkludert	inkludert	inkludert	inkludert			
<b>varmtvann</b>		Virkningsgrad %	74,4	73,5	72,9			
		Kulvertkostnad (kr)	39600	41924	47048			
<b>Tek 10 hus</b>	<b>På åskam</b>	Driftskostnad (kr)	94	83	81			
		Tapt energi (kWh)	14244	14971	15462			
<b>inkludert</b>		Virkningsgrad %	56,4	55,2	54,4			
		Kulvertkostnad (kr)	64100	69329	80858			
<b>varmtvann</b>		Driftskostnad (kr)	195	184	181			

Minste energitap	3673 kWh
Høyeste energitap	15462 kWh
Maksimal virkningsgrad	80,1 %
Minste virkningsgrad	17,9 %
Laveste kulvertkostnad	39600 kr
Høyeste kulvertkostnad	80858 kr
Laveste driftskostnad	20,5 kr
Høyeste driftskostnad	256,1 kr

\* Tapt energi er summen av varmetap og elektrisitet brukt for å drive pumpe

\* Anleggets virkningsgrad referer bare til distribusjonsanlegget og baseres på avgitt varme i forhold til tilført energi i form av varme og elektrisitet til pumpe

\* Kulvertkostnaden er avhengig av rørdiameter og kulvertens lengde

\* Driftskostnad er estimert elektrisitetskostnad for pumpe drift ved 80øre/kWh



<b>Konstanter</b>		
Cv vann	4200	J/kg-K
Vann densitet 40 deg	992,2	kg/m <sup>3</sup>
Vann densitet 50 deg	988,0	kg/m <sup>3</sup>
Vann densitet 80 deg	971,8	kg/m <sup>3</sup>
Sekunder / time	3600	s
Vann kinematisk viskositet 40 deg	6,58E-007	m <sup>2</sup> /s
Vann kinematisk viskositet 50 deg	5,53E-007	m <sup>2</sup> /s
Vann kinematisk viskositet 80 deg	3,67E-007	m <sup>2</sup> /s
Forhold meter vannsøyle / bar	10	m/bar
Forhold Pascal / bar	1,00E+005	Pa/bar
Varmetapstall kulvert doble 15mm rør **	0,1700	W/m-K
Varmetapstall kulvert doble 20mm rør	0,1790	W/m-K
Varmetapstall kulvert doble 25mm rør	0,1850	W/m-K
Andel oppvarming dekket av anlegg	75	%
Andel av dimensjonerende effektbehov	40	%
<b>Kulvertkostnader</b>		
Grøftegraving meterpris ***	300	kr/m
Grøftegraving oppmøte ***	5000	kr
Kostnad kulvert doble 15mm rør **	140	SEK ex. Mva./m *
Kostnad kulvert doble 20mm rør	156,6	SEK ex. Mva./m *
Kostnad kulvert doble 25mm rør	193,2	SEK ex. Mva./m *
Diverse ****	20000	kr
<b>Energibehov</b>		
Tek 10 hus	18306	kWh
Passivhus	4014	kWh
Varmtvannsforbruk kårfolk	3827	kWh
Virkningsgrad varmeveksler	90	%
Tek 10 hus	20340	kWh
Passivhus	4460	kWh
Varmtvannsforbruk kårfolk	4252	kWh
<b>Åskam</b>		
Rørstrekk	315	m
Høydeforskjell	24	m
<b>Ved kårbolig</b>		
Rørstrekk	140	m
Høydeforskjell	-4,5	m
<b>Lavtemperatursystem</b>		
Turtemperatur	50	
Returtemperatur	30	
<b>Høytemperatursystem</b>		
Turtemperatur	80	
Returtemperatur	50	

\* Det antas at 1 SEK = 1 NOK

\*\* Leverandøren har ikke kulvert for 15mm rør, verdier er estimater

\*\*\* Basert på tall levert av Trygve Stangeland entreprenør for grøfting, omgyling, lukking og transport

\*\*\*\* Her inngår kostnader ved transport og installasjon

Generelle data	
Rørstrekk	140 m
Høydeforskjell	-4,5 m
Turtemperatur	80 C
Returtemperatur	50 C
Densitet	971,8 kg/m <sup>3</sup>
Kinematisk viskositet	3,67E-007 m <sup>2</sup> /s
Plastrør absolutt ruhet	0,00E+000 m
Rørdiameter	15 mm
Kulvertisolasjon	0,1700 W/m-K
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmebehov	
Årlig totalt behov	20340 kWh
Andel av behov dekket av varmeanlegg	75%
Avgitt varme fra varmeanlegg	15255 kWh / år

Standard	TEK '10hus
Plassering	Ved kårbolig
Temperatur	Høytemperatur system

Resultater	
Dimensjonerende effektbehov 20°C inne	13,87 Kw
Maks effekt levert av varmeanlegg	5,55 Kw
Temperaturdifferenase	30 C
Transportert vannmengde	0,04 kg/s
Transportert vannmengde	158,5 kg/h
Transportert vannmengde	0,16 m <sup>3</sup> /h
Vannhastighet	0,3 m/s

Friksjonstap – colebrook	
Reynolds tall	10483 Turbulent
Rørfriksjonstall – Colebrook iterasjon	0,03050
Friksjonstap – colebrook	65 Pa/m

Friksjonstap tilnærming (for vann ved 80 grader)	
For plastrør	71,37 Pa/m

Høyeste friksjonsverdi brukes for trykktap

Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans
Pumpe utløpsstrykk	2,71	1 Bar
Friksjonstap i tilførsel	0,1	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	-0,45	-0,45 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	3,06	1,45 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	2,56	1,45 Bar
Friksjonstap i retur	0,1	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0,45	0,45 Bar
Trykk ved innløp til kjel	2,01	1 Bar
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	1,51	1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1,2	0 Bar
Laveste trykk	1,51	1 Bar
Høyeste trykk	3,06	1,45 Bar

Pumpekrav	
Løftehøyde	12,0 m
Minste pumpeeffekt	0,01 Kw
Årlig energibehov pumpe	96,3 kWh
Driftskostnad gitt 79,9øre/kwh	76,9 Kr / år

Varmetap	
Jordtemperatur	4,9 C
Kulvertisolasjon	0,1700 W/m-K
Varmetap turledning	894 W
Varmetap returledning	537 W
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmetap per lengdemeter	10,22 W / lm
Årlig varmetap	6222,2 kWh

System	
Tapt /brukt energi	6318,4 kWh
Avgitt energi	15255 kWh
Tilført energi	21573,4 kWh
Systemvirkningsgrad	70,71%

Kulvertkostnader	
Kulvert meterpris	140 kr/m
Diverse	20000 kr
Kulvert kostnad	39600 kr
Grøftegraving meterpris	300 kr/m
Grøftegraving oppmøte	1667 kr
Grøftekostnad	43667 kr
Tilkoblingskostnad	83267 kr

Grøftegraving taes ikke med i sammenligning, grøft må graves uansett ved nybygg

Colebrook rørfriksjonstall for turbulent strømning, iterasjon					
1,00000	1,000	=	7,242	0,14	
0,13809	2,691	=	6,382	0,42	
0,05823	4,144	=	6,007	0,69	
0,04017	4,989	=	5,846	0,85	
0,03429	5,400	=	5,777	0,93	
0,03205	5,585	=	5,747	0,97	
0,03115	5,666	=	5,735	0,99	
0,03077	5,700	=	5,730	0,99	
0,03062	5,715	=	5,728	1	
0,03055	5,721	=	5,727	1	
0,03052	5,724	=	5,726	1	
0,03051	5,725	=	5,726	1	
0,03050	5,726	=	5,726	1	
0,03050	5,726	=	5,726	1	

Iterasjon Pumpetrykk	Under drift	Stans
Trykk i rørstrekk		
Pumpe utløpsstrykk	1	1 Bar
Friksjonstap i tilførsel	0,1	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	-0,45	-0,45 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	1,35	1,45 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	0,85	1,45 Bar
Friksjonstap i retur	0,1	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0,45	0,45 Bar
Trykk ved innløp til kjel	0,3	1 Bar
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	-0,2	1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1,2	0 Bar
Laveste trykk	-0,2	1 Bar
Høyeste trykk	1,35	1,45 Bar
Nødvendig pumpetrykk	2,71	Bar

Kjel driftstid med gitt effekt og varmetap	
Kjeleffekt	5,55 kW
Driftstid per år	3871,9 T / år
Andel av år	44,2% av året
Driftstid per dag gitt likt dagsforbruk	10,6 T / dag
Energiproduksjon per dag	58,8 kWh/dag
Maksimalproduksjon	133,1 kWh/dag

Generelle data	
Rørstrekk	140 m
Høydeforskjell	-4,5 m
Turtemperatur	80 C
Returtemperatur	50 C
Densitet	971,8 kg/m <sup>3</sup>
Kinematisk viskositet	3,67E-007 m <sup>2</sup> /s
Plastrør absolutt ruhet	0,00E+000 m
Rørdiameter	20 mm
Kulvertisolasjon	0,1790 W/m-K
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmebehov	
Årlig totalt behov	20340 kWh
Andel av behov dekket av varmeanlegg	75 %
Avgitt varme fra varmeanlegg	15255 kWh / år

<b>Standard</b>	<b>TEK '10hus</b>
<b>Plassering</b>	<b>Ved kårbolig</b>
<b>Temperatur</b>	<b>Høytemperatur system</b>

Resultater	
Dimensjonerende effektbehov 20°C inne	13,87 Kw
Maks effekt levert av varmeanlegg	5,55 Kw
Temperaturdifferanse	30 C
Transportert vannmengde	0,04 kg/s
Transportert vannmengde	158,48 kg/h
Transportert vannmengde	0,1631 m <sup>3</sup> /h
Vannhastighet	0,1 m/s

Frikjonstap – colebrook	
Reynolds tall	7862 <b>Transient</b>
Rørfrikjonstall – Colebrook iterasjon	0,00000
Frikjonstap – colebrook	0 Pa/m

Frikjonstap tilnærming (for vann ved 80 grader)	
For plastrør	18,77 Pa/m

Høyeste frikjonsverdi brukes for trykktap

Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans
Pumpe utløpstrykk	2,56	1 Bar
Frikjonstap i tilførsel	0,03	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	-0,45	-0,45 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	2,99	1,45 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	2,49	1,45 Bar
Frikjonstap i retur	0,03	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0,45	0,45 Bar
Trykk ved innløp til kjel	2,01	1 Bar
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	1,51	1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1,05	0 Bar
Laveste trykk	1,51	1 Bar
Høyeste trykk	2,99	1,45 Bar

Pumpekrav	
Løftehøyde	10,5 m
Minste pumpeeffekt	0,01 Kw
Årlig energibehov pumpe	88,0 kWh
Driftskostnad gitt 79,9øre/kwh	70,3 Kr / år

Varmetap	
Jordtemperatur	4,9 C
Kulvertisolasjon	0,1790 W/m-K
Varmetap turledning	941 W
Varmetap returledning	565 W
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmetap per lengdemeter	10,76 W / lm
Årlig varmetap	6551,6 kWh

System	
Tapt /brukt energi	6639,5 kWh
Avgitt energi	15255 kWh
Tilført energi	21895 kWh
Systemvirkningsgrad	69,67 %

Kulvertkostnader	
Kulvert meterpris	156,6 kr/m
Diverse	20000 kr
Kulvert kostnad	41924 kr
Grøftegraving meterpris	300 kr/m
Grøftegraving oppmøte	1667 kr
Grøftekostnad	43667 kr
Tilkoblingskostnad	85591 kr

Grøftegraving taes ikke med i sammenligning, grøft må graves uansett ved nybygg

Colebrook rørfrikjonstall for turbulent strømning, iterasjon					
1,00000	1,000	=	6,992	0,14	
0,14303	2,644	=	6,147	0,43	
0,06152	4,032	=	5,781	0,7	
0,04291	4,828	=	5,624	0,86	
0,03683	5,211	=	5,558	0,94	
0,03453	5,382	=	5,530	0,97	
0,03360	5,455	=	5,518	0,99	
0,03322	5,487	=	5,513	1	
0,03306	5,500	=	5,511	1	
0,03299	5,505	=	5,510	1	
0,03296	5,508	=	5,510	1	
0,03295	5,509	=	5,510	1	
0,03295	5,509	=	5,510	1	
0,03295	5,509	=	5,510	1	

Iterasjon Pumpetrykk			
Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans	
Pumpe utløpstrykk	1	1 Bar	
Frikjonstap i tilførsel	0,03	0 Bar	
Høydeforskjell i rørstrekk	-0,45	-0,45 Bar	
Trykk ved innløp til varmeveksler	1,42	1,45 Bar	
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar	
Trykk ved utløp av varmeveksler	0,92	1,45 Bar	
Frikjonstap i retur	0,03	0 Bar	
Høydeforskjell i rørstrekk	0,45	0,45 Bar	
Trykk ved innløp til kjel	0,45	1 Bar	
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar	
Trykk i innløp til pumpe	-0,05	1 Bar	
Trykkdifferanse over pumpe	1,05	0 Bar	
Laveste trykk	-0,05	1 Bar	
Høyeste trykk	1,42	1,45 Bar	
Nødvendig pumpetrykk	2,56	Bar	

Kjel driftstid med gitt effekt og varmetap	
Kjeleffekt	5,55 kW
Driftstid per år	3931,3 T / år
Andel av år	44,9 % av året
Driftstid per dag gitt likt dagsforbruk	10,8 T / dag
Energiproduksjon per dag	59,7 kWh/dag
Maksimalproduksjon	133,1 kWh/dag

Generelle data	
Rørstrekk	140 m
Høydeforskjell	-4,5 m
Turtemperatur	80 C
Returtemperatur	50 C
Densitet	971,8 kg/m <sup>3</sup>
Kinematisk viskositet	3,67E-007 m <sup>2</sup> /s
Plastrør absolutt ruhet	0,00E+000 m
Rørdiameter	25 mm
Kulvertisolasjon	0,1850 W/m-K
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
<b>Varnebehov</b>	
Årlig totalt behov	20340 kWh
Andel av behov dekket av varmeanlegg	75 %
Avgitt varme fra varmeanlegg	15255 kWh / år

Standard	TEK '10hus
Plassering	Ved kår bolig
Temperatur	Høytemperatur system

Resultater	
Dimensjonerende effektbehov 20°C inne	13,87 Kw
Maks effekt levert av varmeanlegg	5,55 Kw
Temperaturdifferanse	30 C
Transportert vannmengde	0,04 kg/s
Transportert vannmengde	158,5 kg/h
Transportert vannmengde	0,16 m <sup>3</sup> /h
Vannhastighet	0,1 m/s

Frikjonstap – colebrook	
Reynolds tall	6290 <b>Transient</b>
Rørfrikjonstall – Colebrook iterasjon	0,00000
Frikjonstap – colebrook	0 Pa/m

Frikjonstap tilnærming (for vann ved 80 grader)	
For plastrør	6,66 Pa/m

Høyeste frikjonsverdi brukes for trykktap

Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans
Pumpe utløpstrykk	2,53	1 Bar
Frikjonstap i tilførsel	0,01	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	-0,45	-0,45 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	2,97	1,45 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	2,47	1,45 Bar
Frikjonstap i retur	0,01	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0,45	0,45 Bar
Trykk ved innløp til kjel	2,01	1 Bar
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	1,51	1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1,02	0 Bar
Laveste trykk	1,51	1 Bar
Høyeste trykk	2,97	1,45 Bar

<b>Pumpekrav</b>	
Løftehøyde	10,2 m
Minste pumpeeffekt	0,01 Kw
Årlig energibehov pumpe	86,1 kWh
Driftskostnad gitt 79,9øre/kwh	68,8 Kr / år

Varmetap	
Jordtemperatur	4,9 C
Kulvertisolasjon	0,1850 W/m-K
Varmetap turledning	973 W
Varmetap returledning	584 W
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmetap per lengdemeter	11,12 W / lm
Årlig varmetap	6771,2 kWh

System	
Tapt /brukt energi	6857,2 kWh
Avgitt energi	15255 kWh
Tilført energi	22112,2 kWh
Systemvirkningsgrad	68,99 %

Kulvertkostnader	
Kulvert meterpris	193,2 kr/m
Diverse	20000 kr
Kulvert kostnad	47048 kr
Grøftegraving meterpris	300 kr/m
Grøftegraving oppmøte	1667 kr
Grøftkostnad	43667 kr
Tilkoblingskostnad	90715 kr

Grøftegraving taes ikke med i sammenligning, grøft må graves uansett ved nybygging

Colebrook rørfrikjonstall for turbulent strømning, iterasjon				
1,00000	1,000	=	6,798	0,15
0,14710	2,607	=	5,966	0,44
0,06429	3,944	=	5,606	0,7
0,04523	4,702	=	5,453	0,86
0,03900	5,064	=	5,389	0,94
0,03665	5,224	=	5,362	0,97
0,03570	5,292	=	5,351	0,99
0,03531	5,321	=	5,346	1
0,03515	5,334	=	5,344	1
0,03508	5,339	=	5,343	1
0,03506	5,341	=	5,343	1
0,03505	5,342	=	5,343	1
0,03504	5,342	=	5,342	1
0,03504	5,342	=	5,342	1

Iterasjon Pumpetrykk		
Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans
Pumpe utløpstrykk	1	1 Bar
Frikjonstap i tilførsel	0,01	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	-0,45	-0,45 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	1,44	1,45 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	0,94	1,45 Bar
Frikjonstap i retur	0,01	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0,45	0,45 Bar
Trykk ved innløp til kjel	0,48	1 Bar
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	-0,02	1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1,02	0 Bar
Laveste trykk	-0,02	1 Bar
Høyeste trykk	1,44	1,45 Bar
Nødvendig pumpetrykk	2,53	Bar

Kjel driftstid med gitt effekt og varmetap	
Kjeleffekt	5,55 kW
Driftstid per år	3970,9 T / år
Andel av år	45,3 % av året
Driftstid per dag gitt likt dagsforbruk	10,9 T / dag
Energiproduksjon per dag	60,3 kWh/dag
Maksimalproduksjon	133,1 kWh/dag

Generelle data	
Rørstrekk	140 m
Høydeforskjell	-4,5 m
Turtemperatur	50 C
Returtemperatur	30 C
Densitet	988 kg/m <sup>3</sup>
Kinematisk viskositet	5,53E-007 m <sup>2</sup> /s
Plastrør absolutt ruhet	0,00E+000 m
Rørdiameter	15 mm
Kulvertisolasjon	0,1700 W/m-K
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmebehov	
Årlig totalt behov	20340 kWh
Andel av behov dekket av varmeanlegg	75 %
Avgitt varme fra varmeanlegg	15255 kWh / år

Standard	TEK '10hus
Plassering	Ved kårbolig
Temperatur	Lavtemperatur system

Resultater	
Dimensjonerende effektbehov 20°C inne	13,87 Kw
Maks effekt levert av varmeanlegg	5,55 Kw
Temperaturdifferanse	20 C
Transportert vannmengde	0,07 kg/s
Transportert vannmengde	237,7 kg/h
Transportert vannmengde	0,24 m <sup>3</sup> /h
Vannhastighet	0,4 m/s

Frikjonstap – colebrook	
Reynolds tall	10264 Turbulent
Rørfrikjonstall – Colebrook iterasjon	0,03067
Frikjonstap – colebrook	144,65 Pa/m

Frikjonstap tilnærming (for vann ved 80 grader)	
For plastrør	142,57 Pa/m
Høyeste frikjonsverdi brukes for trykktap	

Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans
Pumpe utløpstrykk	2,91	1 Bar
Frikjonstap i tilførsel	0,2	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	-0,45	-0,45 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	3,16	1,45 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	2,66	1,45 Bar
Frikjonstap i retur	0,2	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0,45	0,45 Bar
Trykk ved innløp til kjel	2,01	1 Bar
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	1,51	1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1,41	0 Bar
Laveste trykk	1,51	1 Bar
Høyeste trykk	3,16	1,45 Bar

Pumpekrav	
Løftehøyde	14,1 m
Minste pumpeeffekt	0,02 Kw
Årlig energibehov pumpe	158,8 kWh
Driftskostnad gitt 79,9øre/kwh	126,9 Kr / år

Varmetap	
Jordtemperatur	4,9 C
Kulvertisolasjon	0,1700 W/m-K
Varmetap turledning	537 W
Varmetap returledning	299 W
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmetap per lengdemeter	5,97 W / lm
Årlig varmetap	3633,9 kWh

System	
Tapt /brukt energi	3792,7 kWh
Avgitt energi	15255 kWh
Tilført energi	19047,7 kWh
Systemvirkningsgrad	80,09 %

Kulvertkostnader	
Kulvert meterpris	140 kr/m
Diverse	20000 kr
Kulvert kostnad	39600 kr
Grøftegraving meterpris	300 kr/m
Grøftegraving oppmøte	1667 kr
Grøftkostnad	43667 kr
Tilkoblingskostnad	83267 kr

Grøftegraving taes ikke med i sammenligning, grøft må graves uansett ved nybygging

Colebrook rørfrikjonstall for turbulent strømning, iterasjon					
1,00000	1,000	=	7,223	0,14	
0,13844	2,688	=	6,365	0,42	
0,05846	4,136	=	5,990	0,69	
0,04036	4,977	=	5,829	0,85	
0,03447	5,387	=	5,761	0,94	
0,03223	5,570	=	5,732	0,97	
0,03132	5,650	=	5,719	0,99	
0,03094	5,685	=	5,714	0,99	
0,03079	5,699	=	5,712	1	
0,03072	5,705	=	5,711	1	
0,03069	5,708	=	5,710	1	
0,03068	5,709	=	5,710	1	
0,03067	5,710	=	5,710	1	
0,03067	5,710	=	5,710	1	

Iterasjon Pumpetrykk		
Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans
Pumpe utløpstrykk	1	1 Bar
Frikjonstap i tilførsel	0,2	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	-0,45	-0,45 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	1,25	1,45 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	0,75	1,45 Bar
Frikjonstap i retur	0,2	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0,45	0,45 Bar
Trykk ved innløp til kjel	0,1	1 Bar
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	-0,4	1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1,4	0 Bar
Laveste trykk	-0,4	1 Bar
Høyeste trykk	1,25	1,45 Bar
Nødvendig pumpetrykk	2,91	Bar

Kjel driftstid med gitt effekt og varmetap	
Kjeleffekt	5,55 kW
Driftstid per år	3405,3 T / år
Andel av år	38,9 % av året
Driftstid per dag gitt likt dagsforbruk	9,3 T / dag
Energiproduksjon per dag	51,8 kWh/dag
Maksimalproduksjon	133,1 kWh/dag

Generelle data	
Rørstrekk	140 m
Høydeforskjell	-4,5 m
Turtemperatur	50 C
Returtemperatur	30 C
Densitet	988 kg/m <sup>3</sup>
Kinematisk viskositet	5,53E-007 m <sup>2</sup> /s
Plastrør absolutt ruhet	0,00E+000 m
Rørdiameter	20 mm
Kulvertisolasjon	0,1790 W/m-K
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmebehov	
Årlig totalt behov	20340 kWh
Andel av behov dekket av varmeanlegg	75 %
Avgitt varme fra varmeanlegg	15255 kWh / år

<b>Standard</b>	<b>TEK '10hus</b>
<b>Plassering</b>	<b>Ved kårbolig</b>
<b>Temperatur</b>	<b>Lavtemperatur system</b>

Resultater	
Dimensjonerende effektbehov 20°C inne	13,87 Kw
Maks effekt levert av varmeanlegg	5,55 Kw
Temperaturdifferenase	20 C
Transportert vannmengde	0,07 kg/s
Transportert vannmengde	237,7 kg/h
Transportert vannmengde	0,24 m <sup>3</sup> /h
Vannhastighet	0,2 m/s

Friksjonstap – colebrook	
Reynolds tall	7698 <b>Transient</b>
Rørfriksjonstall – Colebrook iterasjon	0,00000
Friksjonstap – colebrook	0 Pa/m

Friksjonstap tilnærming (for vann ved 80 grader)	
For plastrør	37,50 Pa/m

Høyeste friksjonsverdi brukes for trykktap

Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans
Pumpe utløpstrykk	2,61	1 Bar
Friksjonstap i tilførsel	0,05	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	-0,45	-0,45 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	3,01	1,45 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	2,51	1,45 Bar
Friksjonstap i retur	0,05	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0,45	0,45 Bar
Trykk ved innløp til kjel	2,01	1 Bar
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	1,51	1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1,1	0 Bar
Laveste trykk	1,51	1 Bar
Høyeste trykk	3,01	1,45 Bar

Pumpekrav	
Løftehøyde	11,0 m
Minste pumpeeffekt	0,02 Kw
Årlig energibehov pumpe	134,2 kWh
Driftskostnad gitt 79,9øre/kwh	107,2 Kr / år

Varmetap	
Jordtemperatur	4,9 C
Kulvertisolasjon	0,1790 W/m-K
Varmetap turledning	565 W
Varmetap returledning	315 W
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmetap per lengdemeter	6,28 W / lm
Årlig varmetap	3826,3 kWh

System	
Tapt /brukt energi	3960,4 kWh
Avgitt energi	15255 kWh
Tilført energi	19215 kWh
Systemvirkningsgrad	79,39 %

Kulvertkostnader	
Kulvert meterpris	156,6 kr/m
Diverse	20000 kr
Kulvert kostnad	41924 kr
Grøftegraving meterpris	300 kr/m
Grøftegraving oppmøte	1667 kr
Grøftkostnad	43667 kr
Tilkoblingskostnad	85591 kr

Grøftegraving taes ikke med i sammenligning, grøft må graves uansett ved nybygg

Colebrook rørfriksjonstall for turbulent strømning, iterasjon				
1,00000	1,000	=	6,973	0,14
0,14340	2,641	=	6,130	0,43
0,06178	4,023	=	5,764	0,7
0,04312	4,816	=	5,608	0,86
0,03703	5,197	=	5,542	0,94
0,03472	5,367	=	5,514	0,97
0,03379	5,440	=	5,502	0,99
0,03341	5,471	=	5,497	1
0,03325	5,484	=	5,495	1
0,03318	5,490	=	5,494	1
0,03315	5,492	=	5,494	1
0,03314	5,493	=	5,494	1
0,03314	5,493	=	5,494	1
0,03314	5,494	=	5,494	1

Iterasjon Pumpetrykk			
Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans	
Pumpe utløpstrykk	7	1 Bar	
Friksjonstap i tilførsel	0,05	0 Bar	
Høydeforskjell i rørstrekk	-0,45	-0,45 Bar	
Trykk ved innløp til varmeveksler	1,4	1,45 Bar	
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar	
Trykk ved utløp av varmeveksler	0,9	1,45 Bar	
Friksjonstap i retur	0,05	0 Bar	
Høydeforskjell i rørstrekk	0,45	0,45 Bar	
Trykk ved innløp til kjel	0,4	1 Bar	
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar	
Trykk i innløp til pumpe	-0,7	1 Bar	
Trykkdifferanse over pumpe	1,1	0 Bar	
Laveste trykk	-0,1	1 Bar	
Høyeste trykk	1,4	1,45 Bar	
Nødvendig pumpetrykk	2,61	Bar	

Kjel driftstid med gitt effekt og varmetap	
Kjeleffekt	5,55 kW
Driftstid per år	3440,0 T / år
Andel av år	39,3 % av året
Driftstid per dag gitt likt dagsforbruk	9,4 T / dag
Energiproduksjon per dag	52,3 kWh/dag
Maksimalproduksjon	133,1 kWh/dag

Generelle data	
Rørstrekk	140 m
Høydeforskjell	-4,5 m
Turtemperatur	50 C
Returtemperatur	30 C
Densitet	988 kg/m <sup>3</sup>
Kinematisk viskositet	5,53E-007 m <sup>2</sup> /s
Plastrør absolutt ruhet	0,00E+000 m
Rørdiameter	25 mm
Kulvertisolasjon	0,1850 W/m-K
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmebehov	
Årlig totalt behov	20340 kWh
Andel av behov dekket av varmeanlegg	75 %
Avgitt varme fra varmeanlegg	15255 kWh / år

Standard	TEK '10hus
Plassering	Ved kårbolig
Temperatur	Lavtemperatur system

Resultater	
Dimensjonerende effektbehov 20°C inne	13,87 Kw
Maks effekt levert av varmeanlegg	5,55 Kw
Temperaturdifferanse	20 C
Transportert vannmengde	0,07 kg/s
Transportert vannmengde	237,7 kg/h
Transportert vannmengde	0,24 m <sup>3</sup> /h
Vannhastighet	0,1 m/s

Friksjonstap – colebrook	
Reynolds tall	6159 <b>Transient</b>
Rørfriksjonstall – Colebrook iterasjon	0,00000
Friksjonstap – colebrook	0 Pa/m

Friksjonstap tilnærming (for vann ved 80 grader)	
For plastrør	13,31 Pa/m
Høyeste friksjonsverdi brukes for trykktap	

Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans
Pumpe utløpstrykk	2,55	1 Bar
Friksjonstap i tilførsel	0,02	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	-0,45	-0,45 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	2,98	1,45 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	2,48	1,45 Bar
Friksjonstap i retur	0,02	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0,45	0,45 Bar
Trykk ved innløp til kjel	2,01	1 Bar
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	1,51	1 Bar
Trykktap i innløp til pumpe	1,04	0 Bar
Laveste trykk	1,51	1 Bar
Høyeste trykk	2,98	1,45 Bar

Pumpekrav	
Løftehøyde	10,4 m
Minste pumpeeffekt	0,01 Kw
Årlig energibehov pumpe	128,5 kWh
Driftskostnad gitt 79,9øre/kwh	102,7 Kr / år

Varmetap	
Jordtemperatur	4,9 C
Kulvertisolasjon	0,1850 W/m-K
Varmetap turledning	584 W
Varmetap returledning	325 W
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmetap per lengdemeter	6,49 W / lm
Årlig varmetap	3954,5 kWh

System	
Tapt /brukt energi	4083,1 kWh
Avgitt energi	15255 kWh
Tilført energi	19338,1 kWh
Systemvirkningsgrad	78,89 %

Kulvertkostnader	
Kulvert meterpris	193,2 kr/m
Diverse	20000 kr
Kulvert kostnad	47048 kr
Grøftegraving meterpris	300 kr/m
Grøftegraving oppmøte	1667 kr
Grøftekostnad	43667 kr
Tilkoblingskostnad	90715 kr

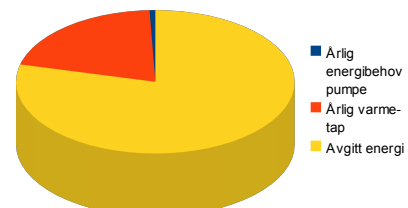
Grøftegraving taes ikke med i sammenligning, grøft må graves uansett ved nybygg

Colebrook rørfriksjonstall for turbulent strømning, iterasjon				
1,00000	1,000	=	6,780	0,15
0,14750	2,604	=	5,948	0,44
0,06456	3,936	=	5,590	0,7
0,04546	4,690	=	5,437	0,86
0,03921	5,050	=	5,373	0,94
0,03685	5,209	=	5,346	0,97
0,03591	5,277	=	5,335	0,99
0,03552	5,306	=	5,330	1
0,03536	5,318	=	5,328	1
0,03529	5,323	=	5,327	1
0,03526	5,325	=	5,327	1
0,03525	5,326	=	5,327	1
0,03525	5,326	=	5,327	1
0,03525	5,327	=	5,327	1

Iterasjon Pumpetrykk		
Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans
Pumpe utløpstrykk	1	1 Bar
Friksjonstap i tilførsel	0,02	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	-0,45	-0,45 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	1,43	1,45 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	0,93	1,45 Bar
Friksjonstap i retur	0,02	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0,45	0,45 Bar
Trykk ved innløp til kjel	0,46	1 Bar
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	-0,04	1 Bar
Trykktap i innløp til pumpe	1,04	0 Bar
Laveste trykk	-0,04	1 Bar
Høyeste trykk	1,43	1,45 Bar
Nødvendig pumpetrykk	2,55	Bar

Kjel driftstid med gitt effekt og varmetap	
Kjelleffekt	5,55 kW
Driftstid per år	3463,1 T / år
Andel av år	39,5 % av året
Driftstid per dag gitt likt dagsforbruk	9,5 T / dag
Energiproduksjon per dag	52,6 kWh/dag
Maksimalproduksjon	133,1 kWh/dag

Fordeling av energi i kulvertanlegg



Generelle data	
Rørstrekk	140m
Høydeforskjell	-4,5m
Turtemperatur	80 C
Returtemperatur	50 C
Densitet	971,8 kg/m <sup>3</sup>
Kinematisk viskositet	3,67E-007 m <sup>2</sup> /s
Plastrør absolutt ruhet	0,00E+000m
Rørdiameter	15 mm
Kulvertisolasjon	0,1700 W/m-K
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varnebehov	
Årlig totalt behov	4460 kWh
Andel av behov dekket av varmeanlegg	75 %
Avgitt varme fra varmeanlegg	3345 kWh / år

Standard	Passivhus
Plassering	Ved kårbolig
Temperatur	Høytemperatur system

Resultater	
Dimensjonerende effektbehov 20°C inne	4,18 Kw
Maks effekt levert av varmeanlegg	1,67 Kw
Temperaturdifferenase	30 C
Transportert vannmengde	0,01 kg/s
Transportert vannmengde	47,8 kg/h
Transportert vannmengde	0,05 m <sup>3</sup> /h
Vannhastighet	0,1 m/s

Colebrook rørfriksjonstall for turbulent strømning, iterasjon				
1,00000	1,000	=	6,201	0,16
0,16127	2,490	=	5,408	0,46
0,07425	3,670	=	5,072	0,72
0,05373	4,314	=	4,931	0,87
0,04701	4,612	=	4,873	0,95
0,04449	4,741	=	4,849	0,98
0,04350	4,795	=	4,839	0,99
0,04310	4,817	=	4,835	1
0,04293	4,826	=	4,834	1
0,04287	4,830	=	4,833	1
0,04284	4,831	=	4,833	1
0,04283	4,832	=	4,833	1
0,04282	4,832	=	4,833	1
0,04282	4,832	=	4,833	1

Friksjonstap – colebrook	
Reynolds tall	3163 <b>Transient</b>
Rørfriksjonstall – Colebrook iterasjon	0,00000
Friksjonstap – colebrook	0 Pa/m

Friksjonstap tilnærming (for vann ved 80 grader)	
For plastrør	9,24 Pa/m

Høyeste friksjonsverdi brukes for trykktap

Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans
Pumpe utløpstrykk	2,54	1 Bar
Friksjonstap i tilførsel	0,01	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	-0,45	-0,45 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	2,97	1,45 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	2,47	1,45 Bar
Friksjonstap i retur	0,01	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0,45	0,45 Bar
Trykk ved innløp til kjel	2,01	1 Bar
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	1,51	1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1,03	0 Bar
Laveste trykk	1,51	1 Bar
Høyeste trykk	2,97	1,45 Bar

Pumpekrav	
Løftehøyde	10,3 m
Minste pumpeeffekt	0,00 Kw
Årlig energibehov pumpe	26,1 kWh
Driftskostnad gitt 79,9øre/kwh	20,8 Kr / år

Varmetap	
Jordtemperatur	4,9 C
Kulvertisolasjon	0,1700 W/m-K
Varmetap turledning	894 W
Varmetap returledning	537 W
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmetap per lengdemeter	10,22 W / lm
Årlig varmetap	6222,2 kWh

System	
Tapt /brukt energi	6248,2 kWh
Avgitt energi	3345 kWh
Tilført energi	9593,2 kWh
Systemvirkningsgrad	34,87 %

Kulvertkostnader	
Kulvert meterpris	140 kr/m
Diverse	20000 kr
Kulvert kostnad	39600 kr
Grøftegraving meterpris	300 kr/m
Grøftegraving oppmøte	1667 kr
Grøftekostnad	43667 kr
Tilkoblingskostnad	83267 kr

Grøftegraving taes ikke med i sammenligning, grøft må graves uansett ved nybygg

Iterasjon Pumpetrykk		
Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans
Pumpe utløpstrykk	1	1 Bar
Friksjonstap i tilførsel	0,01	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	-0,45	-0,45 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	1,44	1,45 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	0,94	1,45 Bar
Friksjonstap i retur	0,01	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0,45	0,45 Bar
Trykk ved innløp til kjel	0,47	1 Bar
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	-0,03	1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1,03	0 Bar
Laveste trykk	-0,03	1 Bar
Høyeste trykk	1,44	1,45 Bar
Nødvendig pumpetrykk	2,54	Bar

Kjel driftstid med gitt effekt og varmetap	
Kjeleffekt	1,67 kW
Driftstid per år	5716,3 T / år
Andel av år	65,3% av året
Driftstid per dag gitt likt dagsforbruk	15,7 T / dag
Energiproduksjon per dag	26,2 kWh/dag
Maksimalproduksjon	40,2 kWh/dag



Generelle data	
Rørstrek	140 m
Høydeforskjell	-4,5 m
Turtemperatur	80 C
Returtemperatur	50 C
Densitet	971,8 kg/m <sup>3</sup>
Kinematisk viskositet	3,67E-007 m <sup>2</sup> /s
Plastrør absolutt ruhet	0,00E+000 m
Rørdiameter	20 mm
Kulvertisolasjon	0,1790 W/m-K
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmebehov	
Årlig totalt behov	4460 kWh
Andel av behov dekket av varmeanlegg	75 %
Avgitt varme fra varmeanlegg	3345 kWh / år

<b>Standard</b>	<b>Passivhus</b>
<b>Plassering</b>	<b>Ved kårbolig</b>
<b>Temperatur</b>	<b>Høytemperatur system</b>

Resultater	
Dimensjonerende effektbehov 20°C inne	4,18 Kw
Maks effekt levert av varmeanlegg	1,67 Kw
Temperaturdifferanse	30 C
Transportert vannmengde	0,01 kg/s
Transportert vannmengde	47,8 kg/h
Transportert vannmengde	0,05 m <sup>3</sup> /h
Vannhastighet	0,0 m/s

Frikjonstap – colebrook	
Reynolds tall	2372 Transient
Rørfrikjonstall – Colebrook iterasjon	0,00000
Frikjonstap – colebrook	0 Pa/m

Frikjonstap tilnærming (for vann ved 80 grader)	
For plastrør	2,43 Pa/m
Høyeste frikjonsverdi brukes for trykktpap	

Trykk i rørstrek	Under drift	Stans
Pumpe utløpstrykk	2,52	1 Bar
Frikjonstap i tilførsel	0	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrek	-0,45	-0,45 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	2,96	1,45 Bar
Trykktpap i varmeveksler	0,5	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	2,46	1,45 Bar
Frikjonstap i retur	0	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrek	0,45	0,45 Bar
Trykk ved innløp til kjel	2,01	1 Bar
Trykktpap i kjel	0,5	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	1,51	1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1,01	0 Bar
Laveste trykk	1,51	1 Bar
Høyeste trykk	2,96	1,45 Bar

Pumpekrav	
Løftehøyde	10,1 m
Minste pumpeeffekt	0,00 Kw
Årlig energibehov pumpe	25,8 kWh
Driftskostnad gitt 79,9øre/kWh	20,6 Kr / år

Varmetap	
Jordtemperatur	4,9 C
Kulvertisolasjon	0,1790 W/m-K
Varmetap turlledning	941 W
Varmetap returledning	565 W
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmetap per lengdemeter	10,76 W / lm
Årlig varmetap	6551,6 kWh

System	
Tapt /brukt energi	6577,3 kWh
Avgitt energi	3345 kWh
Tilført energi	9922,3 kWh
Systemvirkningsgrad	33,71 %

Kulvertkostnader	
Kulvert meterpris	156,6 kr/m
Diverse	20000 kr
Kulvert kostnad	41924 kr
Grøftegraving meterpris	300 kr/m
Grøftegraving oppmåte	1667 kr
Grøftekostnad	43667 kr
Tilkoblingskostnad	85591 kr

Grøftegraving taes ikke med i sammenligning, grøft må graves uansett ved nybygg

Colebrook rørfrikjonstall for turbulent strømning, iterasjon					
1,00000	1,000	=	5,951	0,17	
0,16804	2,439	=	5,176	0,47	
0,07919	3,554	=	4,850	0,73	
0,05803	4,151	=	4,715	0,88	
0,05109	4,424	=	4,659	0,95	
0,04851	4,540	=	4,637	0,98	
0,04750	4,588	=	4,628	0,99	
0,04710	4,608	=	4,624	1	
0,04693	4,616	=	4,622	1	
0,04687	4,619	=	4,622	1	
0,04684	4,621	=	4,622	1	
0,04683	4,621	=	4,621	1	
0,04683	4,621	=	4,621	1	
0,04682	4,621	=	4,621	1	

Iterasjon Pumpetrykk		
Trykk i rørstrek	Under drift	Stans
Pumpe utløpstrykk	1	1 Bar
Frikjonstap i tilførsel	0	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrek	-0,45	-0,45 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	1,45	1,45 Bar
Trykktpap i varmeveksler	0,5	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	0,95	1,45 Bar
Frikjonstap i retur	0	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrek	0,45	0,45 Bar
Trykk ved innløp til kjel	0,49	1 Bar
Trykktpap i kjel	0,5	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	-0,01	1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1,01	0 Bar
Laveste trykk	-0,01	1 Bar
Høyeste trykk	1,45	1,45 Bar
Nødvendig pumpetrykk	2,52	Bar

Kjel driftstid med gitt effekt og varmetap	
Kjeleffekt	1,67 kW
Driftstid per år	5913,1 T / år
Andel av år	67,5 % av året
Driftstid per dag gitt likt dagsforbruk	16,2 T / dag
Energiproduksjon per dag	27,1 kWh/dag
Maksimalproduksjon	40,2 kWh/dag

Generelle data	
Rørstrekk	140 m
Høydeforskjell	-4,5 m
Turtemperatur	80 °C
Returtemperatur	50 °C
Densitet	971,8 kg/m <sup>3</sup>
Kinematisk viskositet	3,67E-007 m <sup>2</sup> /s
Plastrør absolutt ruhet	0,00E+000 m
Rørdiameter	25 mm
Kulvertisolasjon	0,1850 W/m-K
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varnebehov	
Årlig totalt behov	4460 kWh
Andel av behov dekket av varmeanlegg	75 %
Avgitt varme fra varmeanlegg	3345 kWh / år

Standard	Passivhus
Plassering	Ved kår bolig
Temperatur	Høytemperatur system

Resultater	
Dimensjonerende effektbehov 20°C inne	4,18 Kw
Maks effekt levert av varmeanlegg	1,67 Kw
Temperaturdifferanse	30 °C
Transportert vannmengde	0,01 kg/s
Transportert vannmengde	47,8 kg/h
Transportert vannmengde	0,05 m <sup>3</sup> /h
Vannhastighet	0,0 m/s

Frikjonstap – colebrook	
Reynolds tall	1898 Laminær
Rørfrikjonstall – Colebrook iterasjon	0,00000
Frikjonstap – colebrook	0 Pa/m

Frikjonstap tilnærming (for vann ved 80 grader)	
For plastrør	0,86 Pa/m
Høyeste frikjonsverdi brukes for trykktap	

Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans
Pumpe utløpstrykk	2,51	1 Bar
Frikjonstap i tilførsel	0	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	-0,45	-0,45 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	2,96	1,45 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	2,46	1,45 Bar
Frikjonstap i retur	0	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0,45	0,45 Bar
Trykk ved innløp til kjel	2,01	1 Bar
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	1,51	1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1	0 Bar
Laveste trykk	1,51	1 Bar
Høyeste trykk	2,96	1,45 Bar

Pumpekrav	
Løftehøyde	10,0 m
Minste pumpeeffekt	0,00 Kw
Årlig energibehov pumpe	25,7 kWh
Driftskostnad gitt 79,9øre/kwh	20,5 Kr / år

Varmetap	
Jordtemperatur	4,9 °C
Kulvertisolasjon	0,1850 W/m-K
Varmetap turledning	973 W
Varmetap returledning	584 W
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmetap per lengdemeter	11,12 W / lm
Årlig varmetap	6771,2 kWh

System	
Tapt /brukt energi	6796,9 kWh
Avgitt energi	3345 kWh
Tilført energi	10141,9 kWh
Systemvirkningsgrad	32,98 %

Kulvertkostnader	
Kulvert meterpris	193,2 kr/m
Diverse	20000 kr
Kulvert kostnad	47048 kr
Grøftegraving meterpris	300 kr/m
Grøftegraving oppmøte	1667 kr
Grøftekostnad	43667 kr
Tilkoblingskostnad	90715 kr

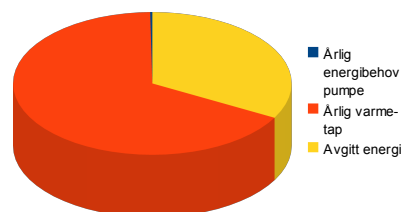
Grøftegraving taes ikke med i sammenligning, grøft må graves uansett ved nybygging

Colebrook rørfrikjonstall for turbulent strømning, iterasjon				
1,00000	1,000	=	5,757	0,17
0,17370	2,399	=	4,997	0,48
0,08341	3,463	=	4,678	0,74
0,06173	4,025	=	4,548	0,89
0,05463	4,278	=	4,495	0,95
0,05200	4,385	=	4,473	0,98
0,05098	4,429	=	4,465	0,99
0,05057	4,447	=	4,461	1
0,05041	4,454	=	4,460	1
0,05035	4,457	=	4,459	1
0,05032	4,458	=	4,459	1
0,05031	4,458	=	4,459	1
0,05030	4,459	=	4,459	1
0,05030	4,459	=	4,459	1

Iterasjon Pumpetrykk		
Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans
Pumpe utløpstrykk	1	1 Bar
Frikjonstap i tilførsel	0	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	-0,45	-0,45 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	1,45	1,45 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	0,95	1,45 Bar
Frikjonstap i retur	0	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0,45	0,45 Bar
Trykk ved innløp til kjel	0,5	1 Bar
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	0	1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1	0 Bar
Laveste trykk	0	1 Bar
Høyeste trykk	1,45	1,45 Bar
Nødvendig pumpetrykk	2,51	Bar

Kjel driftstid med gitt effekt og varmetap	
Kjelleffekt	1,67 kW
Driftstid per år	6044,3 T / år
Andel av år	69,0 % av året
Driftstid per dag gitt likt dagsforbruk	16,6 T / dag
Energiproduksjon per dag	27,7 kWh/dag
Maksimalproduksjon	40,2 kWh/dag

Fordeling av energi i kulvertanlegg



Generelle data	
Rørstrekk	140 m
Høydeforskjell	-4,5 m
Turtemperatur	50 C
Returtemperatur	30 C
Densitet	988 kg/m <sup>3</sup>
Kinematisk viskositet	5,53E-007 m <sup>2</sup> /s
Plastrør absolutt ruhet	0,00E+000 m
Rørdiameter	15 mm
Kulvertisolasjon	0,1700 W/m-K
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmebehov	
Årlig totalt behov	4460 kWh
Andel av behov dekket av varmeanlegg	75 %
Avgitt varme fra varmeanlegg	3345 kWh / år

Standard	Passivhus
Plassering	Ved kårbolig
Temperatur	Lavtemperatur system

Resultater	
Dimensjonerende effektbehov 20°C inne	4,18 Kw
Maks effekt levert av varmeanlegg	1,67 Kw
Temperaturdifferanse	20 C
Transportert vannmengde	0,02 kg/s
Transportert vannmengde	71,73 kg/h
Transportert vannmengde	0,07 m <sup>3</sup> /h
Vannhastighet	0,1 m/s

Colebrook rørfriksjonstall for turbulent strømning, iterasjon					
1,00000	1,000	=	6,183	0,16	
0,16175	2,486	=	5,391	0,46	
0,07460	3,661	=	5,055	0,72	
0,05403	4,302	=	4,915	0,88	
0,04729	4,598	=	4,857	0,95	
0,04477	4,726	=	4,834	0,98	
0,04378	4,780	=	4,824	0,99	
0,04337	4,802	=	4,820	1	
0,04321	4,811	=	4,818	1	
0,04314	4,814	=	4,817	1	
0,04312	4,816	=	4,817	1	
0,04310	4,817	=	4,817	1	
0,04310	4,817	=	4,817	1	
0,04310	4,817	=	4,817	1	

Friksjonstap – colebrook	
Reynolds tall	3097 <b>Transient</b>
Rørfriksjonstall – Colebrook iterasjon	0,00000
Friksjonstap – colebrook	0 Pa/m

Friksjonstap tilnærming (for vann ved 80 grader)	
For plastrør	18,45 Pa/m

Høyeste friksjonsverdi brukes for trykktap

Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans
Pumpe utløpstrykk	2,56	1 Bar
Friksjonstap i tilførsel	0,03	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	-0,45	-0,45 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	2,99	1,45 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	2,49	1,45 Bar
Friksjonstap i retur	0,03	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0,45	0,45 Bar
Trykk ved innløp til kjel	2,01	1 Bar
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	1,51	1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1,05	0 Bar
Laveste trykk	1,51	1 Bar
Høyeste trykk	2,99	1,45 Bar

Pumpekrav	
Løftehøyde	10,5 m
Minste pumpeeffekt	0,00 Kw
Årlig energibehov pumpe	39,1 kWh
Driftskostnad gitt 79,9øre/kwh	31,3 Kr / år

Varmetap	
Jordtemperatur	4,9 C
Kulvertisolasjon	0,1700 W/m-K
Varmetap turledning	537 W
Varmetap returledning	299 W
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmetap per lengdemeter	5,97 W / lm
Årlig varmetap	3633,9 kWh

System	
Tapt /brukt energi	3673,0 kWh
Avgitt energi	3345 kWh
Tilført energi	7018,0 kWh
Systemvirkningsgrad	47,66 %

Kulvertkostnader	
Kulvert meterpris	140 kr/m
Diverse	20000 kr
Kulvert kostnad	39600 kr
Grøftegraving meterpris	300 kr/m
Grøftegraving oppmøte	1667 kr
Grøftekostnad	43667 kr
Tilkoblingskostnad	83267 kr

Grøftegraving taes ikke med i sammenligning, grøft må graves uansett ved nybygging

Iterasjon Pumpetrykk		
Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans
Pumpe utløpstrykk	1	1 Bar
Friksjonstap i tilførsel	0,03	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	-0,45	-0,45 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	1,42	1,45 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	0,92	1,45 Bar
Friksjonstap i retur	0,03	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0,45	0,45 Bar
Trykk ved innløp til kjel	0,45	1 Bar
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	-0,05	1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1,05	0 Bar
Laveste trykk	-0,05	1 Bar
Høyeste trykk	1,42	1,45 Bar
Nødvendig pumpetrykk	2,56	Bar

Kjel driftstid med gitt effekt og varmetap	
Kjeleffekt	1,67 kW
Driftstid per år	4169,8 T / år
Andel av år	47,6 % av året
Driftstid per dag gitt likt dagsforbruk	11,4 T / dag
Energiproduksjon per dag	19,1 kWh/dag
Maksimalproduksjon	40,2 kWh/dag

Generelle data	
Rørstrekk	140 m
Høydeforskjell	-4,5 m
Turtemperatur	50 C
Returtemperatur	30 C
Densitet	988 kg/m <sup>3</sup>
Kinematisk viskositet	5,53E-007 m <sup>2</sup> /s
Plastrør absolutt ruhet	0,00E+000 m
Rørdiameter	20 mm
Kulvertisolasjon	0,1790 W/m-K
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmebehov	
Årlig totalt behov	4460 kWh
Andel av behov dekket av varmeanlegg	75 %
Avgitt varme fra varmeanlegg	3345 kWh / år

Resultater	
Dimensjonerende effektbehov 20°C inne	4,18 Kw
Maks effekt levert av varmeanlegg	1,67 Kw
Temperaturdifferanse	20 C
Transportert vannmengde	0,02 kg/s
Transportert vannmengde	71,7 kg/h
Transportert vannmengde	0,07 m <sup>3</sup> /h
Vannhastighet	0,1 m/s

Friksjonstap – colebrook	
Reynolds tall	2323 <b>Transient</b>
Rørfriksjonstall – Colebrook iterasjon	0,00000
Friksjonstap – colebrook	0 Pa/m

Friksjonstap tilnærming (for vann ved 80 grader)	
For plastrør	4,85 Pa/m

Høyeste friksjonsverdi brukes for trykktap

Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans
Pumpe utløpstrykk	2,52	1 Bar
Friksjonstap i tilførsel	0,01	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	-0,45	-0,45 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	2,97	1,45 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	2,47	1,45 Bar
Friksjonstap i retur	0,01	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0,45	0,45 Bar
Trykk ved innløp til kjel	2,01	1 Bar
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	1,51	1 Bar
Trykddifferanse over pumpe	1,01	0 Bar
Laveste trykk	1,51	1 Bar
Høyeste trykk	2,97	1,45 Bar

Pumpekrav	
Løftehøyde	10,1 m
Minste pumpeeffekt	0,00 Kw
Årlig energibehov pumpe	38,2 kWh
Driftskostnad gitt 79,9øre/kwh	30,5 Kr / år

Varmetap	
Jordtemperatur	4,9 C
Kulvertisolasjon	0,1790 W/m-K
Varmetap turledning	565 W
Varmetap returledning	315 W
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmetap per lengdemeter	6,28 W / lm
Årlig varmetap	3826,3 kWh

System	
Tapt /brukt energi	3864,5 kWh
Avgitt energi	3345 kWh
Tilført energi	7209,5 kWh
Systemvirkningsgrad	46,4 %

Kulvertkostnader	
Kulvert meterpris	156,6 kr/m
Diverse	20000 kr
Kulvert kostnad	41924 kr
Grøftegraving meterpris	300 kr/m
Grøftegraving oppmøte	1667 kr
Grøftekostnad	43667 kr
Tilkoblingskostnad	85591 kr

Grøftegraving taes ikke med i sammenligning, grøft må graves uansett ved nybygging

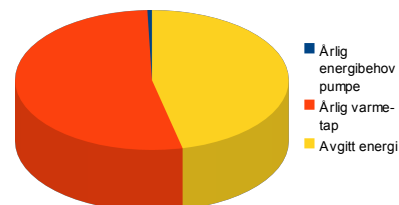
Standard	Passivhus
Plassering	Ved kårbolig
Temperatur	Lavtemperatur system

Colebrook rørfriksjonstall for turbulent strømning, iterasjon					
1,00000	1,000	=	5,933	0,17	
0,16856	2,436	=	5,159	0,47	
0,07957	3,545	=	4,833	0,73	
0,05836	4,139	=	4,699	0,88	
0,05141	4,410	=	4,644	0,95	
0,04883	4,525	=	4,621	0,98	
0,04782	4,573	=	4,612	0,99	
0,04741	4,593	=	4,609	1	
0,04725	4,601	=	4,607	1	
0,04718	4,604	=	4,606	1	
0,04715	4,605	=	4,606	1	
0,04714	4,606	=	4,606	1	
0,04714	4,606	=	4,606	1	
0,04714	4,606	=	4,606	1	

Iterasjon Pumpetrykk		
Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans
Pumpe utløpstrykk	1	1 Bar
Friksjonstap i tilførsel	0,01	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	-0,45	-0,45 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	1,44	1,45 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	0,94	1,45 Bar
Friksjonstap i retur	0,01	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0,45	0,45 Bar
Trykk ved innløp til kjel	0,49	1 Bar
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	-0,01	1 Bar
Trykddifferanse over pumpe	1,01	0 Bar
Laveste trykk	-0,01	1 Bar
Høyeste trykk	1,44	1,45 Bar
Nødvendig pumpetrykk	2,52	Bar

Kjel driftstid med gitt effekt og varmetap	
Kjeleffekt	1,67 kW
Driftstid per år	4284,8 T / år
Andel av år	48,9 % av året
Driftstid per dag gitt likt dagsforbruk	11,7 T / dag
Energiproduksjon per dag	19,6 kWh/dag
Maksimalproduksjon	40,2 kWh/dag

Fordeling av energi i kulvertanlegg





Generelle data	
Rørstrekk	315 m
Høydeforskjell	24 m
Turtemperatur	80 C
Returtemperatur	50 C
Densitet	971,8 kg/m <sup>3</sup>
Kinematisk viskositet	3,67E-007 m <sup>2</sup> /s
Plastrør absolutt ruhet	0,00E+000 m
Rørdiameter	15 mm
Kulvertisolasjon	0,1700 W/m-K
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmebehov	
Årlig totalt behov	20340 kWh
Andel av behov dekket av varmeanlegg	75 %
Avgitt varme fra varmeanlegg	15255 kWh / år

Resultater	
Dimensjonerende effektbehov 20°C inne	13,87 Kw
Maks effekt levert av varmeanlegg	5,55 Kw
Temperaturdifferenase	30 C
Transportert vannmengde	0,04 kg/s
Transportert vannmengde	158,5 kg/h
Transportert vannmengde	0,16 m <sup>3</sup> /h
Vannhastighet	0,3 m/s

Friksjonstap – colebrook	
Reynolds tall	10483 Turbulent
Rørfriksjonstall – Colebrook iterasjon	0,03050
Friksjonstap – colebrook	65 Pa/m

Friksjonstap tilnærming (for vann ved 80 grader)	
For plastrør	71,37 Pa/m

Høyeste friksjonsverdi brukes for trykktap

Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans	
Pumpe utløpstrykk	4,63	1 Bar	
Friksjonstap i tilførsel	0,22	0 Bar	
Høydeforskjell i rørstrekk	2,4	2,4 Bar	
Trykk ved innløp til varmeveksler	2,01	-1,4 Bar	
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar	
Trykk ved utløp av varmeveksler	1,51	-1,4 Bar	
Friksjonstap i retur	0,22	0 Bar	
Høydeforskjell i rørstrekk	-2,4	-2,4 Bar	
Trykk ved innløp til kjel	3,69	1 Bar	
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar	
Trykk i innløp til pumpe	3,19	1 Bar	
Trykkdifferanse over pumpe	1,45	0 Bar	
Laveste trykk	1,51	Under 1 bar	Bar
Høyeste trykk	4,63	2,4 Bar	

Pumpekrav	
Løftehøyde	14,5 m
Minste pumpeeffekt	0,02 Kw
Årlig energibehov pumpe	204,6 kWh
Driftskostnad gitt 79,9øre/kwh	163,5 Kr / år

Varmetap	
Jordtemperatur	4,9 C
Kulvertisolasjon	0,1700 W/m-K
Varmetap turledning	2011 W
Varmetap returledning	1208 W
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmetap per lengdemeter	10,22 W / lm
Årlig varmetap	13999,8 kWh

System	
Tapt /brukt energi	14204,5 kWh
Avgitt energi	15255 kWh
Tilført energi	29459,5 kWh
Systemvirkningsgrad	51,78 %

Kulvertkostnader	
Kulvert meterpris	140 kr/m
Diverse	20000 kr
Kulvert kostnad	64100 kr
Grøftegraving meterpris	300 kr/m
Grøftegraving oppmøte	1667 kr
Grøftekostnad	96167 kr
Tilkoblingskostnad	160267 kr

Grøftegraving taes ikke med i sammenligning, grøft må graves uansett ved nybygg

Standard	TEK '10hus
Plassering	På åskam
Temperatur	Høytemperatur system

Colebrook rørfriksjonstall for turbulent strømning, iterasjon				
1,00000	1,000	=	7,242	0,14
0,13809	2,691	=	6,382	0,42
0,05823	4,144	=	6,007	0,69
0,04017	4,989	=	5,846	0,85
0,03429	5,400	=	5,777	0,93
0,03205	5,585	=	5,747	0,97
0,03115	5,666	=	5,735	0,99
0,03077	5,700	=	5,730	0,99
0,03062	5,715	=	5,728	1
0,03055	5,721	=	5,727	1
0,03052	5,724	=	5,726	1
0,03051	5,725	=	5,726	1
0,03050	5,726	=	5,726	1
0,03050	5,726	=	5,726	1

Iterasjon Pumpetrykk			
Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans	
Pumpe utløpstrykk	1	1 Bar	
Friksjonstap i tilførsel	0,22	0 Bar	
Høydeforskjell i rørstrekk	2,4	2,4 Bar	
Trykk ved innløp til varmeveksler	-1,62	-1,4 Bar	
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar	
Trykk ved utløp av varmeveksler	-2,12	-1,4 Bar	
Friksjonstap i retur	0,22	0 Bar	
Høydeforskjell i rørstrekk	-2,4	-2,4 Bar	
Trykk ved innløp til kjel	0,05	1 Bar	
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar	
Trykk i innløp til pumpe	-0,45	1 Bar	
Trykkdifferanse over pumpe	1,45	0 Bar	
Laveste trykk	-2,12	-1,4 Bar	
Høyeste trykk	2,4	2,4 Bar	
Nødvendig pumpetrykk	4,63	Bar	

Kjel driftstid med gitt effekt og varmetap	
Kjeleffekt	5,55 kW
Driftstid per år	5274,1 T / år
Andel av år	60,2 % av året
Driftstid per dag gitt likt dagsforbruk	14,4 T / dag
Energiproduksjon per dag	80,2 kWh/dag
Maksimalproduksjon	133,1 kWh/dag

Generelle data	
Rørstrekk	315 m
Høydeforskjell	24 m
Turtemperatur	80 °C
Returtemperatur	50 °C
Densitet	971,8 kg/m <sup>3</sup>
Kinematisk viskositet	3,67E-007 m <sup>2</sup> /s
Plastrør absolutt ruhet	0,00E+000 m
Rørdiameter	20 mm
Kulvertisolasjon	0,1790 W/m-K
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmebehov	
Årlig totalt behov	20340 kWh
Andel av behov dekket av varmeanlegg	75 %
Avgitt varme fra varmeanlegg	15255 kWh / år

Standard	TEK '10hus
Plassering	På åskam
Temperatur	Høytemperatur system

Resultater	
Dimensjonerende effektbehov 20°C inne	13,87 Kw
Maks effekt levert av varmeanlegg	5,55 Kw
Temperaturdifferanse	30 °C
Transportert vannmengde	0,04 kg/s
Transportert vannmengde	158,5 kg/h
Transportert vannmengde	0,16 m <sup>3</sup> /h
Vannhastighet	0,1 m/s

Friksjonstap – colebrook	
Reynolds tall	7862 Transient
Rørfriksjonstall – Colebrook iterasjon	0,00000
Friksjonstap – colebrook	0 Pa/m

Friksjonstap tilnærming (for vann ved 80 grader)	
For plastrør	18,77 Pa/m

Høyeste friksjonsverdi brukes for trykktap

Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans
Pumpe utløpstrykk	4,47	1 Bar
Friksjonstap i tilførsel	0,06	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	2,4	2,4 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	2,01	-1,4 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	1,51	-1,4 Bar
Friksjonstap i retur	0,06	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	-2,4	-2,4 Bar
Trykk ved innløp til kjel	3,85	1 Bar
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	3,35	1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1,12	0 Bar
Laveste trykk	1,51	Under 1 bar
Høyeste trykk	4,47	2,4 Bar

Pumpekrav	
Løftehøyde	11,2 m
Minste pumpeeffekt	0,02 Kw
Årlig energibehov pumpe	195,3 kWh
Driftskostnad gitt 79,9øre/kwh	156,1 Kr / år

Varmetap	
Jordtemperatur	4,9 °C
Kulvertisolasjon	0,1790 W/m-K
Varmetap turledning	2117 W
Varmetap returledning	1271 W
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmetap per lengdemeter	10,76 W / lm
Årlig varmetap	14741,0 kWh

System	
Tapt /brukt energi	14936,3 kWh
Avgitt energi	15255 kWh
Tilført energi	30191,3 kWh
Systemvirkningsgrad	50,53 %

Kulvertkostnader	
Kulvert meterpris	156,6 kr/m
Diverse	20000 kr
Kulvert kostnad	69329 kr
Grøftegraving meterpris	300 kr/m
Grøftegraving oppmøte	1667 kr
Grøftekostnad	96167 kr
Tilkoblingskostnad	165496 kr

Grøftegraving taes ikke med i sammenligning, grøft må graves uansett ved nybygging

Colebrook rørfriksjonstall for turbulent strømning, iterasjon				
1,00000	1,000	=	6,992	0,14
0,14303	2,644	=	6,147	0,43
0,06152	4,032	=	5,781	0,7
0,04291	4,828	=	5,624	0,86
0,03683	5,211	=	5,558	0,94
0,03453	5,382	=	5,530	0,97
0,03360	5,455	=	5,518	0,99
0,03322	5,487	=	5,513	1
0,03306	5,500	=	5,511	1
0,03299	5,505	=	5,510	1
0,03296	5,508	=	5,510	1
0,03295	5,509	=	5,510	1
0,03295	5,509	=	5,510	1
0,03295	5,509	=	5,510	1

Iterasjon Pumpetrykk		
Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans
Pumpe utløpstrykk	1	1 Bar
Friksjonstap i tilførsel	0,06	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	2,4	2,4 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	-1,46	-1,4 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	-1,96	-1,4 Bar
Friksjonstap i retur	0,06	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	-2,4	-2,4 Bar
Trykk ved innløp til kjel	0,38	1 Bar
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	-0,12	1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1,12	0 Bar
Laveste trykk	-1,96	-1,4 Bar
Høyeste trykk	2,4	2,4 Bar
Nødvendig pumpetrykk	4,47	Bar

Kjel driftstid med gitt effekt og varmetap	
Kjeleffekt	5,55 kW
Driftstid per år	5407,7 T / år
Andel av år	61,7 % av året
Driftstid per dag gitt likt dagsforbruk	14,8 T / dag
Energiproduksjon per dag	82,2 kWh/dag
Maksimalproduksjon	133,1 kWh/dag

Generelle data	
Rørstrekk	315 m
Høydeforskjell	24 m
Turtemperatur	80 C
Returtemperatur	50 C
Densitet	971,8 kg/m <sup>3</sup>
Kinematisk viskositet	3,67E-007 m <sup>2</sup> /s
Plastrør absolutt ruhet	0,00E+000 m
Rørdiameter	25 mm
Kulvertisolasjon	0,1850 W/m-K
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmebehov	
Årlig totalt behov	20340 kWh
Andel av behov dekket av varmeanlegg	75 %
Avgitt varme fra varmeanlegg	15255 kWh / år

Standard	TEK '10hus
Plassering	På åskam
Temperatur	Høytemperatur system

Resultater	
Dimensjonerende effektbehov 20°C inne	13,87 Kw
Maks effekt levert av varmeanlegg	5,55 Kw
Temperaturdifferanse	30 C
Transportert vannmengde	0,04 kg/s
Transportert vannmengde	158,5 kg/h
Transportert vannmengde	0,16 m <sup>3</sup> /h
Vannhastighet	0,1 m/s

Friksjonstap – colebrook	
Reynolds tall	6290 Transient
Rørfriksjonstall – Colebrook iterasjon	0,00000
Friksjonstap – colebrook	0 Pa/m

Friksjonstap tilnærming (for vann ved 80 grader)	
For plastrør	6,66 Pa/m
Høyeste friksjonsverdi brukes for trykktap	

Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans
Pumpe utløpstrykk	4,43	1 Bar
Friksjonstap i tilførsel	0,02	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	2,4	2,4 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	2,01	-1,4 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	1,51	-1,4 Bar
Friksjonstap i retur	0,02	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	-2,4	-2,4 Bar
Trykk ved innløp til kjel	3,89	1 Bar
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	3,39	1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1,04	0 Bar
Laveste trykk	1,51	Under 1 bar
Høyeste trykk	4,43	2,4 Bar

Pumpekrav	
Løftehøyde	10,4 m
Minste pumpeeffekt	0,02 Kw
Årlig energibehov pumpe	193,2 kWh
Driftskostnad gitt 79,9øre/kwh	154,3 Kr / år

Varmetap	
Jordtemperatur	4,9 C
Kulvertisolasjon	0,1850 W/m-K
Varmetap turledning	2188 W
Varmetap returledning	1314 W
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmetap per lengdemeter	11,12 W / m
Årlig varmetap	15235,1 kWh

System	
Tapt /brukt energi	15428,3 kWh
Avgitt energi	15255 kWh
Tilført energi	30683,3 kWh
Systemvirkningsgrad	49,72 %

Kulvertkostnader	
Kulvert meterpris	193,2 kr/m
Diverse	20000 kr
Kulvert kostnad	80858 kr
Grøftegraving meterpris	300 kr/m
Grøftegraving oppmøte	1667 kr
Grøftekostnad	96167 kr
Tilkoblingskostnad	177025 kr

Grøftegraving taes ikke med i sammenligning, grøft må graves uansett ved nybygging

Colebrook rørfriksjonstall for turbulent strømning, iterasjon				
1,00000	1,000	=	6,798	0,15
0,14710	2,607	=	5,966	0,44
0,06429	3,944	=	5,606	0,7
0,04523	4,702	=	5,453	0,86
0,03900	5,064	=	5,389	0,94
0,03665	5,224	=	5,362	0,97
0,03570	5,292	=	5,351	0,99
0,03531	5,321	=	5,346	1
0,03515	5,334	=	5,344	1
0,03508	5,339	=	5,343	1
0,03506	5,341	=	5,343	1
0,03505	5,342	=	5,343	1
0,03504	5,342	=	5,342	1
0,03504	5,342	=	5,342	1

Iterasjon Pumpetrykk		
Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans
Pumpe utløpstrykk	1	1 Bar
Friksjonstap i tilførsel	0,02	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	2,4	2,4 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	-1,42	-1,4 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	-1,92	-1,4 Bar
Friksjonstap i retur	0,02	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	-2,4	-2,4 Bar
Trykk ved innløp til kjel	0,46	1 Bar
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	-0,04	1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1,04	0 Bar
Laveste trykk	-1,92	-1,4 Bar
Høyeste trykk	2,4	2,4 Bar
Nødvendig pumpetrykk	4,43	Bar

Kjel driftstid med gitt effekt og varmetap	
Kjeleffekt	5,55 kW
Driftstid per år	5496,7 T / år
Andel av år	62,7 % av året
Driftstid per dag gitt likt dagsforbruk	15,1 T / dag
Energiproduksjon per dag	83,5 kWh/dag
Maksimalproduksjon	133,1 kWh/dag



Generelle data	
Rørstrekk	315 m
Høydeforskjell	24 m
Turtemperatur	50 C
Returtemperatur	30 C
Densitet	988 kg/m <sup>3</sup>
Kinematisk viskositet	5,53E-007 m <sup>2</sup> /s
Plastrør absolutt ruhet	0,00E+000 m
Rørdiameter	15 mm
Kulvertisolasjon	0,1700 W/m-K
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varnebehov	
Årlig totalt behov	20340 kWh
Andel av behov dekket av varmeanlegg	75 %
Avgitt varme fra varmeanlegg	15255 kWh / år

Standard	TEK '10hus
Plassering	På åskam
Temperatur	Lavtemperatur system

Resultater	
Dimensjonerende effektbehov 20°C inne	13,87 Kw
Maks effekt levert av varmeanlegg	5,55 Kw
Temperaturdifferanse	20 C
Transportert vannmengde	0,07 kg/s
Transportert vannmengde	237,7 kg/h
Transportert vannmengde	0,24 m <sup>3</sup> /h
Vannhastighet	0,4 m/s

Frikjonstap – colebrook	
Reynolds tall	10264 Turbulent
Rørfrikjonstall – Colebrook iterasjon	0,03067
Frikjonstap – colebrook	144,65 Pa/m

Frikjonstap tilnærming (for vann ved 80 grader)	
For plastrør	142,57 Pa/m
Høyeste frikjonsverdi brukes for trykktap	

Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans
Pumpe utløpstrykk	4,86	1 Bar
Frikjonstap i tilførsel	0,46	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	2,4	2,4 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	2	-1,4 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	1,5	-1,4 Bar
Frikjonstap i retur	0,46	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	-2,4	-2,4 Bar
Trykk ved innløp til kjel	3,45	1 Bar
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	2,95	1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1,91	0 Bar
Laveste trykk	1,5	Under 1 bar
Høyeste trykk	4,86	2,4 Bar

Pumpekrav	
Løftehøyde	19,1 m
Minste pumpeeffekt	0,04 Kw
Årlig energibehov pumpe	320,6 kWh
Driftskostnad gitt 79,9øre/kwh	256,1 Kr / år

Varmetap	
Jordtemperatur	4,9 C
Kulvertisolasjon	0,1700 W/m-K
Varmetap turledning	1208 W
Varmetap returledning	672 W
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmetap per lengdemeter	5,97 W / lm
Årlig varmetap	8176,3 kWh

System	
Tapt /brukt energi	8496,9 kWh
Avgitt energi	15255 kWh
Tilført energi	23751,9 kWh
Systemvirkningsgrad	64,23 %

Kulvertkostnader	
Kulvert meterpris	140 kr/m
Diverse	20000 kr
Kulvert kostnad	64100 kr
Grøftegraving meterpris	300 kr/m
Grøftegraving oppmøte	1667 kr
Grøftekostnad	96167 kr
Tilkoblingskostnad	160267 kr

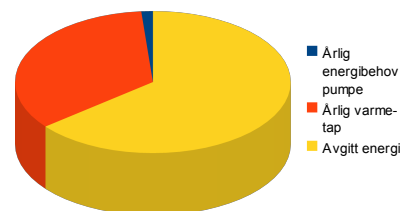
Grøftegraving taes ikke med i sammenligning, grøft må graves uansett ved nybygg

Colebrook rørfrikjonstall for turbulent strømning, iterasjon				
1,00000	1,000	=	7,223	0,14
0,13844	2,688	=	6,365	0,42
0,05846	4,136	=	5,990	0,69
0,04036	4,977	=	5,829	0,85
0,03447	5,387	=	5,761	0,94
0,03223	5,570	=	5,732	0,97
0,03132	5,650	=	5,719	0,99
0,03094	5,685	=	5,714	0,99
0,03079	5,699	=	5,712	1
0,03072	5,705	=	5,711	1
0,03069	5,708	=	5,710	1
0,03068	5,709	=	5,710	1
0,03067	5,710	=	5,710	1
0,03067	5,710	=	5,710	1

Iterasjon Pumpetrykk		
Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans
Pumpe utløpstrykk	1	1 Bar
Frikjonstap i tilførsel	0,45	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	2,4	2,4 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	-1,85	-1,4 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	-2,35	-1,4 Bar
Frikjonstap i retur	0,46	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	-2,4	-2,4 Bar
Trykk ved innløp til kjel	-0,4	1 Bar
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	-0,9	1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1,9	0 Bar
Laveste trykk	-2,35	-1,4 Bar
Høyeste trykk	2,4	2,4 Bar
Nødvendig pumpetrykk	4,86	Bar

Kjel driftstid med gitt effekt og varmetap	
Kjeleffekt	5,55 kW
Driftstid per år	4224,2 T / år
Andel av år	48,2 % av året
Driftstid per dag gitt likt dagsforbruk	11,6 T / dag
Energiproduksjon per dag	64,2 kWh/dag
Maksimalproduksjon	133,1 kWh/dag

Fordeling av energi i kulvertanlegg



Generelle data	
Rørstrekk	315m
Høydeforskjell	24m
Turtemperatur	50C
Returtemperatur	30C
Densitet	988 kg/m <sup>3</sup>
Kinematisk viskositet	5,53E-007 m <sup>2</sup> /s
Plastrør absolutt ruhet	0,00E+000m
Rørdiameter	20mm
Kulvertisolasjon	0,1790 W/m-K
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmebehov	
Årlig totalt behov	20340 kWh
Andel av behov dekket av varmeanlegg	75%
Avgitt varme fra varmeanlegg	15255 kWh / år

Standard	TEK '10hus
Plassering	På åskam
Temperatur	Lavtemperatur system

Resultater	
Dimensjonerende effektbehov 20°C inne	13,87 Kw
Maks effekt levert av varmeanlegg	5,55 Kw
Temperaturdifferenase	20C
Transportert vannmengde	0,07 kg/s
Transportert vannmengde	237,7 kg/h
Transportert vannmengde	0,24 m <sup>3</sup> /h
Vannhastighet	0,2 m/s

Colebrook rørfriksjonstall for turbulent strømning, iterasjon					
1,00000	1,000	=	6,973	0,14	
0,14340	2,641	=	6,130	0,43	
0,06178	4,023	=	5,764	0,7	
0,04312	4,816	=	5,608	0,86	
0,03703	5,197	=	5,542	0,94	
0,03472	5,367	=	5,514	0,97	
0,03379	5,440	=	5,502	0,99	
0,03341	5,471	=	5,497	1	
0,03325	5,484	=	5,495	1	
0,03318	5,490	=	5,494	1	
0,03315	5,492	=	5,494	1	
0,03314	5,493	=	5,494	1	
0,03314	5,493	=	5,494	1	
0,03314	5,494	=	5,494	1	

Friksjonstap – colebrook	
Reynolds tall	7698 <b>Transient</b>
Rørfriksjonstall – Colebrook iterasjon	0,00000
Friksjonstap – colebrook	0 Pa/m

Friksjonstap tilnærming (for vann ved 80 grader)	
For plastrør	37,50 Pa/m

Høyeste friksjonsverdi brukes for trykktap

Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans	
Pumpe utløpstrykk	4,53	1 Bar	
Friksjonstap i tilførsel	0,12	0 Bar	
Høydeforskjell i rørstrekk	2,4	2,4 Bar	
Trykk ved innløp til varmeveksler	2,01	-1,4 Bar	
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar	
Trykk ved utløp av varmeveksler	1,51	-1,4 Bar	
Friksjonstap i retur	0,12	0 Bar	
Høydeforskjell i rørstrekk	-2,4	-2,4 Bar	
Trykk ved innløp til kjel	3,79	1 Bar	
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar	
Trykk i innløp til pumpe	3,29	1 Bar	
Trykkdifferanse over pumpe	1,24	0 Bar	
Laveste trykk	1,51	Under 1 bar	Bar
Høyeste trykk	4,53	2,4 Bar	

Pumpekrav	
Løftehøyde	12,4 m
Minste pumpeeffekt	0,03 Kw
Årlig energibehov pumpe	293,1 kWh
Driftskostnad gitt 79,9øre/kwh	234,2 Kr / år

Varmetap	
Jordtemperatur	4,9C
Kulvertisolasjon	0,1790 W/m-K
Varmetap turledning	1271 W
Varmetap returledning	708 W
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmetap per lengdemeter	6,28 W / lm
Årlig varmetap	8609,1 kWh

System	
Tapet /brukt energi	8902,2 kWh
Avgitt energi	15255 kWh
Tilført energi	24157,2 kWh
Systemvirkningsgrad	63,15%

Kulvertkostnader	
Kulvert meterpris	156,6 kr/m
Diverse	20000 kr
Kulvert kostnad	69329 kr
Grøftegraving meterpris	300 kr/m
Grøftegraving oppmøte	1667 kr
Grøftekostnad	96167 kr
Tilkoblingskostnad	165496 kr

Grøftegraving taes ikke med i sammenligning, grøft må graves uansett ved nybygg

Iterasjon Pumpetrykk	Under drift	Stans	
Trykk i rørstrekk			
Pumpe utløpstrykk	1	1 Bar	
Friksjonstap i tilførsel	0,12	0 Bar	
Høydeforskjell i rørstrekk	2,4	2,4 Bar	
Trykk ved innløp til varmeveksler	-1,52	-1,4 Bar	
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar	
Trykk ved utløp av varmeveksler	-2,02	-1,4 Bar	
Friksjonstap i retur	0,12	0 Bar	
Høydeforskjell i rørstrekk	-2,4	-2,4 Bar	
Trykk ved innløp til kjel	0,26	1 Bar	
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar	
Trykk i innløp til pumpe	-0,24	1 Bar	
Trykkdifferanse over pumpe	1,24	0 Bar	
Laveste trykk	-2,02	-1,4 Bar	
Høyeste trykk	2,4	2,4 Bar	
Nødvendig pumpetrykk	4,53	Bar	

Kjel driftstid med gitt effekt og varmetap	
Kjeleffekt	5,55 kW
Driftstid per år	4302,2 T / år
Andel av år	49,1% av året
Driftstid per dag gitt likt dagsforbruk	11,8 T / dag
Energiproduksjon per dag	65,4 kWh/dag
Maksimalproduksjon	133,1 kWh/dag

Generelle data	
Rørstrekk	315 m
Høydeforskjell	24 m
Turtemperatur	50 C
Returtemperatur	30 C
Densitet	988 kg/m <sup>3</sup>
Kinematisk viskositet	5,53E-007 m <sup>2</sup> /s
Plastrør absolutt ruhet	0,00E+000 m
Rørdiameter	25 mm
Kulvertisolasjon	0,1850 W/m-K
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmebehov	
Årlig totalt behov	20340 kWh
Andel av behov dekket av varmeanlegg	75 %
Avgitt varme fra varmeanlegg	15255 kWh / år

<b>Standard</b>	<b>TEK '10hus</b>
<b>Plassering</b>	<b>På åskam</b>
<b>Temperatur</b>	<b>Lavtemperatur system</b>

Resultater	
Dimensjonerende effektbehov 20°C inne	13,87 Kw
Maks effekt levert av varmeanlegg	5,55 Kw
Temperaturdifferanse	20 C
Transportert vannmengde	0,07 kg/s
Transportert vannmengde	237,7 kg/h
Transportert vannmengde	0,24 m <sup>3</sup> /h
Vannhastighet	0,1 m/s

Friksjonstap – colebrook	
Reynolds tall	6159 <b>Transient</b>
Rørfriksjonstall – Colebrook iterasjon	0,00000
Friksjonstap – colebrook	0 Pa/m

Friksjonstap tilnærming (for vann ved 80 grader)	
For plastrør	13,31 Pa/m

Høyeste friksjonsverdi brukes for trykktap

Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans
Pumpe utløpstrykk	4,45	1 Bar
Friksjonstap i tilførsel	0,04	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	2,4	2,4 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	2,01	-1,4 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	1,51	-1,4 Bar
Friksjonstap i retur	0,04	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	-2,4	-2,4 Bar
Trykk ved innløp til kjel	3,87	1 Bar
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	3,37	1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1,08	0 Bar
Laveste trykk	1,51	Under 1 bar
Høyeste trykk	4,45	2,4 Bar

Pumpekrav	
Løftehøyde	10,8 m
Minste pumpeeffekt	0,03 Kw
Årlig energibehov pumpe	286,7 kWh
<b>Driftskostnad gitt 79,9øre/kwh</b>	<b>229,1 Kr / år</b>

Varmetap	
Jordtemperatur	4,9 C
Kulvertisolasjon	0,1850 W/m-K
Varmetap turledning	1314 W
Varmetap returledning	731 W
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmetap per lengdemeter	6,49 W / lm
<b>Årlig varmetap</b>	<b>8897,7 kWh</b>

System	
<b>Tapt /brukt energi</b>	<b>9184,5 kWh</b>
Avgitt energi	15255 kWh
Tilført energi	24439,5 kWh
<b>Systemvirkningsgrad</b>	<b>62,42 %</b>

Kulvertkostnader	
Kulvert meterpris	193,2 kr/m
Diverse	20000 kr
<b>Kulvert kostnad</b>	<b>80858 kr</b>
Grøftegraving meterpris	300 kr/m
Grøftegraving oppmåte	1667 kr
<b>Grøftekostnad</b>	<b>96167 kr</b>
<b>Tilkoblingskostnad</b>	<b>177025 kr</b>

Grøftegraving taes ikke med i sammenligning, grøft må graves uansett ved nybygg

Colebrook rørfriksjonstall for turbulent strømning, iterasjon					
1,00000	1,000	=	6,780	0,15	
0,14750	2,604	=	5,948	0,44	
0,06456	3,936	=	5,590	0,7	
0,04546	4,690	=	5,437	0,86	
0,03921	5,050	=	5,373	0,94	
0,03685	5,209	=	5,346	0,97	
0,03591	5,277	=	5,335	0,99	
0,03552	5,306	=	5,330	1	
0,03536	5,318	=	5,328	1	
0,03529	5,323	=	5,327	1	
0,03526	5,325	=	5,327	1	
0,03525	5,326	=	5,327	1	
0,03525	5,326	=	5,327	1	
0,03525	5,327	=	5,327	1	

Iterasjon Pumpetrykk		
Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans
Pumpe utløpstrykk	1	1 Bar
Friksjonstap i tilførsel	0,04	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	2,4	2,4 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	-1,44	-1,4 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	-1,94	-1,4 Bar
Friksjonstap i retur	0,04	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	-2,4	-2,4 Bar
Trykk ved innløp til kjel	0,42	1 Bar
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	-0,08	1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1,08	0 Bar
Laveste trykk	-1,94	-1,4 Bar
Høyeste trykk	2,4	2,4 Bar
Nødvendig pumpetrykk	4,45	Bar

Kjel driftstid med gitt effekt og varmetap	
<b>Kjeleffekt</b>	<b>5,55 kW</b>
Driftstid per år	4354,2 T / år
Andel av år	49,7 % av året
<b>Driftstid per dag gitt likt dagsforbruk</b>	<b>11,9 T / dag</b>
Energiproduksjon per dag	66,2 kWh/dag
Maksimalproduksjon	133,1 kWh/dag

Generelle data	
Rørstrekk	315 m
Høydeforskjell	24 m
Turtemperatur	80 °C
Returtemperatur	50 °C
Densitet	971,8 kg/m <sup>3</sup>
Kinematisk viskositet	3,67E-007 m <sup>2</sup> /s
Plastrør absolutt ruhet	0,00E+000 m
Rørdiameter	15 mm
Kulvertisolasjon	0,1700 W/m-K
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmebehov	
Årlig totalt behov	4460 kWh
Andel av behov dekket av varmeanlegg	75 %
Avgitt varme fra varmeanlegg	3345 kWh / år

Standard	Passivhus
Plassering	På åskam
Temperatur	Høytemperatur system

Resultater	
Dimensjonerende effektbehov 20°C inne	4,18 Kw
Maks effekt levert av varmeanlegg	1,67 Kw
Temperaturdifferanse	30 °C
Transportert vannmengde	0,01 kg/s
Transportert vannmengde	47,8 kg/h
Transportert vannmengde	0,05 m <sup>3</sup> /h
Vannhastighet	0,1 m/s

Colebrook rørfriksjonstall for turbulent strømning, iterasjon					
1,00000	1,000	=	6,201	0,16	
0,16127	2,490	=	5,408	0,46	
0,07425	3,670	=	5,072	0,72	
0,05373	4,314	=	4,931	0,87	
0,04701	4,612	=	4,873	0,95	
0,04449	4,741	=	4,849	0,98	
0,04350	4,795	=	4,839	0,99	
0,04310	4,817	=	4,835	1	
0,04293	4,826	=	4,834	1	
0,04287	4,830	=	4,833	1	
0,04284	4,831	=	4,833	1	
0,04283	4,832	=	4,833	1	
0,04282	4,832	=	4,833	1	
0,04282	4,832	=	4,833	1	

Friksjonstap – colebrook	
Reynolds tall	3163 <b>Transient</b>
Rørfriksjonstall – Colebrook iterasjon	0,00000
Friksjonstap – colebrook	0 Pa/m

Friksjonstap tilnærming (for vann ved 80 grader)	
For plastrør	9,24 Pa/m

Høyeste friksjonsverdi brukes for trykktap

Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans
Pumpe utløpstrykk	4,44	1 Bar
Friksjonstap i tilførsel	0,03	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	2,4	2,4 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	2,01	-1,4 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	1,51	-1,4 Bar
Friksjonstap i retur	0,03	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	-2,4	-2,4 Bar
Trykk ved innløp til kjel	3,88	1 Bar
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	3,38	1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1,06	0 Bar
Laveste trykk	1,51	Under 1 bar
Høyeste trykk	4,44	2,4 Bar

Pumpekrav	
Løftehøyde	10,6 m
Minste pumpeeffekt	0,01 Kw
Årlig energibehov pumpe	58,4 kWh
Driftskostnad gitt 79,9øre/kwh	46,7 Kr / år

Varmetap	
Jordtemperatur	4,9 °C
Kulvertisolasjon	0,1700 W/m-K
Varmetap turledning	2011 W
Varmetap returledning	1208 W
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmetap per lengdemeter	10,22 W / lm
Årlig varmetap	13999,8 kWh

System	
Tapt /brukt energi	14058,3 kWh
Avgitt energi	3345 kWh
Tilført energi	17403,3 kWh
Systemvirkningsgrad	19,22 %

Kulvertkostnader	
Kulvert meterpris	140 kr/m
Diverse	20000 kr
Kulvert kostnad	64100 kr
Grøftegraving meterpris	300 kr/m
Grøftegraving oppmøte	1667 kr
Grøftekostnad	96167 kr
Tilkoblingskostnad	160267 kr

Grøftegraving taes ikke med i sammenligning, grøft må graves uansett ved nybygging

Iterasjon Pumpetrykk		
Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans
Pumpe utløpstrykk	1	1 Bar
Friksjonstap i tilførsel	0,03	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	2,4	2,4 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	-1,43	-1,4 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	-1,93	-1,4 Bar
Friksjonstap i retur	0,03	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	-2,4	-2,4 Bar
Trykk ved innløp til kjel	0,44	1 Bar
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	-0,06	1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1,06	0 Bar
Laveste trykk	-1,93	-1,4 Bar
Høyeste trykk	2,4	2,4 Bar
Nødvendig pumpetrykk	4,44	Bar

Kjel driftstid med gitt effekt og varmetap	
Kjeleffekt	1,67 kW
Driftstid per år	10363,3 T / år
Andel av år	118,3 % av året
Driftstid per dag gitt likt dagsforbruk	28,4 T / dag
Energiproduksjon per dag	47,5 kWh/dag
Maksimalproduksjon	40,2 kWh/dag

Generelle data	
Rørstrekk	315 m
Høydeforskjell	24 m
Turtemperatur	80 C
Returtemperatur	50 C
Densitet	971,8 kg/m <sup>3</sup>
Kinematisk viskositet	3,67E-007 m <sup>2</sup> /s
Plastrør absolutt ruhet	0,00E+000 m
Rørdiameter	20 mm
Kulvertisolasjon	0,1790 W/m-K
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varnebehov	
Årlig totalt behov	4460 kWh
Andel av behov dekket av varmeanlegg	75 %
Avgitt varme fra varmeanlegg	3345 kWh / år

Standard	Passivhus
Plassering	På åskam
Temperatur	Høytemperatur system

Resultater	
Dimensjonerende effektbehov 20°C inne	4,18 Kw
Maks effekt levert av varmeanlegg	1,67 Kw
Temperaturdifferanse	30 C
Transportert vannmengde	0,01 kg/s
Transportert vannmengde	47,8 kg/h
Transportert vannmengde	0,05 m <sup>3</sup> /h
Vannhastighet	0,0 m/s

Frikjonstap – colebrook	
Reynolds tall	2372 <b>Transient</b>
Rørfrikjonstall – Colebrook iterasjon	0,00000
Frikjonstap – colebrook	0 Pa/m

Frikjonstap tilnærming (for vann ved 80 grader)	
For plastrør	2,43 Pa/m
Høyeste frikjonsverdi brukes for trykktap	

Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans
Pumpe utløpstrykk	4,42	1 Bar
Frikjonstap i tilførsel	0,01	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	2,4	2,4 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	2,01	-1,4 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	1,51	-1,4 Bar
Frikjonstap i retur	0,01	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	-2,4	-2,4 Bar
Trykk ved innløp til kjel	3,9	1 Bar
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	3,4	1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1,02	0 Bar
Laveste trykk	1,51	Under 1 bar
Høyeste trykk	4,42	2,4 Bar

Pumpekrav	
Løftehøyde	10,2 m
Minste pumpeeffekt	0,01 Kw
Årlig energibehov pumpe	58,1 kWh
Driftskostnad gitt 79,9øre/kwh	46,4 Kr / år

Varmetap	
Jordtemperatur	4,9 C
Kulvertisolasjon	0,1790 W/m-K
Varmetap turledning	2117 W
Varmetap returledning	1271 W
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmetap per lengdemeter	10,76 W / lm
Årlig varmetap	14741,0 kWh

System	
Tapt /brukt energi	14799,1 kWh
Avgitt energi	3345 kWh
Tilført energi	18144,1 kWh
Systemvirkningsgrad	18,44 %

Kulvertkostnader	
Kulvert meterpris	156,6 kr/m
Diverse	20000 kr
Kulvert kostnad	69329 kr
Grøftegraving meterpris	300 kr/m
Grøftegraving oppmøte	1667 kr
Grøftekostnad	96167 kr
Tilkoblingskostnad	165496 kr

Grøftegraving taes ikke med i sammenligning, grøft må graves uansett ved nybygging

Colebrook rørfrikjonstall for turbulent strømning, iterasjon					
1,00000	1,000	=	5,951	0,17	
0,16804	2,439	=	5,176	0,47	
0,07919	3,554	=	4,850	0,73	
0,05803	4,151	=	4,715	0,88	
0,05109	4,424	=	4,659	0,95	
0,04851	4,540	=	4,637	0,98	
0,04750	4,588	=	4,628	0,99	
0,04710	4,608	=	4,624	1	
0,04693	4,616	=	4,622	1	
0,04687	4,619	=	4,622	1	
0,04684	4,621	=	4,622	1	
0,04683	4,621	=	4,621	1	
0,04683	4,621	=	4,621	1	
0,04682	4,621	=	4,621	1	

Iterasjon Pumpetrykk		
Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans
Pumpe utløpstrykk	1	1 Bar
Frikjonstap i tilførsel	0,01	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	2,4	2,4 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	-1,41	-1,4 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	-1,91	-1,4 Bar
Frikjonstap i retur	0,01	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	-2,4	-2,4 Bar
Trykk ved innløp til kjel	0,48	1 Bar
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	-0,02	1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1,02	0 Bar
Laveste trykk	-1,91	-1,4 Bar
Høyeste trykk	2,4	2,4 Bar
Nødvendig pumpetrykk	4,42	Bar

Kjel driftstid med gitt effekt og varmetap	
Kjeleffekt	1,67 kW
Driftstid per år	10806,2 T / år
Andel av år	123,4 % av året
Driftstid per dag gitt likt dagsforbruk	29,6 T / dag
Energiproduksjon per dag	49,6 kWh/dag
Maksimalproduksjon	40,2 kWh/dag

Generelle data	
Rørstrekk	315m
Høydeforskjell	24m
Turtemperatur	80C
Returtemperatur	50C
Densitet	971,8kg/m <sup>3</sup>
Kinematisk viskositet	3,67E-007m <sup>2</sup> /s
Plastrør absolutt ruhet	0,00E+000m
Rørdiameter	25mm
Kulvertisolasjon	0,1850W/m-K
Driftstid for varmeanlegg	8700Timer / år
Varmebehov	
Årlig totalt behov	4460kWh
Andel av behov dekket av varmeanlegg	75%
Avgitt varme fra varmeanlegg	3345kWh / år

Resultater	
Dimensjonerende effektbehov 20°C inne	4,18Kw
Maks effekt levert av varmeanlegg	1,67Kw
Temperaturdifferenase	30C
Transportert vannmengde	0,01kg/s
Transportert vannmengde	47,8kg/h
Transportert vannmengde	0,05m <sup>3</sup> /h
Vannhastighet	0,0m/s

Friksjonstap – colebrook	
Reynolds tall	1898 Laminær
Rørfriksjonstall – Colebrook iterasjon	0,00000
Friksjonstap – colebrook	0Pa/m

Friksjonstap tilnærming (for vann ved 80 grader)	
For plastrør	0,86Pa/m

Høyeste friksjonsverdi brukes for trykktap

Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans
Pumpe utløpstrykk	4,41	1 Bar
Friksjonstap i tilførsel	0	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	2,4	2,4 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	2,01	-1,4 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	1,51	-1,4 Bar
Friksjonstap i retur	0	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	-2,4	-2,4 Bar
Trykk ved innløp til kjel	3,91	1 Bar
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	3,41	1 Bar
Trykkløstap over pumpe	1,01	0 Bar
Laveste trykk	1,51	Under 1 bar
Høyeste trykk	4,41	2,4 Bar

Pumpekrav	
Løftehøyde	10,1 m
Minste pumpeeffekt	0,01 Kw
Årlig energibehov pumpe	58,0kWh
Driftskostnad gitt 79,9øre/kwh	46,3Kr / år

Varmetap	
Jordtemperatur	4,9C
Kulvertisolasjon	0,1850W/m-K
Varmetap turledning	2188W
Varmetap returledning	1314W
Driftstid for varmeanlegg	8700Timer / år
Varmetap per lengdemeter	11,12W / lm
Årlig varmetap	15235,1kWh

System	
Tapt /brukt energi	15293,1kWh
Avgitt energi	3345kWh
Tilført energi	18638,1kWh
Systemvirkningsgrad	17,95%

Kulvertkostnader	
Kulvert meterpris	193,2kr/m
Diverse	20000kr
Kulvert kostnad	80858kr
Grøftegraving meterpris	300kr/m
Grøftegraving oppmøte	1667kr
Grøftekostnad	96167kr
Tilkoblingskostnad	177025kr

Grøftegraving taes ikke med i sammenligning, grøft må graves uansett ved nybygg

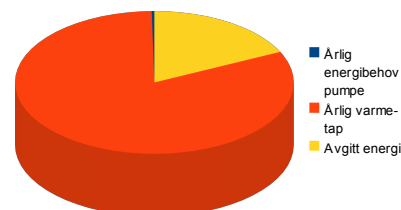
Standard	Passivhus
Plassering	På åskam
Temperatur	Høytemperatur system

Colebrook rørfriksjonstall for turbulent strømning, iterasjon					
1,00000	1,000	=	5,757	0,17	
0,17370	2,399	=	4,997	0,48	
0,08341	3,463	=	4,678	0,74	
0,06173	4,025	=	4,548	0,89	
0,05463	4,278	=	4,495	0,95	
0,05200	4,385	=	4,473	0,98	
0,05098	4,429	=	4,465	0,99	
0,05057	4,447	=	4,461	1	
0,05041	4,454	=	4,460	1	
0,05035	4,457	=	4,459	1	
0,05032	4,458	=	4,459	1	
0,05031	4,458	=	4,459	1	
0,05030	4,459	=	4,459	1	
0,05030	4,459	=	4,459	1	

Iterasjon Pumpetrykk			
Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans	
Pumpe utløpstrykk	1	1 Bar	
Friksjonstap i tilførsel	0	0 Bar	
Høydeforskjell i rørstrekk	2,4	2,4 Bar	
Trykk ved innløp til varmeveksler	-1,4	-1,4 Bar	
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar	
Trykk ved utløp av varmeveksler	-1,9	-1,4 Bar	
Friksjonstap i retur	0	0 Bar	
Høydeforskjell i rørstrekk	-2,4	-2,4 Bar	
Trykk ved innløp til kjel	0,49	1 Bar	
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar	
Trykk i innløp til pumpe	-0,01	1 Bar	
Trykkløstap over pumpe	1,01	0 Bar	
Laveste trykk	-1,9	-1,4 Bar	
Høyeste trykk	2,4	2,4 Bar	
Nødvendig pumpetrykk	4,41	Bar	

Kjel driftstid med gitt effekt og varmetap	
Kjelleffekt	1,67kW
Driftstid per år	11101,4T / år
Andel av år	126,7% av året
Driftstid per dag gitt likt dagsforbruk	30,4T / dag
Energiproduksjon per dag	50,9kWh/dag
Maksimalproduksjon	40,2kWh/dag

Fordeling av energi i kulvertanlegg



Generelle data	
Rørstrekk	315 m
Høydeforskjell	24 m
Turtemperatur	50 C
Returtemperatur	30 C
Densitet	988 kg/m <sup>3</sup>
Kinematisk viskositet	5,53E-007 m <sup>2</sup> /s
Plastrør absolutt ruhet	0,00E+000 m
Rørdiameter	15 mm
Kulvertisolasjon	0,1700 W/m-K
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmebehov	
Årlig totalt behov	4460 kWh
Andel av behov dekket av varmeanlegg	75 %
Avgitt varme fra varmeanlegg	3345 kWh / år

Standard	Passivhus
Plassering	På åskam
Temperatur	Lavtemperatur system

Resultater	
Dimensjonerende effektbehov 20°C inne	4,18 Kw
Maks effekt levert av varmeanlegg	1,67 Kw
Temperaturdifferanse	20 C
Transportert vannmengde	0,02 kg/s
Transportert vannmengde	71,7 kg/h
Transportert vannmengde	0,07 m <sup>3</sup> /h
Vannhastighet	0,1 m/s

Friksjonstap – colebrook	
Reynolds tall	3097 Transient
Rørfriksjonstall – Colebrook iterasjon	0,00000
Friksjonstap – colebrook	0 Pa/m

Friksjonstap tilnærming (for vann ved 80 grader)	
For plastrør	18,45 Pa/m
Høyeste friksjonsverdi brukes for trykktap	

Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans
Pumpe utløpstrykk	4,47	1 Bar
Friksjonstap i tilførsel	0,06	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	2,4	2,4 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	2,01	-1,4 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	1,51	-1,4 Bar
Friksjonstap i retur	0,06	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	-2,4	-2,4 Bar
Trykk ved innløp til kjel	3,85	1 Bar
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	3,35	1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1,12	0 Bar
Laveste trykk	1,51	Under 1 bar
Høyeste trykk	4,47	2,4 Bar

Pumpekrav	
Løftehøyde	11,2 m
Minste pumpeeffekt	0,01 Kw
Årlig energibehov pumpe	86,9 kWh
Driftskostnad gitt 79,9øre/kwh	69,5 Kr / år

Varmetap	
Jordtemperatur	4,9 C
Kulvertisolasjon	0,1700 W/m-K
Varmetap turledning	1208 W
Varmetap returledning	672 W
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmetap per lengdemeter	5,97 W / lm
Årlig varmetap	8176,3 kWh

System	
Tapt /brukt energi	8263,2 kWh
Avgitt energi	3345 kWh
Tilført energi	11608,2 kWh
Systemvirkningsgrad	28,82 %

Kulvertkostnader	
Kulvert meterpris	140 kr/m
Diverse	20000 kr
Kulvert kostnad	64100 kr
Grøftegraving meterpris	300 kr/m
Grøftegraving oppmøte	1667 kr
Grøftekostnad	96167 kr
Tilkoblingskostnad	160267 kr

Grøftegraving taes ikke med i sammenligning, grøft må graves uansett ved nybygg

Colebrook rørfriksjonstall for turbulent strømning, iterasjon				
1,00000	1,000	=	6,183	0,16
0,16175	2,486	=	5,391	0,46
0,07460	3,661	=	5,055	0,72
0,05403	4,302	=	4,915	0,88
0,04729	4,598	=	4,857	0,95
0,04477	4,726	=	4,834	0,98
0,04378	4,780	=	4,824	0,99
0,04337	4,802	=	4,820	1
0,04321	4,811	=	4,818	1
0,04314	4,814	=	4,817	1
0,04312	4,816	=	4,817	1
0,04310	4,817	=	4,817	1
0,04310	4,817	=	4,817	1
0,04310	4,817	=	4,817	1

Iterasjon Pumpetrykk		
Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans
Pumpe utløpstrykk	1	1 Bar
Friksjonstap i tilførsel	0,06	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	2,4	2,4 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	-1,46	-1,4 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	-1,96	-1,4 Bar
Friksjonstap i retur	0,06	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	-2,4	-2,4 Bar
Trykk ved innløp til kjel	0,38	1 Bar
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	-0,12	1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1,12	0 Bar
Laveste trykk	-1,96	-1,4 Bar
Høyeste trykk	2,4	2,4 Bar
Nødvendig pumpetrykk	4,47	Bar

Kjel driftstid med gitt effekt og varmetap	
Kjeleffekt	1,67 kW
Driftstid per år	6883,8 T / år
Andel av år	78,6 % av året
Driftstid per dag gitt likt dagsforbruk	18,9 T / dag
Energiproduksjon per dag	31,6 kWh/dag
Maksimalproduksjon	40,2 kWh/dag

Generelle data	
Rørstrekk	315 m
Høydeforskjell	24 m
Turtemperatur	50 °C
Returtemperatur	30 °C
Densitet	988 kg/m <sup>3</sup>
Kinematisk viskositet	5,53E-007 m <sup>2</sup> /s
Plastrør absolutt ruhet	0,00E+000 m
Rørdiameter	20 mm
Kulvertisolasjon	0,1790 W/m-K
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmebehov	
Årlig totalt behov	4460 kWh
Andel av behov dekket av varmeanlegg	75 %
Avgitt varme fra varmeanlegg	3345 kWh / år

Standard	Passivhus
Plassering	På åskam
Temperatur	Lavtemperatur system

Resultater	
Dimensjonerende effektbehov 20°C inne	4,18 Kw
Maks effekt levert av varmeanlegg	1,67 Kw
Temperaturdifferanse	20 °C
Transportert vannmengde	0,02 kg/s
Transportert vannmengde	71,7 kg/h
Transportert vannmengde	0,07 m <sup>3</sup> /h
Vannhastighet	0,1 m/s

Frikjonstap – colebrook	
Reynolds tall	2323 <b>Transient</b>
Rørfrikjonstall – Colebrook iterasjon	0,00000
Frikjonstap – colebrook	0 Pa/m

Frikjonstap tilnærming (for vann ved 80 grader)	
For plastrør	4,85 Pa/m

Høyeste frikjonsverdi brukes for trykktap

Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans
Pumpe utløpstrykk	4,43	1 Bar
Frikjonstap i tilførsel	0,02	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	2,4	2,4 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	2,01	-1,4 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	1,51	-1,4 Bar
Frikjonstap i retur	0,02	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	-2,4	-2,4 Bar
Trykk ved innløp til kjel	3,89	1 Bar
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	3,39	1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1,03	0 Bar
Laveste trykk	1,51	Under 1 bar
Høyeste trykk	4,43	2,4 Bar

Pumpekrav	
Løftehøyde	10,3 m
Minste pumpeeffekt	0,01 Kw
Årlig energibehov pumpe	85,9 kWh
Driftskostnad gitt 79,9øre/kwh	68,6 Kr / år

Varmetap	
Jordtemperatur	4,9 °C
Kulvertisolasjon	0,1790 W/m-K
Varmetap turledning	1271 W
Varmetap returledning	708 W
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmetap per lengdemeter	6,28 W / lm
Årlig varmetap	8609,1 kWh

System	
Tapt /brukt energi	8695,0 kWh
Avgitt energi	3345 kWh
Tilført energi	12040,0 kWh
Systemvirkningsgrad	27,78 %

Kulvertkostnader	
Kulvert meterpris	156,6 kr/m
Diverse	20000 kr
Kulvert kostnad	69329 kr
Grøftegraving meterpris	300 kr/m
Grøftegraving oppmøte	1667 kr
Grøftekostnad	96167 kr
Tilkoblingskostnad	165496 kr

Grøftegraving taes ikke med i sammenligning, grøft må graves uansett ved nybygg

Colebrook rørfrikjonstall for turbulent strømning, iterasjon				
1,00000	1,000	=	5,933	0,17
0,16856	2,436	=	5,159	0,47
0,07957	3,545	=	4,833	0,73
0,05836	4,139	=	4,699	0,88
0,05141	4,410	=	4,644	0,95
0,04883	4,525	=	4,621	0,98
0,04782	4,573	=	4,612	0,99
0,04741	4,593	=	4,609	1
0,04725	4,601	=	4,607	1
0,04718	4,604	=	4,606	1
0,04715	4,605	=	4,606	1
0,04714	4,606	=	4,606	1
0,04714	4,606	=	4,606	1
0,04714	4,606	=	4,606	1

Iterasjon Pumpetrykk		
Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans
Pumpe utløpstrykk	1	1 Bar
Frikjonstap i tilførsel	0,02	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	2,4	2,4 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	-1,42	-1,4 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	-1,92	-1,4 Bar
Frikjonstap i retur	0,02	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	-2,4	-2,4 Bar
Trykk ved innløp til kjel	0,47	1 Bar
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	-0,03	1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1,03	0 Bar
Laveste trykk	-1,92	-1,4 Bar
Høyeste trykk	2,4	2,4 Bar
Nødvendig pumpetrykk	4,43	Bar

Kjel driftstid med gitt effekt og varmetap	
Kjeleffekt	1,67 kW
Driftstid per år	7142,5 T / år
Andel av år	81,5 % av året
Driftstid per dag gitt likt dagsforbruk	19,6 T / dag
Energiproduksjon per dag	32,8 kWh/dag
Maksimalproduksjon	40,2 kWh/dag



Generelle data	
Rørstrekk	315m
Høydeforskjell	24m
Turtemperatur	50C
Returtemperatur	30C
Densitet	988 kg/m <sup>3</sup>
Kinematisk viskositet	5,53E-007 m <sup>2</sup> /s
Plastrør absolutt ruhet	0,00E+000m
Rørdiameter	25mm
Kulvertisolasjon	0,1850W/m-K
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmebehov	
Årlig totalt behov	4460kWh
Andel av behov dekket av varmeanlegg	75%
Avgitt varme fra varmeanlegg	3345kWh / år

Standard	Passivhus
Plassering	På åskam
Temperatur	Lavtemperatur system

Resultater	
Dimensjonerende effektbehov 20°C inne	4,18Kw
Maks effekt levert av varmeanlegg	1,67Kw
Temperaturdifferenase	20C
Transportert vannmengde	0,02kg/s
Transportert vannmengde	71,7kg/h
Transportert vannmengde	0,07m <sup>3</sup> /h
Vannhastighet	0,0m/s

Friksjonstap – colebrook	
Reynolds tall	1858 Laminær
Rørfriksjonstall – Colebrook iterasjon	0,00000
Friksjonstap – colebrook	0Pa/m

Friksjonstap tilnærming (for vann ved 80 grader)	
For plastrør	1,72Pa/m

Høyeste friksjonsverdi brukes for trykktap

Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans	
Pumpe utløpstrykk	4,42	1	Bar
Friksjonstap i tilførsel	0,01	0	Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	2,4	2,4	Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	2,01	-1,4	Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0	Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	1,51	-1,4	Bar
Friksjonstap i retur	0,01	0	Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	-2,4	-2,4	Bar
Trykk ved innløp til kjel	3,9	1	Bar
Trykktap i kjel	0,5	0	Bar
Trykk i innløp til pumpe	3,4	1	Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1,01	0	Bar
Laveste trykk	1,51	Under 1 bar	Bar
Høyeste trykk	4,42	2,4	Bar

Pumpekrav	
Løftehøyde	10,1m
Minste pumpeeffekt	0,01Kw
Årlig energibehov pumpe	85,6kWh
Driftskostnad gitt 79,9øre/kwh	68,4Kr / år

Varmetap	
Jordtemperatur	4,9C
Kulvertisolasjon	0,1850W/m-K
Varmetap turledning	1314W
Varmetap returledning	731W
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmetap per lengdemeter	6,49W / lm
Årlig varmetap	8897,7kWh

System	
Tapt /brukt energi	8983,3kWh
Avgitt energi	3345kWh
Tilført energi	12328,3kWh
Systemvirkningsgrad	27,13%

Kulvertkostnader	
Kulvert meterpris	193,2kr/m
Diverse	20000kr
Kulvert kostnad	80858kr
Grøftegraving meterpris	300kr/m
Grøftegraving oppmøte	1667kr
Grøftekostnad	96167kr
Tilkoblingskostnad	177025kr

Grøftegraving taes ikke med i sammenligning, grøft må graves uansett ved nybygg

Colebrook rørfriksjonstall for turbulent strømning, iterasjon				
1,00000	1,000	=	5,739	0,17
0,17425	2,396	=	4,980	0,48
0,08382	3,454	=	4,662	0,74
0,06210	4,013	=	4,532	0,89
0,05499	4,265	=	4,479	0,95
0,05235	4,370	=	4,458	0,98
0,05133	4,414	=	4,449	0,99
0,05092	4,432	=	4,446	1
0,05076	4,439	=	4,444	1
0,05069	4,441	=	4,444	1
0,05067	4,443	=	4,444	1
0,05066	4,443	=	4,443	1
0,05065	4,443	=	4,443	1
0,05065	4,443	=	4,443	1

Iterasjon Pumpetrykk			
Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans	
Pumpe utløpstrykk	1	1	Bar
Friksjonstap i tilførsel	0,01	0	Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	2,4	2,4	Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	-1,41	-1,4	Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0	Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	-1,91	-1,4	Bar
Friksjonstap i retur	0,01	0	Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	-2,4	-2,4	Bar
Trykk ved innløp til kjel	0,49	1	Bar
Trykktap i kjel	0,5	0	Bar
Trykk i innløp til pumpe	-0,01	1	Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1,01	0	Bar
Laveste trykk	-1,91	-1,4	Bar
Høyeste trykk	2,4	2,4	Bar
Nødvendig pumpetrykk	4,42		Bar

Kjel driftstid med gitt effekt og varmetap	
Kjeleffekt	1,67kW
Driftstid per år	7314,9T / år
Andel av år	83,5% av året
Driftstid per dag gitt likt dagsforbruk	20,0T / dag
Energiproduksjon per dag	33,5kWh/dag
Maksimalproduksjon	40,2kWh/dag

Generelle data	
Rørstrekk	140m
Høydeforskjell	-4,5m
Turtemperatur	80 C
Returtemperatur	50 C
Densitet	971,8 kg/m <sup>3</sup>
Kinematisk viskositet	3,67E-007 m <sup>2</sup> /s
Plastrør absolutt ruhet	0,00E+000 m
Rørdiameter	15 mm
Kulvertisolasjon	0,1700 W/m-K
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmebehov	
Årlig totalt behov	24592,22 kWh
Andel av behov dekket av varmeanlegg	75%
Avgitt varme fra varmeanlegg	18444 kWh / år

<b>Standard</b>	<b>TEK'10 hus inkl varmtvann</b>
<b>Plassering</b>	<b>Ved kårbolig</b>
<b>Temperatur</b>	<b>Høytemperatur system</b>

Resultater	
Dimensjonerende effektbehov 20°C inne	16,26 Kw
Maks effekt levert av varmeanlegg	6,51 Kw
Temperaturdifferenase	30 C
Transportert vannmengde	0,05 kg/s
Transportert vannmengde	185,9 kg/h
Transportert vannmengde	0,19 m <sup>3</sup> /h
Vannhastighet	0,3 m/s

Colebrook rørfriksjonstall for turbulent strømning, iterasjon					
1,00000	1,000	=	7,380	0,14	
0,13550	2,717	=	6,512	0,42	
0,05653	4,206	=	6,132	0,69	
0,03877	5,079	=	5,969	0,85	
0,03299	5,506	=	5,898	0,93	
0,03079	5,699	=	5,869	0,97	
0,02990	5,783	=	5,856	0,99	
0,02953	5,819	=	5,850	0,99	
0,02937	5,835	=	5,848	1	
0,02931	5,841	=	5,847	1	
0,02928	5,844	=	5,847	1	
0,02927	5,845	=	5,846	1	
0,02926	5,846	=	5,846	1	
0,02926	5,846	=	5,846	1	

Friksjonstap – colebrook	
Reynolds tall	12294 <b>Turbulent</b>
Rørfriksjonstall – Colebrook iterasjon	0,02926
Friksjonstap – colebrook	85,76 Pa/m

Friksjonstap tilnærming (for vann ved 80 grader)	
For plastrør	93,68 Pa/m

Høyeste friksjonsverdi brukes for trykktap

Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans	
Pumpe utløpstrykk	2,77	1	Bar
Friksjonstap i tilførsel	0,13	0	Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	-0,45	-0,45	Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	3,09	1,45	Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0	Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	2,59	1,45	Bar
Friksjonstap i retur	0,13	0	Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0,45	0,45	Bar
Trykk ved innløp til kjel	2,01	1	Bar
Trykktap i kjel	0,5	0	Bar
Trykk i innløp til pumpe	1,51	1	Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1,26	0	Bar
Laveste trykk	1,51	1	Bar
Høyeste trykk	3,09	1,45	Bar

Pumpekrav	
Løftehøyde	12,6 m
Minste pumpeeffekt	0,01 Kw
Årlig energibehov pumpe	117,0 kWh
Driftskostnad gitt 79,9øre/kwh	93,5 Kr / år

Varmetap	
Jordtemperatur	4,9 C
Kulvertisolasjon	0,1700 W/m-K
Varmetap turledning	894 W
Varmetap returledning	537 W
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmetap per lengdemeter	10,22 W / lm
Årlig varmetap	6222,2 kWh

System	
Tapt /brukt energi	6339,2 kWh
Avgitt energi	18444,17 kWh
Tilført energi	24783,3 kWh
Systemvirkningsgrad	74,42 %

Kulvertkostnader	
Kulvert meterpris	140 kr/m
Diverse	20000 kr
Kulvert kostnad	39600 kr
Grøftegraving meterpris	300 kr/m
Grøftegraving oppmøte	1667 kr
Grøftekostnad	43667 kr
Tilkoblingskostnad	83267 kr

Grøftegraving taes ikke med i sammenligning, grøft må graves uansett ved nybygg

Iterasjon Pumpetrykk	Under drift	Stans	
Trykk i rørstrekk			
Pumpe utløpstrykk	1	1	Bar
Friksjonstap i tilførsel	0,13	0	Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	-0,45	-0,45	Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	1,32	1,45	Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0	Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	0,82	1,45	Bar
Friksjonstap i retur	0,13	0	Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0,45	0,45	Bar
Trykk ved innløp til kjel	0,24	1	Bar
Trykktap i kjel	0,5	0	Bar
Trykk i innløp til pumpe	-0,26	1	Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1,26	0	Bar
Laveste trykk	-0,26	1	Bar
Høyeste trykk	1,32	1,45	Bar
Nødvendig pumpetrykk	2,77		Bar

Kjel driftstid med gitt effekt og varmetap	
Kjeleffekt	6,51 kW
Driftstid per år	3791,6 T / år
Andel av år	43,3 % av året
Driftstid per dag gitt likt dagsforbruk	10,4 T / dag
Energiproduksjon per dag	67,6 kWh/dag
Maksimalproduksjon	156,1 kWh/dag

Generelle data	
Rørstrekk	140 m
Høydeforskjell	-4,5 m
Turtemperatur	80 °C
Returtemperatur	50 °C
Densitet	971,8 kg/m <sup>3</sup>
Kinematisk viskositet	3,67E-007 m <sup>2</sup> /s
Plastrør absolutt ruhet	0,00E+000 m
Rørdiameter	20 mm
Kulvertisolasjon	0,1790 W/m-K
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmebehov	
Årlig totalt behov	24592,22 kWh
Andel av behov dekket av varmeanlegg	75 %
Avgitt varme fra varmeanlegg	18444 kWh / år

Standard	TEK10 hus inkl varmtvann
Plassering	Ved kårbolg
Temperatur	Høytemperatur system

Resultater	
Dimensjonerende effektbehov 20°C inne	16,26 Kw
Maks effekt levert av varmeanlegg	6,51 Kw
Temperaturdifferenase	30 °C
Transportert vannmengde	0,05 kg/s
Transportert vannmengde	185,9 kg/h
Transportert vannmengde	0,19 m <sup>3</sup> /h
Vannhastighet	0,2 m/s

Frikjonstap – colebrook	
Reynolds tall	9221 <b>Transient</b>
Rørfrikjonstall – Colebrook iterasjon	0,00000
Frikjonstap – colebrook	0 Pa/m

Frikjonstap tilnærming (for vann ved 80 grader)	
For plastrør	24,64 Pa/m

Høyeste frikjonsverdi brukes for trykktap

Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans	
Pumpe utløpstrykk	2,58	1	Bar
Frikjonstap i tilførsel	0,03	0	Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	-0,45	-0,45	Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	2,99	1,45	Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0	Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	2,49	1,45	Bar
Frikjonstap i retur	0,03	0	Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0,45	0,45	Bar
Trykk ved innløp til kjel	2,01	1	Bar
Trykktap i kjel	0,5	0	Bar
Trykk i innløp til pumpe	1,51	1	Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1,07	0	Bar
Laveste trykk	1,51	1	Bar
Høyeste trykk	2,99	1,45	Bar

Pumpekrev	
Løftehøyde	10,7 m
Minste pumpeeffekt	0,01 Kw
Årlig energibehov pumpe	104,3 kWh
Driftskostnad gitt 79,9øre/kwh	83,3 Kr / år

Varmetap	
Jordtemperatur	4,9 °C
Kulvertisolasjon	0,1790 W/m-K
Varmetap turledning	941 W
Varmetap returledning	565 W
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmetap per lengdemeter	10,76 W / lm
Årlig varmetap	6551,6 kWh

System	
Tapt /brukt energi	6655,8 kWh
Avgitt energi	18444,2 kWh
Tilført energi	25100,0 kWh
Systemvirkningsgrad	73,48 %

Kulvertkostnader	
Kulvert meterpris	156,6 kr/m
Diverse	20000 kr
Kulvert kostnad	41924 kr
Grøftegraving meterpris	300 kr/m
Grøftegraving oppmøte	1667 kr
Grøftekostnad	43667 kr
Tilkoblingskostnad	85591 kr

Grøftegraving taes ikke med i sammenligning, grøft må graves uansett ved nybygg

Colebrook rørfrikjonstall for turbulent strømning, iterasjon					
1,00000	1,000	=	7,130	0,14	
0,14025	2,670	=	6,277	0,43	
0,05966	4,094	=	5,906	0,69	
0,04136	4,917	=	5,747	0,86	
0,03539	5,316	=	5,679	0,94	
0,03312	5,494	=	5,650	0,97	
0,03221	5,572	=	5,638	0,99	
0,03183	5,605	=	5,633	1	
0,03167	5,619	=	5,631	1	
0,03161	5,625	=	5,630	1	
0,03158	5,627	=	5,630	1	
0,03157	5,628	=	5,629	1	
0,03156	5,629	=	5,629	1	
0,03156	5,629	=	5,629	1	

Iterasjon Pumpetrykk			
Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans	
Pumpe utløpstrykk	1	1	Bar
Frikjonstap i tilførsel	0,03	0	Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	-0,45	-0,45	Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	1,42	1,45	Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0	Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	0,92	1,45	Bar
Frikjonstap i retur	0,03	0	Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0,45	0,45	Bar
Trykk ved innløp til kjel	0,43	1	Bar
Trykktap i kjel	0,5	0	Bar
Trykk i innløp til pumpe	-0,07	1	Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1,07	0	Bar
Laveste trykk	-0,07	1	Bar
Høyeste trykk	1,42	1,45	Bar
Nødvendig pumpetrykk	2,58		Bar

Kjel driftstid med gitt effekt og varmetap	
Kjleffekt	6,51 kW
Driftstid per år	3842,3 T / år
Andel av år	43,9 % av året
Driftstid per dag gitt likt dagsforbruk	10,5 T / dag
Energiproduksjon per dag	68,5 kWh/dag
Maksimalproduksjon	156,1 kWh/dag

Generelle data	
Rørstrek	140 m
Høydeforskjell	-4,5 m
Turtemperatur	80 °C
Returtemperatur	50 °C
Densitet	971,8 kg/m <sup>3</sup>
Kinematisk viskositet	3,67E-007 m <sup>2</sup> /s
Plastrør absolutt ruhet	0,00E+000 m
Rørdiameter	25 mm
Kulvertisolasjon	0,1850 W/m-K
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
<b>Varmebehov</b>	
Årlig totalt behov	24592,22 kWh
Andel av behov dekket av varmeanlegg	75 %
Avgitt varme fra varmeanlegg	18444 kWh / år

<b>Standard</b>	<b>TEK'10 hus inkl varmtvann</b>
<b>Plassering</b>	<b>Ved kår bolig</b>
<b>Temperatur</b>	<b>Høytemperatur system</b>

Resultater	
Dimensjonerende effektbehov 20°C inne	16,26 Kw
Maks effekt levert av varmeanlegg	6,51 Kw
Temperaturdifferanse	30 °C
Transportert vannmengde	0,05 kg/s
Transportert vannmengde	185,9 kg/h
Transportert vannmengde	0,19 m <sup>3</sup> /h
Vannhastighet	0,1 m/s

Frikjonstap – colebrook	
Reynolds tall	7377 <b>Transient</b>
Rørfrikjonstall – Colebrook iterasjon	0,00000
Frikjonstap – colebrook	0 Pa/m

Frikjonstap tilnærming (for vann ved 80 grader)	
For plastrør	8,75 Pa/m
Høyeste frikjonsverdi brukes for trykktap	

Trykk i rørstrek	Under drift	Stans
Pumpe utløpstrykk	2,53	1 Bar
Frikjonstap i tilførsel	0,01	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrek	-0,45	-0,45 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	2,97	1,45 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	2,47	1,45 Bar
Frikjonstap i retur	0,01	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrek	0,45	0,45 Bar
Trykk ved innløp til kjel	2,01	1 Bar
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	1,51	1 Bar
Trykddifferanse over pumpe	1,02	0 Bar
Laveste trykk	1,51	1 Bar
Høyeste trykk	2,97	1,45 Bar

Pumpekrav	
Løftehøyde	10,2 m
Minste pumpeeffekt	0,01 Kw
Årlig energibehov pumpe	101,3 kWh
Driftskostnad gitt 79,9øre/kwh	81,0 Kr / år

Varmetap	
Jordtemperatur	4,9 °C
Kulvertisolasjon	0,1850 W/m-K
Varmetap turledning	973 W
Varmetap returledning	584 W
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmetap per lengdemeter	11,12 W / lm
Årlig varmetap	6771,2 kWh

System	
Tapt /brukt energi	6872,5 kWh
Avgitt energi	18444,17 kWh
Tilført energi	25316,7 kWh
Systemvirkningsgrad	72,85 %

Kulvertkostnader	
Kulvert meterpris	193,2 kr/m
Diverse	20000 kr
Kulvert kostnad	47048 kr
Grøftegraving meterpris	300 kr/m
Grøftegraving oppmøte	1667 kr
Grøftekostnad	43667 kr
Tilkoblingskostnad	90715 kr

Grøftegraving taes ikke med i sammenligning, grøft må graves uansett ved nybygging

Colebrook rørfrikjonstall for turbulent strømning, iterasjon				
1,00000	1,000	=	6,936	0,14
0,14417	2,634	=	6,095	0,43
0,06229	4,007	=	5,731	0,7
0,04355	4,792	=	5,575	0,86
0,03743	5,169	=	5,510	0,94
0,03512	5,336	=	5,482	0,97
0,03418	5,409	=	5,470	0,99
0,03380	5,439	=	5,465	1
0,03364	5,452	=	5,463	1
0,03357	5,458	=	5,462	1
0,03354	5,460	=	5,462	1
0,03353	5,461	=	5,462	1
0,03353	5,461	=	5,462	1

Iterasjon Pumpetrykk		
Trykk i rørstrek	Under drift	Stans
Pumpe utløpstrykk	1	1 Bar
Frikjonstap i tilførsel	0,01	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrek	-0,45	-0,45 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	1,44	1,45 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	0,94	1,45 Bar
Frikjonstap i retur	0,01	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrek	0,45	0,45 Bar
Trykk ved innløp til kjel	0,48	1 Bar
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	-0,02	1 Bar
Trykddifferanse over pumpe	1,02	0 Bar
Laveste trykk	-0,02	1 Bar
Høyeste trykk	1,44	1,45 Bar
Nødvendig pumpetrykk	2,53	Bar

Kjel driftstid med gitt effekt og varmetap	
Kjeleffekt	6,51 kW
Driftstid per år	3876,0 T / år
Andel av år	44,2 % av året
Driftstid per dag gitt likt dagsforbruk	10,6 T / dag
Energiproduksjon per dag	69,1 kWh/dag
Maksimalproduksjon	156,1 kWh/dag

Generelle data	
Rørstrekk	315 m
Høydeforskjell	24 m
Turtemperatur	80 °C
Returtemperatur	50 °C
Densitet	971,8 kg/m <sup>3</sup>
Kinematisk viskositet	3,67E-007 m <sup>2</sup> /s
Plastrør absolutt ruhet	0,00E+000 m
Rørdiameter	15 mm
Kulvertisolasjon	0,1700 W/m-K
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmebehov	
Årlig totalt behov	24592,22 kWh
Andel av behov dekket av varmeanlegg	75 %
Avgitt varme fra varmeanlegg	18444 kWh / år

Standard	TEK*10 hus inkl varmtvann
Plassering	På åskam
Temperatur	Høytemperatur system

Resultater	
Dimensjonerende effektbehov 20°C inne	16,26 Kw
Maks effekt levert av varmeanlegg	6,51 Kw
Temperaturdifferanse	30 °C
Transportert vannmengde	0,05 kg/s
Transportert vannmengde	185,9 kg/h
Transportert vannmengde	0,19 m <sup>3</sup> /h
Vannhastighet	0,3 m/s

Frikjonstap – colebrook	
Reynolds tall	12294 <b>Turbulent</b>
Rørfrikjonstall – Colebrook iterasjon	0,02926
Frikjonstap – colebrook	85,76 Pa/m

Frikjonstap tilnærming (for vann ved 80 grader)	
For plastrør	93,68 Pa/m

Høyeste frikjonsverdi brukes for trykktap

Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans
Pumpe utløpstrykk	4,71	1 Bar
Frikjonstap i tilførsel	0,3	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	2,4	2,4 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	2,01	-1,4 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	1,51	-1,4 Bar
Frikjonstap i retur	0,3	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	-2,4	-2,4 Bar
Trykk ved innløp til kjel	3,61	1 Bar
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	3,11	1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1,59	0 Bar
Laveste trykk	1,51	Under 1 bar
Høyeste trykk	4,71	2,4 Bar

Pumpekrav	
Løftehøyde	15,9 m
Minste pumpeeffekt	0,03 Kw
Årlig energibehov pumpe	244,7 kWh
Driftskostnad gitt 79,9øre/kwh	195,5 Kr / år

Varmetap	
Jordtemperatur	4,9 °C
Kulvertisolasjon	0,1700 W/m-K
Varmetap turledning	2011 W
Varmetap returledning	1208 W
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmetap per lengdemeter	10,22 W / lm
Årlig varmetap	13999,8 kWh

System	
Tapt /brukt energi	14244,5 kWh
Avgitt energi	18444,17 kWh
Tilført energi	32688,7 kWh
Systemvirkningsgrad	56,42 %

Kulvertkostnader	
Kulvert meterpris	140 kr/m
Diverse	20000 kr
Kulvert kostnad	64100 kr
Grøftegraving meterpris	300 kr/m
Grøftegraving oppmøte	1667 kr
Grøftekostnad	96167 kr
Tilkoblingskostnad	160267 kr

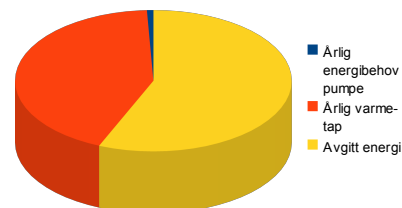
Grøftegraving taes ikke med i sammenligning, grøft må graves uansett ved nybygg

Colebrook rørfrikjonstall for turbulent strømning, iterasjon				
1,00000	1,000	=	7,380	0,14
0,13550	2,717	=	6,512	0,42
0,05653	4,206	=	6,132	0,69
0,03877	5,079	=	5,969	0,85
0,03299	5,506	=	5,898	0,93
0,03079	5,699	=	5,869	0,97
0,02990	5,783	=	5,856	0,99
0,02953	5,819	=	5,850	0,99
0,02937	5,835	=	5,848	1
0,02931	5,841	=	5,847	1
0,02928	5,844	=	5,847	1
0,02927	5,845	=	5,846	1
0,02926	5,846	=	5,846	1
0,02926	5,846	=	5,846	1

Iterasjon Pumpetrykk			
Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans	
Pumpe utløpstrykk	1	1	1 Bar
Frikjonstap i tilførsel	0,3	0	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	2,4	2,4	2,4 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	-1,7	-1,4	-1,4 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	-2,2	-1,4	-1,4 Bar
Frikjonstap i retur	0,3	0	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	-2,4	-2,4	-2,4 Bar
Trykk ved innløp til kjel	-0,09	1	1 Bar
Trykktap i kjel	0,5	0	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	-0,59	1	1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1,59	0	0 Bar
Laveste trykk	-2,2	-1,4	-1,4 Bar
Høyeste trykk	2,4	2,4	2,4 Bar
Nødvendig pumpetrykk	4,71		Bar

Kjel driftstid med gitt effekt og varmetap	
Kjelleffekt	6,51 kW
Driftstid per år	4987,2 T / år
Andel av år	56,9 % av året
Driftstid per dag gitt likt dagsforbruk	13,7 T / dag
Energiproduksjon per dag	88,9 kWh/dag
Maksimalproduksjon	156,1 kWh/dag

Fordeling av energi i kulvertanlegg



Generelle data	
Rørstrekk	315 m
Høydeforskjell	24 m
Turtemperatur	80 C
Returtemperatur	50 C
Densitet	971,8 kg/m <sup>3</sup>
Kinematisk viskositet	3,67E-007 m <sup>2</sup> /s
Plastrør absolutt ruhet	0,00E+000 m
Rørdiameter	20 mm
Kulvertisolasjon	0,1790 W/m-K
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmebehov	
Årlig totalt behov	24592,22 kWh
Andel av behov dekket av varmeanlegg	75 %
Avgitt varme fra varmeanlegg	18444 kWh / år

Resultater	
Dimensjonerende effektbehov 20°C inne	16,26 Kw
Maks effekt levert av varmeanlegg	6,51 Kw
Temperaturdifferenase	30 C
Transportert vannmengde	0,05 kg/s
Transportert vannmengde	185,9 kg/h
Transportert vannmengde	0,19 m <sup>3</sup> /h
Vannhastighet	0,2 m/s

Friksjonstap – colebrook	
Reynolds tall	9221 <b>Transient</b>
Rørfriksjonstall – Colebrook iterasjon	0,00000
Friksjonstap – colebrook	0 Pa/m

Friksjonstap tilnærming (for vann ved 80 grader)	
For plastrør	24,64 Pa/m

Høyeste friksjonsverdi brukes for trykktap

Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans
Pumpe utløpstrykk	4,49	1 Bar
Friksjonstap i tilførsel	0,08	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	2,4	2,4 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	2,01	-1,4 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	1,51	-1,4 Bar
Friksjonstap i retur	0,08	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	-2,4	-2,4 Bar
Trykk ved innløp til kjel	3,83	1 Bar
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	3,33	1 Bar
Trykkløstap over pumpe	1,16	0 Bar
Laveste trykk	1,51	Under 1 bar
Høyeste trykk	4,49	2,4 Bar

Pumpekrav	
Løftehøyde	11,6 m
Minste pumpeeffekt	0,03 Kw
Årlig energibehov pumpe	230,3 kWh
Driftskostnad gitt 79,9øre/kwh	184,0 Kr / år

Varmetap	
Jordtemperatur	4,9 C
Kulvertisolasjon	0,1790 W/m-K
Varmetap turledning	2117 W
Varmetap returledning	1271 W
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmetap per lengdemeter	10,76 W / lm
Årlig varmetap	14741,0 kWh

System	
Tapt /brukt energi	14971,3 kWh
Avgitt energi	18444,17 kWh
Tilført energi	33415,5 kWh
Systemvirkningsgrad	55,2 %

Kulvertkostnader	
Kulvert meterpris	156,6 kr/m
Diverse	20000 kr
Kulvert kostnad	69329 kr
Grøftegraving meterpris	300 kr/m
Grøftegraving oppmøte	1667 kr
Grøftekostnad	96167 kr
Tilkoblingskostnad	165496 kr

Grøftegraving taes ikke med i sammenligning, grøft må graves uansett ved nybygg

Standard	TEK'10 hus inkl varmtvann
Plassering	På åskam
Temperatur	Høytemperatur system

Colebrook rørfriksjonstall for turbulent strømning, iterasjon					
1,00000	1,000	=	7,130	0,14	
0,14025	2,670	=	6,277	0,43	
0,05966	4,094	=	5,906	0,69	
0,04136	4,917	=	5,747	0,86	
0,03539	5,316	=	5,679	0,94	
0,03312	5,494	=	5,650	0,97	
0,03221	5,572	=	5,638	0,99	
0,03183	5,605	=	5,633	1	
0,03167	5,619	=	5,631	1	
0,03161	5,625	=	5,630	1	
0,03158	5,627	=	5,630	1	
0,03157	5,628	=	5,629	1	
0,03156	5,629	=	5,629	1	
0,03156	5,629	=	5,629	1	

Iterasjon Pumpetrykk	Under drift	Stans
Trykk i rørstrekk		
Pumpe utløpstrykk	1	1 Bar
Friksjonstap i tilførsel	0,08	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	2,4	2,4 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	-1,48	-1,4 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	-1,98	-1,4 Bar
Friksjonstap i retur	0,08	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	-2,4	-2,4 Bar
Trykk ved innløp til kjel	0,34	1 Bar
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	-0,16	1 Bar
Trykkløstap over pumpe	1,16	0 Bar
Laveste trykk	-1,98	-1,4 Bar
Høyeste trykk	2,4	2,4 Bar
Nødvendig pumpetrykk	4,49	Bar

Kjel driftstid med gitt effekt og varmetap	
Kjeleffekt	6,51 kW
Driftstid per år	5101,1 T / år
Andel av år	58,2 % av året
Driftstid per dag gitt likt dagsforbruk	14,0 T / dag
Energiproduksjon per dag	90,9 kWh/dag
Maksimalproduksjon	156,1 kWh/dag

Generelle data	
Rørstrekk	315 m
Høydeforskjell	24 m
Turtemperatur	80 C
Returtemperatur	50 C
Densitet	971,8 kg/m <sup>3</sup>
Kinematisk viskositet	3,67E-007 m <sup>2</sup> /s
Plastrør absolutt ruhet	0,00E+000 m
Rørdiameter	25 mm
Kulvertisolasjon	0,1850 W/m-K
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmebehov	
Årlig totalt behov	24592,22 kWh
Andel av behov dekket av varmeanlegg	75 %
Avgitt varme fra varmeanlegg	18444 kWh / år

Standard	TEK*10 hus inkl varmtvann
Plassering	På åskam
Temperatur	Høytemperatur system

Resultater	
Dimensjonerende effektbehov 20°C inne	16,26 Kw
Maks effekt levert av varmeanlegg	6,51 Kw
Temperaturdifferanse	30 C
Transportert vannmengde	0,05 kg/s
Transportert vannmengde	185,9 kg/h
Transportert vannmengde	0,19 m <sup>3</sup> /h
Vannhastighet	0,1 m/s

Frikjonstap – colebrook	
Reynolds tall	7377 <b>Transient</b>
Rørfrikjonstall – Colebrook iterasjon	0,00000
Frikjonstap – colebrook	0 Pa/m

Frikjonstap tilnærming (for vann ved 80 grader)	
For plastrør	8,75 Pa/m

Høyeste frikjonsverdi brukes for trykktap

Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans
Pumpe utløpstrykk	4,44	1 Bar
Frikjonstap i tilførsel	0,03	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	2,4	2,4 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	2,01	-1,4 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	1,51	-1,4 Bar
Frikjonstap i retur	0,03	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	-2,4	-2,4 Bar
Trykk ved innløp til kjel	3,88	1 Bar
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	3,38	1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1,06	0 Bar
Laveste trykk	1,51	Under 1 bar
Høyeste trykk	4,44	2,4 Bar

Pumpekrav	
Løftehøyde	10,6 m
Minste pumpeeffekt	0,03 Kw
Årlig energibehov pumpe	227,0 kWh
Driftskostnad gitt 79,9øre/kwh	181,4 Kr / år

Varmetap	
Jordtemperatur	4,9 C
Kulvertisolasjon	0,1850 W/m-K
Varmetap turledning	2188 W
Varmetap returledning	1314 W
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmetap per lengdemeter	11,12 W / lm
Årlig varmetap	15235,1 kWh

System	
Tapt /brukt energi	15462,1 kWh
Avgitt energi	18444,17 kWh
Tilført energi	33906,3 kWh
Systemvirkningsgrad	54,4 %

Kulvertkostnader	
Kulvert meterpris	193,2 kr/m
Diverse	20000 kr
Kulvert kostnad	80858 kr
Grøftegraving meterpris	300 kr/m
Grøftegraving oppmøte	1667 kr
Grøftekostnad	96167 kr
Tilkoblingskostnad	177025 kr

Grøftegraving taes ikke med i sammenligning, grøft må graves uansett ved nybygging

Colebrook rørfrikjonstall for turbulent strømning, iterasjon				
1,00000	1,000	=	6,936	0,14
0,14417	2,634	=	6,095	0,43
0,06229	4,007	=	5,731	0,7
0,04355	4,792	=	5,575	0,86
0,03743	5,169	=	5,510	0,94
0,03512	5,336	=	5,482	0,97
0,03418	5,409	=	5,470	0,99
0,03380	5,439	=	5,465	1
0,03364	5,452	=	5,463	1
0,03357	5,458	=	5,462	1
0,03354	5,460	=	5,462	1
0,03353	5,461	=	5,462	1
0,03353	5,461	=	5,462	1
0,03352	5,462	=	5,462	1

Iterasjon Pumpetrykk		
Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans
Pumpe utløpstrykk	1	1 Bar
Frikjonstap i tilførsel	0,03	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	2,4	2,4 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	-1,43	-1,4 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	-1,93	-1,4 Bar
Frikjonstap i retur	0,03	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	-2,4	-2,4 Bar
Trykk ved innløp til kjel	0,44	1 Bar
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	-0,06	1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1,06	0 Bar
Laveste trykk	-1,93	-1,4 Bar
Høyeste trykk	2,4	2,4 Bar
Nødvendig pumpetrykk	4,44	Bar

Kjel driftstid med gitt effekt og varmetap	
Kjelleffekt	6,51 kW
Driftstid per år	5177,1 T / år
Andel av år	59,1 % av året
Driftstid per dag gitt likt dagsforbruk	14,2 T / dag
Energiproduksjon per dag	92,3 kWh/dag
Maksimalproduksjon	156,1 kWh/dag

**Vedlegg AL – Beregning av kulvert for hovedhus****Resultater**

	Arbeidsområde (°C)	80/60			50/40		
		15	20	25	15	20	25
<b>Hovedhus</b>	Rørdiameter (mm)						
	Tapt energi (kWh)	1885	1977	2040	1201	1250	1285
	Virkningsgrad %	91,2	90,8	90,6	94,2	94,0	93,8
	Kulvertkostnad (kr)	25467	25799	26531	25467	25799	26531
	Driftskostnad (kr)	86	84	84	130	125	124
<b>Hovedhus</b>	Tapt energi (kWh)	1906	1997	2059			
<b>inkludert</b>	Virkningsgrad %	92,6	92,3	92,1			
<b>varmtvann</b>	Kulvertkostnad (kr)	25467	25799	26531			
	Driftskostnad (kr)	103	100	100			

Minste energitap	1201 kWh
Høyeste energitap	2059 kWh
Maksimal virkningsgrad	94,2 %
Minst virkningsgrad	90,6 %
Laveste kulvertkostnad	25467 kr
Høyeste kulvertkostnad	26531 kr
Laveste driftskostnad	84 kr
Høyeste driftskostnad	130 kr

\* Tapt energi er summen av varmetap og elektrisitet brukt for å drive pumpe

\* Anleggets virkningsgrad referer bare til distribusjonsanlegget og baseres på avgitt varme i forhold til tilført energi i form av varme og elektrisitet til pumpe

\* Kulvertkostnaden er avhengig av rørdiameter og kulvertens lengde

\* Driftskostnad er estimert elektrisitetskostnad for pumpedrift ved 80øre/kWh



<b>Konstanter</b>		
Cv vann	4200	J/kg-K
Vann densitet 40 deg	992,2	kg/m <sup>3</sup>
Vann densitet 50 deg	988,0	kg/m <sup>3</sup>
Vann densitet 80 deg	971,8	kg/m <sup>3</sup>
Sekunder / time	3600	s
Vann kinematisk viskositet 40 deg	6,58E-007	m <sup>2</sup> /s
Vann kinematisk viskositet 50 deg	5,53E-007	m <sup>2</sup> /s
Vann kinematisk viskositet 80 deg	3,67E-007	m <sup>2</sup> /s
Forhold meter vannsøyle / bar	10	m/bar
Forhold Pascal / bar	1,00E+005	Pa/bar
Varmetapstall kulvert doble 15mm rør **	0,1700	W/m-K
Varmetapstall kulvert doble 20mm rør	0,1790	W/m-K
Varmetapstall kulvert doble 25mm rør	0,1850	W/m-K
Andel oppvarming dekket av anlegg	75	%
Andel av dimensjonerende effektbehov	40	%
<b>Kulvertkostnader</b>		
Grøftegraving meterpris ***	300	kr/m
Grøftegraving oppmøte ***	5000	kr
Kostnad kulvert doble 15mm rør **	140	SEK ex. Mva./m *
Kostnad kulvert doble 20mm rør	156,6	SEK ex. Mva./m *
Kostnad kulvert doble 25mm rør	193,2	SEK ex. Mva./m *
Diverse ****	15000	kr
<b>Energibehov</b>		
Hovedhus	23475	kWh
Varmtvannsforbruk røkterfamilie	5158	kWh
Varmeveksler virkningsgrad	90	%
Hovedhus	26083	kWh
Varmtvannsforbruk røkterfamilie	5731	kWh
<b>Lavtemperatursystem</b>		
Turtemperatur	50	
Returtemperatur	30	
<b>Høytemperatursystem</b>		
Turtemperatur	80	
Returtemperatur	50	

\* Det antas at 1 SEK = 1 NOK

\*\* Leverandøren har ikke kulvert for 15mm rør, verdier er estimater

\*\*\* Basert på tall levert av Trygve Stangeland entreprenør for grøfting, omgylling, lukking og transport

\*\*\*\* Her inngår kostnader ved transport og installasjon

Generelle data	
Rørstrekk	20m
Høydeforskjell	0m
Turtemperatur	80°C
Returtemperatur	50°C
Densitet	971,8 kg/m <sup>3</sup>
Kinematisk viskositet	3,67E-007 m <sup>2</sup> /s
Plastrør absolutt ruhet	0,00E+000 m
Rørdiameter	15 mm
Kulvertisolasjon	0,1700 W/m-K
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varnebehov	
Årlig totalt behov	26083 kWh
Andel av behov dekket av varmeanlegg	75%
Avgitt varme fra varmeanlegg	19563 kWh / år

Standard	Byggestandard 1986
Plassering	I gardsrom
Temperatur	Høytemperatur system

Resultater	
Dimensjonerende effektbehov 20°C inne	17,09 Kw
Maks effekt levert av varmeanlegg	6,84 Kw
Temperaturdifferanse	30°C
Transportert vannmengde	0,05 kg/s
Transportert vannmengde	195,36 kg/h
Transportert vannmengde	0,201 m <sup>3</sup> /h
Vannhastighet	0,31 m/s

Frikjonstap – colebrook	
Reynolds tall	12559 Turbulent
Rørfrikjonstall – Colebrook iterasjon	0,02910
Frikjonstap – colebrook	89 Pa/m

Frikjonstap tilnærming (for vann ved 80 grader)	
For plastrør	102,00 Pa/m

Høyeste frikjonsverdi brukes for trykktap

Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans
Pumpe utløpstrykk	2,55	1 Bar
Frikjonstap i tilførsel	0,02	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0	0 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	2,53	1 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	2,03	1 Bar
Frikjonstap i retur	0,02	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0	0 Bar
Trykk ved innløp til kjel	2,01	1 Bar
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	1,51	1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1,04	0 Bar
Laveste trykk	1,51	1 Bar
Høyeste trykk	2,55	1 Bar

Pumpekrav	
Løftehøyde	10,4 m
Minste pumpeeffekt	0,01 Kw
Årlig energibehov pumpe	107,6 kWh
Driftskostnad gitt 79,9øre/kwh	86,0 Kr / år

Varmetap	
Jordtemperatur	4,9°C
Kulvertisolasjon	0,1700 W/m-K
Varmetap turledning	128 W
Varmetap returledning	77 W
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmetap per lengdemeter	10,22 W / lm
Årlig varmetap	1777,8 kWh

System	
Tapt /brukt energi	1885,4 kWh
Avgitt energi	19562,5 kWh
Tilført energi	21447,9 kWh
Systemvirkningsgrad	91,21%

Kulvertkostnader	
Kulvert meterpris	140 kr/m
Diverse	15000 kr
Kulvert kostnad	17800 kr
Grøftegraving meterpris	300 kr/m
Grøftegraving oppmøte	1667 kr
Grøftekostnad	7667 kr
Tilkoblingskostnad	25467 kr

Grøftegraving taes ikke med i sammenligning, grøft må graves uansett ved nybygg

Colebrook rørfrikjonstall for turbulent strømning, iterasjon				
1,00000	1,000	=	7,399	0,14
0,13516	2,720	=	6,529	0,42
0,05631	4,214	=	6,149	0,69
0,03859	5,091	=	5,985	0,85
0,03282	5,520	=	5,915	0,93
0,03063	5,714	=	5,885	0,97
0,02974	5,799	=	5,872	0,99
0,02937	5,835	=	5,866	0,99
0,02921	5,851	=	5,864	1
0,02915	5,857	=	5,863	1
0,02912	5,860	=	5,863	1
0,02911	5,862	=	5,863	1
0,02910	5,862	=	5,862	1
0,02910	5,862	=	5,862	1

Iterasjon Pumpetrykk		
Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans
Pumpe utløpstrykk	1	1 Bar
Frikjonstap i tilførsel	0,02	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0	0 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	0,98	1 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	0,48	1 Bar
Frikjonstap i retur	0,02	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0	0 Bar
Trykk ved innløp til kjel	0,46	1 Bar
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	-0,04	1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1,04	0 Bar
Laveste trykk	-0,04	1 Bar
Høyeste trykk	1	1 Bar
Nødvendig pumpetrykk	2,55	Bar

Kjel driftstid med gitt effekt og varmetap	
Kjeleffekt	6,84 kW
Driftstid per år	3120,9 T / år
Andel av år	35,6% av året
Driftstid per dag gitt likt dagsforbruk	8,6 T / dag
Energiproduksjon per dag	58,5 kWh/dag
Maksimalproduksjon	164,1 kWh/dag

Generelle data	
Rørstrekk	20m
Høydeforskjell	0m
Turtemperatur	80C
Returtemperatur	50C
Densitet	971,8 kg/m <sup>3</sup>
Kinematisk viskositet	3,67E-007 m <sup>2</sup> /s
Plastrør absolutt ruhet	0,00E+000 m
Rørdiameter	20 mm
Kulvertisolasjon	0,1790 W/m-K
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmebehov	
Årlig totalt behov	26083 kWh
Andel av behov dekket av varmeanlegg	75%
Avgitt varme fra varmeanlegg	19563 kWh / år

Standard	Byggestandard 1986
Plassering	I gardsrom
Temperatur	Høytemperatur system

Resultater	
Dimensjonerende effektbehov 20°C inne	17,09 Kw
Maks effekt levert av varmeanlegg	6,84 Kw
Temperaturdifferenase	30C
Transportert vannmengde	0,05 kg/s
Transportert vannmengde	195,36 kg/h
Transportert vannmengde	0,201 m <sup>3</sup> /h
Vannhastighet	0,17 m/s

Colebrook rørfriksjonstall for turbulent strømning, iterasjon					
1,00000	1,000	=	7,149	0,14	
0,13989	2,674	=	6,294	0,42	
0,05942	4,102	=	5,923	0,69	
0,04116	4,929	=	5,763	0,86	
0,03520	5,330	=	5,695	0,94	
0,03294	5,510	=	5,666	0,97	
0,03203	5,587	=	5,654	0,99	
0,03165	5,621	=	5,649	0,99	
0,03149	5,635	=	5,647	1	
0,03143	5,641	=	5,646	1	
0,03140	5,643	=	5,646	1	
0,03139	5,645	=	5,645	1	
0,03138	5,645	=	5,645	1	
0,03138	5,645	=	5,645	1	

Friksjonstap – colebrook	
Reynolds tall	9420 Transient
Rørfriksjonstall – Colebrook iterasjon	0,00000
Friksjonstap – colebrook	0 Pa/m

Friksjonstap tilnærming (for vann ved 80 grader)	
For plastrør	26,83 Pa/m

Høyeste friksjonsverdi brukes for trykktap

Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans	
Pumpe utløpstrykk	2,52	1 Bar	
Friksjonstap i tilførsel	0,01	0 Bar	
Høydeforskjell i rørstrekk	0	0 Bar	
Trykk ved innløp til varmeveksler	2,52	1 Bar	
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar	
Trykk ved utløp av varmeveksler	2,02	1 Bar	
Friksjonstap i retur	0,01	0 Bar	
Høydeforskjell i rørstrekk	0	0 Bar	
Trykk ved innløp til kjel	2,01	1 Bar	
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar	
Trykk i innløp til pumpe	1,51	1 Bar	
Trykkdifferanse over pumpe	1,01	0 Bar	
Laveste trykk	1,51	1 Bar	
Høyeste trykk	2,52	1 Bar	

Pumpekrav	
Løftehøyde	10,1 m
Minste pumpeeffekt	0,01 Kw
Årlig energibehov pumpe	105,5 kWh
Driftskostnad gitt 79,9øre/kwh	84,3 Kr / år

Varmetap	
Jordtemperatur	4,9C
Kulvertisolasjon	0,1790 W/m-K
Varmetap turledning	134 W
Varmetap returledning	81 W
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmetap per lengdemeter	10,76 W / lm
Årlig varmetap	1871,9 kWh

System	
Tapt /brukt energi	1977,4 kWh
Avgitt energi	19562,5 kWh
Tilført energi	21539,9 kWh
Systemvirkningsgrad	90,82%

Kulvertkostnader	
Kulvert meterpris	156,6 kr/m
Diverse	15000 kr
Kulvert kostnad	18132 kr
Grøftegraving meterpris	300 kr/m
Grøftegraving oppmøte	1667 kr
Grøftekostnad	7667 kr
Tilkoblingskostnad	25799 kr

Grøftegraving taes ikke med i sammenligning, grøft må graves uansett ved nybygg

Iterasjon Pumpetrykk	Under drift	Stans	
Trykk i rørstrekk			
Pumpe utløpstrykk	1	1 Bar	
Friksjonstap i tilførsel	0,01	0 Bar	
Høydeforskjell i rørstrekk	0	0 Bar	
Trykk ved innløp til varmeveksler	0,99	1 Bar	
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar	
Trykk ved utløp av varmeveksler	0,49	1 Bar	
Friksjonstap i retur	0,01	0 Bar	
Høydeforskjell i rørstrekk	0	0 Bar	
Trykk ved innløp til kjel	0,49	1 Bar	
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar	
Trykk i innløp til pumpe	-0,01	1 Bar	
Trykkdifferanse over pumpe	1,01	0 Bar	
Laveste trykk	-0,01	1 Bar	
Høyeste trykk	1	1 Bar	
Nødvendig pumpetrykk	2,52	Bar	

Kjel driftstid med gitt effekt og varmetap	
Kjeleffekt	6,84 kW
Driftstid per år	3134,7 T / år
Andel av år	35,8% av året
Driftstid per dag gitt likt dagsforbruk	8,6 T / dag
Energiproduksjon per dag	58,7 kWh/dag
Maksimalproduksjon	164,1 kWh/dag

Generelle data	
Rørstrekk	20m
Høydeforskjell	0m
Turtemperatur	80C
Returtemperatur	50C
Densitet	971,8kg/m <sup>3</sup>
Kinematisk viskositet	3,67E-007m <sup>2</sup> /s
Plastrør absolutt ruhet	0,00E+000m
Rørdiameter	25mm
Kulvertisolasjon	0,1850W/m-K
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmebehov	
Årlig totalt behov	26083kWh
Andel av behov dekket av varmeanlegg	75%
Avgitt varme fra varmeanlegg	19563kWh / år

Standard	Byggestandard 1986
Plassering	I gardsrom
Temperatur	Høytemperatur system

Resultater	
Dimensjonerende effektbehov 20°C inne	17,09Kw
Maks effekt levert av varmeanlegg	6,84Kw
Temperaturdifferanse	30C
Transportert vannmengde	0,05kg/s
Transportert vannmengde	195,36kg/h
Transportert vannmengde	0,201m <sup>3</sup> /h
Vannhastighet	0,11m/s

Colebrook rørfriksjonstall for turbulent strømning, iterasjon				
1,00000	1,000	=	6,955	0,14
0,14378	2,637	=	6,113	0,43
0,06203	4,015	=	5,748	0,7
0,04333	4,804	=	5,592	0,86
0,03723	5,183	=	5,526	0,94
0,03492	5,352	=	5,498	0,97
0,03399	5,424	=	5,486	0,99
0,03360	5,455	=	5,481	1
0,03344	5,468	=	5,479	1
0,03338	5,474	=	5,478	1
0,03335	5,476	=	5,478	1
0,03334	5,477	=	5,478	1
0,03333	5,477	=	5,478	1
0,03333	5,478	=	5,478	1

Friksjonstap – colebrook	
Reynolds tall	7536 <b>Transient</b>
Rørfriksjonstall – Colebrook iterasjon	0,00000
Friksjonstap – colebrook	0Pa/m

Friksjonstap tilnærming (for vann ved 80 grader)	
For plastrør	9,52Pa/m
Høyeste friksjonsverdi brukes for trykktap	

Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans
Pumpe utløpstrykk	2,51	1 Bar
Friksjonstap i tilførsel	0,0	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0	0 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	2,51	1 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	2,01	1 Bar
Friksjonstap i retur	0	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0	0 Bar
Trykk ved innløp til kjel	2,01	1 Bar
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	1,51	1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1	0 Bar
Laveste trykk	1,51	1 Bar
Høyeste trykk	2,51	1 Bar

Pumpekrav	
Løftehøyde	10,0m
Minste pumpeeffekt	0,01Kw
Årlig energibehov pumpe	105,1kWh
Driftskostnad gitt 79,9øre/kwh	83,9Kr / år

Varmetap	
Jordtemperatur	4,9C
Kulvertisolasjon	0,1850W/m-K
Varmetap turledning	139W
Varmetap returledning	83W
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmetap per lengdemeter	11,12W / lm
Årlig varmetap	1934,6kWh

System	
Tapt /brukt energi	2039,7kWh
Avgitt energi	19562,5kWh
Tilført energi	21602,2kWh
Systemvirkningsgrad	90,56%

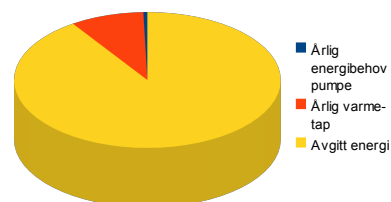
Kulvertkostnader	
Kulvert meterpris	193,2kr/m
Diverse	15000kr
Kulvert kostnad	18864kr
Grøftegraving meterpris	300kr/m
Grøftegraving oppmøte	1667kr
Grøftekostnad	7667kr
Tilkoblingskostnad	26531kr

Grøftegraving taes ikke med i sammenligning, grøft må graves uansett ved nybygg

Iterasjon Pumpetrykk		
Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans
Pumpe utløpstrykk	1	1 Bar
Friksjonstap i tilførsel	0	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0	0 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	1	1 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	0,5	1 Bar
Friksjonstap i retur	0	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0	0 Bar
Trykk ved innløp til kjel	0,5	1 Bar
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	0	1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1	0 Bar
Laveste trykk	1	1 Bar
Høyeste trykk	1	1 Bar
Nødvendig pumpetrykk	2,51	Bar

Kjel driftstid med gitt effekt og varmetap	
Kjeleffekt	6,84kW
Driftstid per år	3143,9T / år
Andel av år	35,9% av året
Driftstid per dag gitt likt dagsforbruk	8,6T / dag
Energiproduksjon per dag	58,9kWh/dag
Maksimalproduksjon	164,1kWh/dag

Fordeling av energi i kulvertanlegg



Generelle data	
Rørstrek	20m
Høydeforskjell	0m
Turtemperatur	50C
Returtemperatur	30C
Densitet	988 kg/m <sup>3</sup>
Kinematisk viskositet	5,53E-007 m <sup>2</sup> /s
Plastrør absolutt ruhet	0,00E+000 m
Rørdiameter	15 mm
Kulvertisolasjon	0,1700 W/m-K
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmebehov	
Årlig totalt behov	26083 kWh
Andel av behov dekket av varmeanlegg	75 %
Avgitt varme fra varmeanlegg	19563 kWh / år

<b>Standard</b>	<b>Byggestandard 1986</b>
<b>Plassering</b>	<b>I gardsrom</b>
<b>Temperatur</b>	<b>Lavtemperatur system</b>

Resultater	
Dimensjonerende effektbehov 20°C inne	17,09 Kw
<b>Maks effekt levert av varmeanlegg</b>	<b>6,84 Kw</b>
Temperaturdifferanse	20 C
Transportert vannmengde	0,08 kg/s
<b>Transportert vannmengde</b>	<b>293,05 kg/h</b>
Transportert vannmengde	0,297 m <sup>3</sup> /h
<b>Vannhastighet</b>	<b>0,46 m/s</b>

Frikjonstap – colebrook	
Reynolds tall	12503 <b>Turbulent</b>
Rørfrikjonstall – Colebrook iterasjon	0,02913
Frikjonstap – colebrook	203,84 Pa/m

Frikjonstap tilnærming (for vann ved 80 grader)	
For plastrør	203,75 Pa/m

Høyeste frikjonsverdi brukes for trykktap

Trykk i rørstrek	Under drift	Stans	
<b>Pumpe utløpstrykk</b>	<b>2,59</b>		<b>1 Bar</b>
Frikjonstap i tilførsel	0,04	0	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrek	0	0	0 Bar
<b>Trykk ved innløp til varmeveksler</b>	<b>2,55</b>		<b>1 Bar</b>
Trykktap i varmeveksler	0,5	0	0 Bar
<b>Trykk ved utløp av varmeveksler</b>	<b>2,05</b>		<b>1 Bar</b>
Frikjonstap i retur	0,04	0	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrek	0	0	0 Bar
<b>Trykk ved innløp til kjel</b>	<b>2,01</b>		<b>1 Bar</b>
Trykktap i kjel	0,5	0	0 Bar
<b>Trykk i innløp til pumpe</b>	<b>1,51</b>		<b>1 Bar</b>
<b>Trykddifferanse over pumpe</b>	<b>1,08</b>		<b>0 Bar</b>
Laveste trykk	1,51	1	1 Bar
Høyeste trykk	2,59	1	1 Bar

Pumpekrav	
Løftehøyde	10,8 m
Minste pumpeeffekt	0,02 Kw
Årlig energibehov pumpe	163,0 kWh
<b>Driftskostnad gitt 79,9øre/kwh</b>	<b>130,2 Kr / år</b>

Varmetap	
Jordtemperatur	4,9 C
Kulvertisolasjon	0,1700 W/m-K
Varmetap turledning	77 W
Varmetap returledning	43 W
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
<b>Varmetap per lengdemeter</b>	<b>5,97 W / lm</b>
<b>Årlig varmetap</b>	<b>1038,3 kWh</b>

System	
<b>Tapt /brukt energi</b>	<b>1201,2 kWh</b>
Avgitt energi	19562,5 kWh
Tilført energi	20763,7 kWh
<b>Systemvirkningsgrad</b>	<b>94,21 %</b>

Kulvertkostnader	
Kulvert meterpris	140 kr/m
Diverse	15000 kr
<b>Kulvert kostnad</b>	<b>17800 kr</b>
Grøftegraving meterpris	300 kr/m
Grøftegraving oppmøte	1667 kr
<b>Grøftekostnad</b>	<b>7667 kr</b>
<b>Tilkoblingskostnad</b>	<b>25467 kr</b>

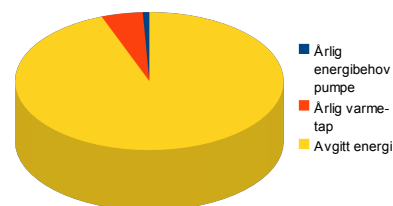
Grøftegraving taes ikke med i sammenligning, grøft må graves uansett ved nybygg

Colebrook rørfrikjonstall for turbulent strømning, iterasjon				
1,00000	1,000	=	7,395	0,14
0,13523	2,719	=	6,526	0,42
0,05635	4,213	=	6,146	0,69
0,03863	5,088	=	5,982	0,85
0,03286	5,517	=	5,911	0,93
0,03066	5,711	=	5,881	0,97
0,02977	5,795	=	5,869	0,99
0,02940	5,832	=	5,863	0,99
0,02925	5,847	=	5,861	1
0,02918	5,854	=	5,860	1
0,02915	5,857	=	5,859	1
0,02914	5,858	=	5,859	1
0,02913	5,859	=	5,859	1
0,02913	5,859	=	5,859	1

Iterasjon Pumpetrykk			
Trykk i rørstrek	Under drift	Stans	
<b>Pumpe utløpstrykk</b>	<b>1</b>		<b>1 Bar</b>
Frikjonstap i tilførsel	0,04	0	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrek	0	0	0 Bar
<b>Trykk ved innløp til varmeveksler</b>	<b>0,96</b>		<b>1 Bar</b>
Trykktap i varmeveksler	0,5	0	0 Bar
<b>Trykk ved utløp av varmeveksler</b>	<b>0,46</b>		<b>1 Bar</b>
Frikjonstap i retur	0,04	0	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrek	0	0	0 Bar
<b>Trykk ved innløp til kjel</b>	<b>0,42</b>		<b>1 Bar</b>
Trykktap i kjel	0,5	0	0 Bar
<b>Trykk i innløp til pumpe</b>	<b>-0,08</b>		<b>1 Bar</b>
<b>Trykddifferanse over pumpe</b>	<b>1,08</b>		<b>0 Bar</b>
Laveste trykk	-0,08	1	1 Bar
Høyeste trykk	1	1	1 Bar
Nødvendig pumpetrykk	2,59		1 Bar

Kjel driftstid med gitt effekt og varmetap	
<b>Kjeleffekt</b>	<b>6,84 kW</b>
Driftstid per år	3012,8 T / år
Andel av år	34,4 % av året
<b>Driftstid per dag gitt likt dagsforbruk</b>	<b>8,3 T / dag</b>
Energiproduksjon per dag	56,4 kWh/dag
Maksimalproduksjon	164,1 kWh/dag

Fordeling av energi i kulvertanlegg



Generelle data	
Rørstrekk	20m
Høydeforskjell	0m
Turtemperatur	50°C
Returtemperatur	30°C
Densitet	988 kg/m <sup>3</sup>
Kinematisk viskositet	5,53E-007 m <sup>2</sup> /s
Plastrør absolutt ruhet	0,00E+000 m
Rørdiameter	20 mm
Kulvertisolasjon	0,1790 W/m-K
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmebehov	
Årlig totalt behov	26083 kWh
Andel av behov dekket av varmeanlegg	75%
Avgitt varme fra varmeanlegg	19563 kWh / år

Standard	Byggestandard 1986
Plassering	I gardsrom
Temperatur	Lavtemperatur system

Resultater	
Dimensjonerende effektbehov 20°C inne	17,09 Kw
Maks effekt levert av varmeanlegg	6,84 Kw
Temperaturdifferanse	20°C
Transportert vannmengde	0,08 kg/s
Transportert vannmengde	293,05 kg/h
Transportert vannmengde	0,297 m <sup>3</sup> /h
Vannhastighet	0,26 m/s

Frikjonstap – colebrook	
Reynolds tall	9377 Transient
Rørfrikjonstall – Colebrook iterasjon	0,00000
Frikjonstap – colebrook	0 Pa/m

Frikjonstap tilnærming (for vann ved 80 grader)	
For plastrør	53,59 Pa/m

Høyeste frikjonsverdi brukes for trykktap

Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans
Pumpe utløpstrykk	2,53	1 Bar
Frikjonstap i tilførsel	0,01	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0	0 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	2,52	1 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	2,02	1 Bar
Frikjonstap i retur	0,01	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0	0 Bar
Trykk ved innløp til kjel	2,01	1 Bar
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	1,51	1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1,02	0 Bar
Laveste trykk	1,51	1 Bar
Høyeste trykk	2,53	1 Bar

Pumpekrav	
Løftehøyde	10,2 m
Minste pumpeeffekt	0,02 Kw
Årlig energibehov pumpe	156,8 kWh
Driftskostnad gitt 79,9øre/kwh	125,3 Kr / år

Varmetap	
Jordtemperatur	4,9°C
Kulvertisolasjon	0,1790 W/m-K
Varmetap turledning	81 W
Varmetap returledning	45 W
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmetap per lengdemeter	6,28 W / lm
Årlig varmetap	1093 kWh

System	
Tapt /brukt energi	1250,0 kWh
Avgitt energi	19563 kWh
Tilført energi	20813 kWh
Systemvirkningsgrad	93,99%

Kulvertkostnader	
Kulvert meterpris	156,6 kr/m
Diverse	15000 kr
Kulvert kostnad	18132 kr
Grøftegraving meterpris	300 kr/m
Grøftegraving oppmøte	1667 kr
Grøftekostnad	7667 kr
Tilkoblingskostnad	25799 kr

Grøftegraving taes ikke med i sammenligning, grøft må graves uansett ved nybygg

Colebrook rørfrikjonstall for turbulent strømning, iterasjon					
1,00000	1,000	=	7,145	0,14	
0,13996	2,673	=	6,291	0,42	
0,05947	4,101	=	5,919	0,69	
0,04120	4,927	=	5,760	0,86	
0,03524	5,327	=	5,692	0,94	
0,03298	5,506	=	5,663	0,97	
0,03207	5,584	=	5,651	0,99	
0,03169	5,617	=	5,646	0,99	
0,03153	5,632	=	5,644	1	
0,03146	5,638	=	5,643	1	
0,03144	5,640	=	5,642	1	
0,03142	5,641	=	5,642	1	
0,03142	5,642	=	5,642	1	
0,03142	5,642	=	5,642	1	

Iterasjon Pumpetrykk		
Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans
Pumpe utløpstrykk	1	1 Bar
Frikjonstap i tilførsel	0,01	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0	0 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	0,99	1 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	0,49	1 Bar
Frikjonstap i retur	0,01	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0	0 Bar
Trykk ved innløp til kjel	0,48	1 Bar
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	-0,02	1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1,02	0 Bar
Laveste trykk	-0,02	1 Bar
Høyeste trykk	1	1 Bar
Nødvendig pumpetrykk	2,53	Bar

Kjel driftstid med gitt effekt og varmetap	
Kjeleffekt	6,84 kW
Driftstid per år	3020,8 T / år
Andel av år	34,5% av året
Driftstid per dag gitt likt dagsforbruk	8,3 T / dag
Energiproduksjon per dag	56,6 kWh/dag
Maksimalproduksjon	164,1 kWh/dag

Generelle data	
Rørstrekk	20m
Høydeforskjell	0m
Turtemperatur	50°C
Returtemperatur	30°C
Densitet	988 kg/m <sup>3</sup>
Kinematisk viskositet	5,53E-007 m <sup>2</sup> /s
Plastrør absolutt ruhet	0,00E+000m
Rørdiameter	25mm
Kulvertisolasjon	0,1850 W/m-K
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmebehov	
Årlig totalt behov	26083 kWh
Andel av behov dekket av varmeanlegg	75%
Avgitt varme fra varmeanlegg	19563 kWh / år

Standard	Byggestandard 1986
Plassering	I gardsrom
Temperatur	Lavtemperatur system

Resultater	
Dimensjonerende effektbehov 20°C inne	17,09 Kw
Maks effekt levert av varmeanlegg	6,84 Kw
Temperaturdifferanse	20°C
Transportert vannmengde	0,08 kg/s
Transportert vannmengde	293,05 kg/h
Transportert vannmengde	0,297 m <sup>3</sup> /h
Vannhastighet	0,17 m/s

Frikjonstap – colebrook	
Reynolds tall	7502 Transient
Rørfrikjonstall – Colebrook iterasjon	0,00000
Frikjonstap – colebrook	0 Pa/m

Frikjonstap tilnærming (for vann ved 80 grader)	
For plastrør	19,02 Pa/m

Høyeste frikjonsverdi brukes for trykktap

Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans	
Pumpe utløpstrykk	2,52	1	1 Bar
Frikjonstap i tilførsel	0	0	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0	0	0 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	2,51	1	1 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	2,01	1	1 Bar
Frikjonstap i retur	0	0	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0	0	0 Bar
Trykk ved innløp til kjel	2,01	1	1 Bar
Trykktap i kjel	0,5	0	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	1,51	1	1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1,01	0	0 Bar
Laveste trykk	1,51	1	1 Bar
Høyeste trykk	2,52	1	1 Bar

Pumpekrav	
Løftehøyde	10,1 m
Minste pumpeeffekt	0,02 Kw
Årlig energibehov pumpe	155,4 kWh
Driftskostnad gitt 79,9øre/kwh	124,2 Kr / år

Varmetap	
Jordtemperatur	4,9°C
Kulvertisolasjon	0,1850 W/m-K
Varmetap turledning	83 W
Varmetap returledning	46 W
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmetap per lengdemeter	6,49 W / lm
Årlig varmetap	1129,9 kWh

System	
Tapt /brukt energi	1285,3 kWh
Avgitt energi	19562,5 kWh
Tilført energi	20847,8 kWh
Systemvirkningsgrad	93,83%

Kulvertkostnader	
Kulvert meterpris	193,2 kr/m
Diverse	15000 kr
Kulvert kostnad	18864 kr
Grøftegraving meterpris	300 kr/m
Grøftegraving oppmøte	1667 kr
Grøftkostnad	7667 kr
Tilkoblingskostnad	26531 kr

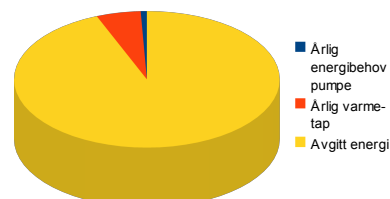
Grøftegraving taes ikke med i sammenligning, grøft må graves uansett ved nybygg

Colebrook rørfrikjonstall for turbulent strømning, iterasjon				
1,00000	1,000	=	6,951	0,14
0,14387	2,636	=	6,109	0,43
0,06209	4,013	=	5,744	0,7
0,04338	4,801	=	5,588	0,86
0,03727	5,180	=	5,522	0,94
0,03496	5,348	=	5,495	0,97
0,03403	5,421	=	5,483	0,99
0,03365	5,452	=	5,478	1
0,03348	5,465	=	5,476	1
0,03342	5,470	=	5,475	1
0,03339	5,473	=	5,475	1
0,03338	5,474	=	5,474	1
0,03337	5,474	=	5,474	1
0,03337	5,474	=	5,474	1

Iterasjon Pumpetrykk		
Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans
Pumpe utløpstrykk	1	1 Bar
Frikjonstap i tilførsel	0	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0	0 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	1	1 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	0,5	1 Bar
Frikjonstap i retur	0	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0	0 Bar
Trykk ved innløp til kjel	0,49	1 Bar
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	-0,01	1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1,01	0 Bar
Laveste trykk	-0,01	1 Bar
Høyeste trykk	1	1 Bar
Nødvendig pumpetrykk	2,52	Bar

Kjel driftstid med gitt effekt og varmetap	
Kjeleffekt	6,84 kW
Driftstid per år	3026,2 T / år
Andel av år	34,5% av året
Driftstid per dag gitt likt dagsforbruk	8,3 T / dag
Energiproduksjon per dag	56,7 kWh/dag
Maksimalproduksjon	164,1 kWh/dag

Fordeling av energi i kulvertanlegg



Generelle data	
Rørstrekk	20m
Høydeforskjell	0m
Turtemperatur	80 C
Returtemperatur	50 C
Densitet	971,8 kg/m <sup>3</sup>
Kinematisk viskositet	3,67E-007 m <sup>2</sup> /s
Plastrør absolutt ruhet	0,00E+000 m
Rørdiameter	15 mm
Kulvertisolasjon	0,1700 W/m-K
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmebehov	
Årlig totalt behov	31814 kWh
Andel av behov dekket av varmeanlegg	75 %
Avgitt varme fra varmeanlegg	23861 kWh / år

Standard	Byggestandard 1986
Plassering	I gardsrom
Temperatur	Høytemperatur system m/varmtvann

Resultater	
Dimensjonerende effektbehov 20°C inne	20,25 Kw
Maks effekt levert av varmeanlegg	8,1 Kw
Temperaturdifferenase	30 C
Transportert vannmengde	0,06 kg/s
Transportert vannmengde	231,44 kg/h
Transportert vannmengde	0,238 m <sup>3</sup> /h
Vannhastighet	0,36 m/s

Frikjonstap – colebrook	
Reynolds tall	14878 <b>Turbulent</b>
Rørfrikjonstall – Colebrook iterasjon	0,02786
Frikjonstap – colebrook	119,61 Pa/m

Frikjonstap tilnærming (for vann ved 80 grader)	
For plastrør	136,20 Pa/m

Høyeste frikjonsverdi brukes for trykktap

Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans
Pumpe utløpstrykk	2,56	1 Bar
Frikjonstap i tilførsel	0,03	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0	0 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	2,54	1 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	2,04	1 Bar
Frikjonstap i retur	0,03	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0	0 Bar
Trykk ved innløp til kjel	2,01	1 Bar
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	1,51	1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1,05	0 Bar
Laveste trykk	1,51	1 Bar
Høyeste trykk	2,56	1 Bar

Pumpekrav	
Løftehøyde	10,5 m
Minste pumpeeffekt	0,01 Kw
Årlig energibehov pumpe	128,6 kWh
Driftskostnad gitt 79,9øre/kwh	102,8 Kr / år

Varmetap	
Jordtemperatur	4,9 C
Kulvertisolasjon	0,1700 W/m-K
Varmetap turledning	128 W
Varmetap returledning	77 W
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmetap per lengdemeter	10,22 W / lm
Årlig varmetap	1777,8 kWh

System	
Tapt /brukt energi	1906,4 kWh
Avgitt energi	23860,8 kWh
Tilført energi	25767,2 kWh
Systemvirkningsgrad	92,6 %

Kulvertkostnader	
Kulvert meterpris	140 kr/m
Diverse	15000 kr
Kulvert kostnad	17800 kr
Grøftegraving meterpris	300 kr/m
Grøftegraving oppmøte	1667 kr
Grøftkostnad	7667 kr
Tilkoblingskostnad	25467 kr

Grøftegraving taes ikke med i sammenligning, grøft må graves uansett ved nybygg

Colebrook rørfrikjonstall for turbulent strømning, iterasjon					
1,00000	1,000	=	7,546	0,13	
0,13252	2,747	=	6,668	0,41	
0,05459	4,280	=	6,283	0,68	
0,03719	5,186	=	6,116	0,85	
0,03153	5,632	=	6,044	0,93	
0,02938	5,834	=	6,014	0,97	
0,02850	5,923	=	6,001	0,99	
0,02813	5,962	=	5,995	0,99	
0,02798	5,978	=	5,993	1	
0,02791	5,986	=	5,992	1	
0,02788	5,989	=	5,991	1	
0,02787	5,990	=	5,991	1	
0,02787	5,990	=	5,991	1	
0,02786	5,991	=	5,991	1	

Iterasjon Pumpetrykk		
Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans
Pumpe utløpstrykk	1	1 Bar
Frikjonstap i tilførsel	0,03	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0	0 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	0,97	1 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	0,47	1 Bar
Frikjonstap i retur	0,03	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0	0 Bar
Trykk ved innløp til kjel	0,45	1 Bar
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	-0,05	1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1,05	0 Bar
Laveste trykk	-0,05	1 Bar
Høyeste trykk	1	1 Bar
Nødvendig pumpetrykk	2,56	Bar

Kjel driftstid med gitt effekt og varmetap	
Kjeleffekt	8,1 kW
Driftstid per år	3165,1 T / år
Andel av år	36,1 % av året
Driftstid per dag gitt likt dagsforbruk	8,7 T / dag
Energiproduksjon per dag	70,2 kWh/dag
Maksimalproduksjon	194,4 kWh/dag



Generelle data	
Rørstrekk	20 m
Høydeforskjell	0 m
Turtemperatur	80 C
Returtemperatur	50 C
Densitet	971,8 kg/m <sup>3</sup>
Kinematisk viskositet	3,67E-007 m <sup>2</sup> /s
Plastrør absolutt ruhet	0,00E+000 m
Rørdiameter	20 mm
Kulvertisolasjon	0,1790 W/m-K
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmebehov	
Årlig totalt behov	31814 kWh
Andel av behov dekket av varmeanlegg	75%
Avgitt varme fra varmeanlegg	23861 kWh / år

Standard	Byggestandard 1986
Plassering	I gardsrom
Temperatur	Høytemperatur system m/varmtvann

Resultater	
Dimensjonerende effektbehov 20°C inne	20,25 Kw
Maks effekt levert av varmeanlegg	8,1 Kw
Temperaturdifferenase	30 C
Transportert vannmengde	0,06 kg/s
Transportert vannmengde	231,4 kg/h
Transportert vannmengde	0,238 m <sup>3</sup> /h
Vannhastighet	0,20 m/s

Colebrook rørfriksjonstall for turbulent strømning, iterasjon				
1,00000	1,000	=	7,296	0,14
0,13706	2,701	=	6,433	0,42
0,05755	4,168	=	6,056	0,69
0,03961	5,024	=	5,894	0,85
0,03377	5,442	=	5,824	0,93
0,03155	5,630	=	5,795	0,97
0,03065	5,712	=	5,782	0,99
0,03028	5,747	=	5,777	0,99
0,03012	5,762	=	5,775	1
0,03005	5,768	=	5,774	1
0,03003	5,771	=	5,773	1
0,03001	5,772	=	5,773	1
0,03001	5,773	=	5,773	1
0,03001	5,773	=	5,773	1

Friksjonstap – colebrook	
Reynolds tall	11159 Turbulent
Rørfriksjonstall – Colebrook iterasjon	0,03001
Friksjonstap – colebrook	30,57 Pa/m

Friksjonstap tilnærming (for vann ved 80 grader)	
For plastrør	35,82 Pa/m

Høyeste friksjonsverdi brukes for trykktap

Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans	
Pumpe utløpstrykk	2,52		1 Bar
Friksjonstap i tilførsel	0,01		0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0		0 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	2,52		1 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5		0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	2,02		1 Bar
Friksjonstap i retur	0,01		0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0		0 Bar
Trykk ved innløp til kjel	2,01		1 Bar
Trykktap i kjel	0,5		0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	1,51		1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1,01		0 Bar
Laveste trykk	1,51		1 Bar
Høyeste trykk	2,52		1 Bar

Pumpekrav	
Løftehøyde	10,1 m
Minste pumpeeffekt	0,01 Kw
Årlig energibehov pumpe	125,3 kWh
Driftskostnad gitt 79,9øre/kwh	100,1 Kr / år

Varmetap	
Jordtemperatur	4,9 C
Kulvertisolasjon	0,1790 W/m-K
Varmetap turledning	134 W
Varmetap returledning	81 W
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmetap per lengdemeter	10,76 W / lm
Årlig varmetap	1871,9 kWh

System	
Tapt /brukt energi	1997,2 kWh
Avgitt energi	23860,8 kWh
Tilført energi	25858,0 kWh
Systemvirkningsgrad	92,28%

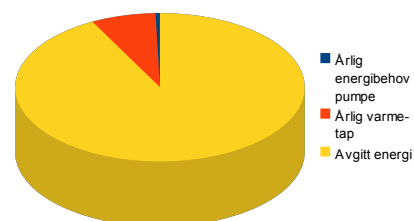
Kulvertkostnader	
Kulvert meterpris	156,6 kr/m
Diverse	15000 kr
Kulvert kostnad	18132 kr
Grøftegraving meterpris	300 kr/m
Grøftegraving oppmøte	1667 kr
Grøftekostnad	7667 kr
Tilkoblingskostnad	25799 kr

Grøftegraving taes ikke med i sammenligning, grøft må graves uansett ved nybygg

Iterasjon Pumpetrykk	Under drift	Stans	
Trykk i rørstrekk			
Pumpe utløpstrykk	1		1 Bar
Friksjonstap i tilførsel	0,01		0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0		0 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	0,99		1 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5		0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	0,49		1 Bar
Friksjonstap i retur	0,01		0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0		0 Bar
Trykk ved innløp til kjel	0,49		1 Bar
Trykktap i kjel	0,5		0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	-0,01		1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1,01		0 Bar
Laveste trykk	-0,01		1 Bar
Høyeste trykk	1		1 Bar
Nødvendig pumpetrykk	2,52		Bar

Kjel driftstid med gitt effekt og varmetap	
Kjelleffekt	8,1 kW
Driftstid per år	3176,8 T / år
Andel av år	36,3% av året
Driftstid per dag gitt likt dagsforbruk	8,7 T / dag
Energiproduksjon per dag	70,5 kWh/dag
Maksimalproduksjon	194,4 kWh/dag

Fordeling av energi i kulvertanlegg



Generelle data	
Rørstrekk	20m
Høydeforskjell	0m
Turtemperatur	80 C
Returtemperatur	50 C
Densitet	971,8 kg/m <sup>3</sup>
Kinematisk viskositet	3,67E-007 m <sup>2</sup> /s
Plastrør absolutt ruhet	0,00E+000 m
Rørdiameter	25 mm
Kulvertisolasjon	0,1850 W/m-K
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmebehov	
Årlig totalt behov	31814 kWh
Andel av behov dekket av varmeanlegg	75 %
Avgitt varme fra varmeanlegg	23861 kWh / år

Standard	Byggestandard 1986
Plassering	I gardsrom
Temperatur	Høytemperatur system m/varmtvann

Resultater	
Dimensjonerende effektbehov 20°C inne	20,25 Kw
Maks effekt levert av varmeanlegg	8,1 Kw
Temperaturdifferenase	30 C
Transportert vannmengde	0,06 kg/s
Transportert vannmengde	231,4 kg/h
Transportert vannmengde	0,238 m <sup>3</sup> /h
Vannhastighet	0,13 m/s

Colebrook rørfriksjonstall for turbulent strømning, iterasjon				
1,00000	1,000	=	7,102	0,14
0,14080	2,665	=	6,251	0,43
0,06003	4,081	=	5,880	0,69
0,04167	4,899	=	5,722	0,86
0,03567	5,294	=	5,654	0,94
0,03340	5,471	=	5,626	0,97
0,03249	5,548	=	5,614	0,99
0,03211	5,581	=	5,609	1
0,03195	5,595	=	5,607	1
0,03188	5,601	=	5,606	1
0,03185	5,603	=	5,605	1
0,03184	5,604	=	5,605	1
0,03184	5,605	=	5,605	1
0,03183	5,605	=	5,605	1

Friksjonstap – colebrook	
Reynolds tall	8927 Transient
Rørfriksjonstall – Colebrook iterasjon	0,00000
Friksjonstap – colebrook	0 Pa/m

Friksjonstap tilnærming (for vann ved 80 grader)	
For plastrør	12,71 Pa/m

Høyeste friksjonsverdi brukes for trykktap

Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans	
Pumpe utløpstrykk	2,52	1	Bar
Friksjonstap i tilførsel	0	0	Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0	0	Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	2,51	1	Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0	Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	2,01	1	Bar
Friksjonstap i retur	0	0	Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0	0	Bar
Trykk ved innløp til kjel	2,01	1	Bar
Trykktap i kjel	0,5	0	Bar
Trykk i innløp til pumpe	1,51	1	Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1,01	0	Bar
Laveste trykk	1,51	1	Bar
Høyeste trykk	2,52	1	Bar

Iterasjon Pumpetrykk			
Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans	
Pumpe utløpstrykk	1	1	Bar
Friksjonstap i tilførsel	0	0	Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0	0	Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	1	1	Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0	Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	0,5	1	Bar
Friksjonstap i retur	0	0	Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0	0	Bar
Trykk ved innløp til kjel	0,49	1	Bar
Trykktap i kjel	0,5	0	Bar
Trykk i innløp til pumpe	-0,01	1	Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1,01	0	Bar
Laveste trykk	-0,01	1	Bar
Høyeste trykk	1	1	Bar
Nødvendig pumpetrykk	2,52		Bar

Pumpekrav	
Løftehøyde	10,1 m
Minste pumpeeffekt	0,01 Kw
Årlig energibehov pumpe	124,6 kWh
Driftskostnad gitt 79,9øre/kwh	99,5 Kr / år

Varmetap	
Jordtemperatur	4,9 C
Kulvertisolasjon	0,1850 W/m-K
Varmetap turledning	139 W
Varmetap returledning	83 W
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmetap per lengdemeter	11,12 W / lm
Årlig varmetap	1934,6 kWh

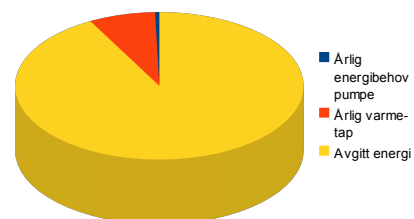
Kjel driftstid med gitt effekt og varmetap	
Kjelleffekt	8,1 kW
Driftstid per år	3184,5 T / år
Andel av år	36,4 % av året
Driftstid per dag gitt likt dagsforbruk	8,7 T / dag
Energiproduksjon per dag	70,7 kWh/dag
Maksimalproduksjon	194,4 kWh/dag

System	
Tapt /brukt energi	2059,2 kWh
Avgitt energi	23860,83 kWh
Tilført energi	25920,0 kWh
Systemvirkningsgrad	92,06 %

Kulvertkostnader	
Kulvert meterpris	193,2 kr/m
Diverse	15000 kr
Kulvert kostnad	18864 kr
Grøftegraving meterpris	300 kr/m
Grøftegraving oppmøte	1667 kr
Grøftekostnad	7667 kr
Tilkoblingskostnad	26531 kr

Grøftegraving taes ikke med i sammenligning, grøft må graves uansett ved nybygg

Fordeling av energi i kulvertanlegg



**Vedlegg AM – Beregning av kulvert for verkstad****Resultater**

Arbeidsområde (°C)		80/60			50/40		
Rørdiameter (mm)		15	20	25	15	20	25
<b>Verkstad</b>	Tapt energi (kWh)	918	965	996	562	589	607
	Virkningsgrad %	90,3	89,8	89,5	93,8	93,5	93,3
	Kulvertkostnad (kr)	21067	21233	21599	21067	21233	21599
	Driftskostnad (kr)	23	23	23	34	34	34
<b>Verkstad</b>	Tapt energi (kWh)	918	965	996			
<b>inkludert</b>	Virkningsgrad %	91,1	90,6	90,4			
<b>varmtvann</b>	Kulvertkostnad (kr)	21067	21233	21599			
	Driftskostnad (kr)	23	23	23			

Minste energitap	562 kWh
Høyeste energitap	996 kWh
Maksimal virkningsgrad	93,8 %
Minst virkningsgrad	89,5 %
Laveste kulvertkostnad	21067 kr
Høyeste kulvertkostnad	21599 kr
Laveste driftskostnad	23 kr
Høyeste driftskostnad	34 kr

\* Tapt energi er summen av varmetap og elektrisitet brukt for å drive pumpe

\* Anleggets virkningsgrad referer bare til distribusjonsanlegget og baseres på avgitt varme i forhold til tilført energi i form av varme og elektrisitet til pumpe

\* Kulvertkostnaden er avhengig av rørdiameter og kulvertens lengde

\* Driftskostnad er estimert elektrisitetskostnad for pumpedrift ved 80øre/kWh

<b>Konstanter</b>		
Cv vann	4200	J/kg-K
Vann densitet 40 deg	992,2	kg/m <sup>3</sup>
Vann densitet 50 deg	988,0	kg/m <sup>3</sup>
Vann densitet 80 deg	971,8	kg/m <sup>3</sup>
Sekunder / time	3600	s
Vann kinematisk viskositet 40 deg	6,58E-007	m <sup>2</sup> /s
Vann kinematisk viskositet 50 deg	5,53E-007	m <sup>2</sup> /s
Vann kinematisk viskositet 80 deg	3,67E-007	m <sup>2</sup> /s
Forhold meter vannsøyle / bar	10	m/bar
Forhold Pascal / bar	1,00E+005	Pa/bar
Varmetapstall kulvert doble 15mm rør **	0,1700	W/m-K
Varmetapstall kulvert doble 20mm rør	0,1790	W/m-K
Varmetapstall kulvert doble 25mm rør	0,1850	W/m-K
Andel oppvarming dekket av anlegg	75	%
Andel av dimensjonerende effektbehov	40	%
<b>Kulvertkostnader</b>		
Grøftegraving meterpris ***	300	kr/m
Grøftegraving oppmøte ***	5000	kr
Kostnad kulvert doble 15mm rør **	140	SEK ex. Mva./m *
Kostnad kulvert doble 20mm rør	156,6	SEK ex. Mva./m *
Kostnad kulvert doble 25mm rør	193,2	SEK ex. Mva./m *
Diverse ****	15000	kr
<b>Energibehov</b>		
Verkstad	10207	kWh
Varmtvannsforbruk i verkstad	1000	kWh
Virkningsgrad varmeveksler	90	%
Verkstad	11341	kWh
Varmtvannsforbruk i verkstad	1111	kWh
<b>Lavtemperatursystem</b>		
Turtemperatur	50	
Returtemperatur	30	
<b>Høytemperatursystem</b>		
Turtemperatur	80	
Returtemperatur	50	

\* Det antas at 1 SEK = 1 NOK

\*\* Leverandøren har ikke kulvert for 15mm rør, verdier er estimater

\*\*\* Basert på tall levert av Trygve Stangeland entreprenør for grøfting, omgyling, lukking og transport

\*\*\*\* Her inngår kostnader ved transport og installasjon

Generelle data	
Rørstrekk	10m
Høydeforskjell	0m
Turtemperatur	80 C
Returtemperatur	50 C
Densitet	971,8 kg/m <sup>3</sup>
Kinematisk viskositet	3,67E-007 m <sup>2</sup> /s
Plastrør absolutt ruhet	0,00E+000m
Rørdiameter	15 mm
Kulvertisolasjon	0,1700 W/m-K
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varnebehov	
Årlig totalt behov	11341 kWh
Andel av behov dekket av varmeanlegg	75 %
Avgitt varme fra varmeanlegg	8506 kWh / år

Standard	Byggestandard 1984
Plassering	I gardsrom
Temperatur	Høytemperatur system

Resultater	
Dimensjonerende effektbehov	4,68 Kw
Maks effekt levert av varmeanlegg	1,87 Kw
Temperaturdifferanse	30 C
Transportert vannmengde	0,01 kg/s
Transportert vannmengde	53,4 kg/h
Transportert vannmengde	0,05 m <sup>3</sup> /h
Vannhastighet	0,1 m/s

Colebrook rørfriksjonstall for turbulent strømning, iterasjon				
1,00000	1,000	=	6,273	0,16
0,15942	2,505	=	5,475	0,46
0,07293	3,703	=	5,136	0,72
0,05258	4,361	=	4,993	0,87
0,04592	4,666	=	4,935	0,95
0,04343	4,799	=	4,910	0,98
0,04244	4,854	=	4,900	0,99
0,04204	4,877	=	4,896	1
0,04188	4,887	=	4,895	1
0,04181	4,891	=	4,894	1
0,04178	4,892	=	4,894	1
0,04177	4,893	=	4,893	1
0,04176	4,893	=	4,893	1
0,04176	4,893	=	4,893	1

Friksjonstap – colebrook	
Reynolds tall	3435 <b>Transient</b>
Rørfriksjonstall – Colebrook iterasjon	0,00000
Friksjonstap – colebrook	0 Pa/m

Friksjonstap tilnærming (for vann ved 80 grader)	
For plastrør	11,16 Pa/m

Høyeste friksjonsverdi brukes for trykktap

Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans	
Pumpe utløpstrykk	2,51		1 Bar
Friksjonstap i tilførsel	0	0	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0	0	0 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	2,51		1 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	2,01		1 Bar
Friksjonstap i retur	0	0	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0	0	0 Bar
Trykk ved innløp til kjel	2,01		1 Bar
Trykktap i kjel	0,5	0	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	1,51		1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1	0	0 Bar
Laveste trykk	1,51	1	1 Bar
Høyeste trykk	2,51	1	1 Bar

Pumpekrav	
Løftehøyde	10,0 m
Minste pumpeeffekt	0,00 Kw
Årlig energibehov pumpe	28,7 kWh
Driftskostnad gitt 79,9øre/kwh	22,9 Kr / år

Varmetap	
Jordtemperatur	4,9 C
Kulvertisolasjon	0,1700 W/m-K
Varmetap turledning	64 W
Varmetap returledning	38 W
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmetap per lengdemeter	10,22 W / lm
Årlig varmetap	888,9 kWh

System	
Tapt /brukt energi	917,6 kWh
Avgitt energi	8505,8 kWh
Tilført energi	9423,4 kWh
Systemvirkningsgrad	90,26 %

Kulvertkostnader	
Kulvert meterpris	140 kr/m
Diverse	15000 kr
Kulvert kostnad	16400 kr
Grøftegraving meterpris	300 kr/m
Grøftegraving oppmøte	1667 kr
Grøftkostnad	4667 kr
Tilkoblingskostnad	21067 kr

Grøftegraving taes ikke med i sammenligning, grøft må graves uansett ved nybygg

Iterasjon Pumpetrykk			
Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans	
Pumpe utløpstrykk	1		1 Bar
Friksjonstap i tilførsel	0	0	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0	0	0 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	1		1 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	0,5		1 Bar
Friksjonstap i retur	0	0	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0	0	0 Bar
Trykk ved innløp til kjel	0,5		1 Bar
Trykktap i kjel	0,5	0	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	0		1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1	0	0 Bar
Laveste trykk	0	1	1 Bar
Høyeste trykk	1	1	1 Bar
Nødvendig pumpetrykk	2,51		Bar

Kjel driftstid med gitt effekt og varmetap	
Kjeleffekt	1,87 kW
Driftstid per år	5022,8 T / år
Andel av år	57,3 % av året
Driftstid per dag gitt likt dagsforbruk	13,8 T / dag
Energiproduksjon per dag	25,7 kWh/dag
Maksimalproduksjon	44,9 kWh/dag

Generelle data	
Rørstrekk	10m
Høydeforskjell	0m
Turtemperatur	80 C
Returtemperatur	50 C
Densitet	971,8 kg/m <sup>3</sup>
Kinematisk viskositet	3,67E-007 m <sup>2</sup> /s
Plastrør absolutt ruhet	0,00E+000 m
Rørdiameter	20 mm
Kulvertisolasjon	0,1790 W/m-K
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varnebehov	
Årlig totalt behov	11341 kWh
Andel av behov dekket av varmeanlegg	75 %
Avgitt varme fra varmeanlegg	8506 kWh / år

Standard	Byggestandard 1984
Plassering	I gardsrom
Temperatur	Høytemperatur system

Resultater	
Dimensjonerende effektbehov	4,68 Kw
Maks effekt levert av varmeanlegg	1,87 Kw
Temperaturdifferanse	30 C
Transportert vannmengde	0,01 kg/s
Transportert vannmengde	53,4 kg/h
Transportert vannmengde	0,05 m <sup>3</sup> /h
Vannhastighet	0,0 m/s

Frikjonstap – colebrook	
Reynolds tall	2577 <b>Transient</b>
Rørfrikjonstall – Colebrook iterasjon	0,00000
Frikjonstap – colebrook	0 Pa/m

Frikjonstap tilnærming (for vann ved 80 grader)	
For plastrør	2,94 Pa/m

Høyeste frikjonsverdi brukes for trykktap

Colebrook rørfrikjonstall for turbulent strømning, iterasjon				
1,00000	1,000	=	6,023	0,17
0,16604	2,454	=	5,243	0,47
0,07772	3,587	=	4,913	0,73
0,05674	4,198	=	4,777	0,88
0,04987	4,478	=	4,721	0,95
0,04731	4,598	=	4,698	0,98
0,04630	4,647	=	4,688	0,99
0,04590	4,668	=	4,685	1
0,04573	4,676	=	4,683	1
0,04567	4,680	=	4,682	1
0,04564	4,681	=	4,682	1
0,04563	4,682	=	4,682	1
0,04562	4,682	=	4,682	1
0,04562	4,682	=	4,682	1

Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans
Pumpe utløpstrykk	2,51	1 Bar
Frikjonstap i tilførsel	0	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0	0 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	2,51	1 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	2,01	1 Bar
Frikjonstap i retur	0	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0	0 Bar
Trykk ved innløp til kjel	2,01	1 Bar
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	1,51	1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1	0 Bar
Laveste trykk	1,51	1 Bar
Høyeste trykk	2,51	1 Bar

Pumpekrav	
Løftehøyde	10,0 m
Minste pumpeeffekt	0,00 Kw
Årlig energibehov pumpe	28,7 kWh
Driftskostnad gitt 79,9øre/kwh	22,9 Kr / år

Varmetap	
Jordtemperatur	4,9 C
Kulvertisolasjon	0,1790 W/m-K
Varmetap turledning	67 W
Varmetap returledning	40 W
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmetap per lengdemeter	10,76 W / lm
Årlig varmetap	935,9 kWh

System	
Tapt /brukt energi	964,6 kWh
Avgitt energi	8505,8 kWh
Tilført energi	9470,4 kWh
Systemvirkningsgrad	89,81 %

Kulvertkostnader	
Kulvert meterpris	156,6 kr/m
Diverse	15000 kr
Kulvert kostnad	16566 kr
Grøftegraving meterpris	300 kr/m
Grøftegraving oppmøte	1667 kr
Grøftekostnad	4667 kr
Tilkoblingskostnad	21233 kr

Grøftegraving taes ikke med i sammenligning, grøft må graves uansett ved nybygg

Iterasjon Pumpetrykk		
Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans
Pumpe utløpstrykk	1	1 Bar
Frikjonstap i tilførsel	0	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0	0 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	1	1 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	0,5	1 Bar
Frikjonstap i retur	0	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0	0 Bar
Trykk ved innløp til kjel	0,5	1 Bar
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	0	1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1	0 Bar
Laveste trykk	0	1 Bar
Høyeste trykk	1	1 Bar
Nødvendig pumpetrykk	2,51	Bar

Kjel driftstid med gitt effekt og varmetap	
Kjeleffekt	1,87 kW
Driftstid per år	5048,0 T / år
Andel av år	57,6 % av året
Driftstid per dag gitt likt dagsforbruk	13,8 T / dag
Energiproduksjon per dag	25,9 kWh/dag
Maksimalproduksjon	44,9 kWh/dag

Generelle data	
Rørstrekk	10m
Høydeforskjell	0m
Turtemperatur	80 C
Returtemperatur	50 C
Densitet	971,8 kg/m <sup>3</sup>
Kinematisk viskositet	3,67E-007 m <sup>2</sup> /s
Plastrør absolutt ruhet	0,00E+000m
Rørdiameter	25 mm
Kulvertisolasjon	0,1850 W/m-K
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varnebehov	
Årlig totalt behov	11341 kWh
Andel av behov dekket av varmeanlegg	75 %
Avgitt varme fra varmeanlegg	8506 kWh / år

Standard	Byggestandard 1984
Plassering	I gardsrom
Temperatur	Høytemperatur system

Resultater	
Dimensjonerende effektbehov	4,68 Kw
Maks effekt levert av varmeanlegg	1,87 Kw
Temperaturdifferanse	30 C
Transportert vannmengde	0,01 kg/s
Transportert vannmengde	53,4 kg/h
Transportert vannmengde	0,05 m <sup>3</sup> /h
Vannhastighet	0,0 m/s

Colebrook rørfriksjonstall for turbulent strømning, iterasjon				
1,00000	1,000	=	5,829	0,17
0,17156	2,414	=	5,063	0,48
0,08180	3,496	=	4,742	0,74
0,06032	4,072	=	4,609	0,88
0,05328	4,332	=	4,556	0,95
0,05067	4,442	=	4,534	0,98
0,04965	4,488	=	4,525	0,99
0,04924	4,506	=	4,521	1
0,04908	4,514	=	4,520	1
0,04902	4,517	=	4,519	1
0,04899	4,518	=	4,519	1
0,04898	4,519	=	4,519	1
0,04897	4,519	=	4,519	1
0,04897	4,519	=	4,519	1

Friksjonstap – colebrook	
Reynolds tall	2061 Laminær
Rørfriksjonstall – Colebrook iterasjon	0,00000
Friksjonstap – colebrook	0 Pa/m

Friksjonstap tilnærming (for vann ved 80 grader)	
For plastrør	1,04 Pa/m

Høyeste friksjonsverdi brukes for trykkta

Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans
Pumpe utløpstrykk	2,51	1 Bar
Friksjonstap i tilførsel	0	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0	0 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	2,51	1 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	2,01	1 Bar
Friksjonstap i retur	0	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0	0 Bar
Trykk ved innløp til kjel	2,01	1 Bar
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	1,51	1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1	0 Bar
Laveste trykk	1,51	1 Bar
Høyeste trykk	2,51	1 Bar

Pumpekrav	
Løftehøyde	10,0 m
Minste pumpeeffekt	0,00 Kw
Årlig energibehov pumpe	28,7 kWh
Driftskostnad gitt 79,9øre/kwh	22,9 Kr / år

Varmetap	
Jordtemperatur	4,9 C
Kulvertisolasjon	0,1850 W/m-K
Varmetap turledning	69 W
Varmetap returledning	42 W
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmetap per lengdemeter	11,12 W / lm
Årlig varmetap	967,3 kWh

System	
Tapt /brukt energi	996,0 kWh
Avgitt energi	8505,8 kWh
Tilført energi	9501,8 kWh
Systemvirkningsgrad	89,52 %

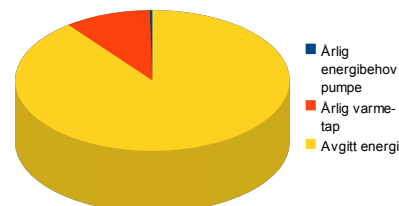
Kulvertkostnader	
Kulvert meterpris	193,2 kr/m
Diverse	15000 kr
Kulvert kostnad	16932 kr
Grøftegraving meterpris	300 kr/m
Grøftegraving oppmøte	1667 kr
Grøftekostnad	4667 kr
Tilkoblingskostnad	21599 kr

Grøftegraving taes ikke med i sammenligning, grøft må graves uansett ved nybygg

Iterasjon Pumpetrykk		
Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans
Pumpe utløpstrykk	1	1 Bar
Friksjonstap i tilførsel	0	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0	0 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	1	1 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	0,5	1 Bar
Friksjonstap i retur	0	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0	0 Bar
Trykk ved innløp til kjel	0,5	1 Bar
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	0	1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1	0 Bar
Laveste trykk	0	1 Bar
Høyeste trykk	1	1 Bar
Nødvendig pumpetrykk	2,51	Bar

Kjel driftstid med gitt effekt og varmetap	
Kjelleffekt	1,87 kW
Driftstid per år	5064,8 T / år
Andel av år	57,8 % av året
Driftstid per dag gitt likt dagsforbruk	13,9 T / dag
Energiproduksjon per dag	26,0 kWh/dag
Maksimalproduksjon	44,9 kWh/dag

Fordeling av energi i kulvertanlegg



Generelle data	
Rørstrekk	10m
Høydeforskjell	0m
Turtemperatur	50 C
Returtemperatur	30 C
Densitet	988 kg/m <sup>3</sup>
Kinematisk viskositet	5,53E-007 m <sup>2</sup> /s
Plastrør absolutt ruhet	0,00E+000m
Rørdiameter	15 mm
Kulvertisolasjon	0,1700 W/m-K
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varnebehov	
Årlig totalt behov	11341 kWh
Andel av behov dekket av varmeanlegg	75 %
Avgitt varme fra varmeanlegg	8506 kWh / år

Standard	Byggestandard 1984
Plassering	I gardsrom
Temperatur	Lavtemperatur system

Resultater	
Dimensjonerende effektbehov	4,68 Kw
Maks effekt levert av varmeanlegg	1,87 Kw
Temperaturdifferanse	20 C
Transportert vannmengde	0,02 kg/s
Transportert vannmengde	80,2 kg/h
Transportert vannmengde	0,08 m <sup>3</sup> /h
Vannhastighet	0,1 m/s

Friksjonstap – colebrook	
Reynolds tall	3420 <b>Transient</b>
Rørfriksjonstall – Colebrook iterasjon	0,00000
Friksjonstap – colebrook	0 Pa/m

Friksjonstap tilnærming (for vann ved 80 grader)	
For plastrør	22,30 Pa/m

Høyeste friksjonsverdi brukes for trykktpap

Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans
Pumpe utløpstrykk	2,51	1 Bar
Friksjonstap i tilførsel	0	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0	0 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	2,51	1 Bar
Trykktpap i varmeveksler	0,5	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	2,01	1 Bar
Friksjonstap i retur	0	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0	0 Bar
Trykk ved innløp til kjel	2,01	1 Bar
Trykktpap i kjel	0,5	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	1,51	1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1	0 Bar
Laveste trykk	1,51	1 Bar
Høyeste trykk	2,51	1 Bar

Pumpekrav	
Løftehøyde	10,0 m
Minste pumpeeffekt	0,00 Kw
Årlig energibehov pumpe	42,4 kWh
Driftskostnad gitt 79,9øre/kwh	33,9 Kr / år

Varmetap	
Jordtemperatur	4,9 C
Kulvertisolasjon	0,1700 W/m-K
Varmetap turledning	38 W
Varmetap returledning	21 W
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmetap per lengdemeter	5,97 W / lm
Årlig varmetap	519,1 kWh

System	
Tapt /brukt energi	561,5 kWh
Avgitt energi	8505,8 kWh
Tilført energi	9067,4 kWh
Systemvirkningsgrad	93,81 %

Kulvertkostnader	
Kulvert meterpris	140 kr/m
Diverse	15000 kr
Kulvert kostnad	16400 kr
Grøftegraving meterpris	300 kr/m
Grøftegraving oppmøte	1667 kr
Grøftekostnad	4667 kr
Tilkoblingskostnad	21067 kr

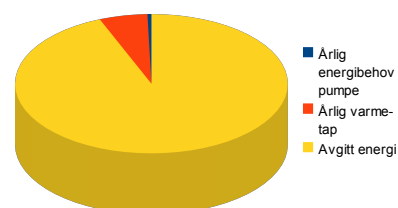
Grøftegraving taes ikke med i sammenligning, grøft må graves uansett ved nybygging

Colebrook rørfriksjonstall for turbulent strømning, iterasjon				
1,00000	1,000	=	6,269	0,16
0,15952	2,504	=	5,472	0,46
0,07300	3,701	=	5,132	0,72
0,05265	4,358	=	4,990	0,87
0,04598	4,663	=	4,931	0,95
0,04348	4,796	=	4,907	0,98
0,04250	4,851	=	4,897	0,99
0,04210	4,874	=	4,893	1
0,04193	4,883	=	4,891	1
0,04187	4,887	=	4,891	1
0,04184	4,889	=	4,890	1
0,04183	4,890	=	4,890	1
0,04182	4,890	=	4,890	1
0,04182	4,890	=	4,890	1

Iterasjon Pumpetrykk			
Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans	
Pumpe utløpstrykk	1	1	1 Bar
Friksjonstap i tilførsel	0	0	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0	0	0 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	1	1	1 Bar
Trykktpap i varmeveksler	0,5	0	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	0,5	1	1 Bar
Friksjonstap i retur	0	0	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0	0	0 Bar
Trykk ved innløp til kjel	0,5	1	1 Bar
Trykktpap i kjel	0,5	0	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	0	1	1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1	0	0 Bar
Laveste trykk	0	1	1 Bar
Høyeste trykk	1	1	1 Bar
Nødvendig pumpetrykk	2,51		Bar

Kjel driftstid med gitt effekt og varmetap	
Kjelleffekt	1,87 kW
Driftstid per år	4825,2 T / år
Andel av år	55,1 % av året
Driftstid per dag gitt likt dagsforbruk	13,2 T / dag
Energiproduksjon per dag	24,7 kWh/dag
Maksimalproduksjon	44,9 kWh/dag

Fordeling av energi i kulvertanlegg





Generelle data	
Rørstrekk	10m
Høydeforskjell	0m
Turtemperatur	50 C
Returtemperatur	30 C
Densitet	988 kg/m <sup>3</sup>
Kinematisk viskositet	5,53E-007 m <sup>2</sup> /s
Plastrør absolutt ruhet	0,00E+000 m
Rørdiameter	20 mm
Kulvertisolasjon	0,1790 W/m-K
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varnebehov	
Årlig totalt behov	11341 kWh
Andel av behov dekket av varmeanlegg	75 %
Avgitt varme fra varmeanlegg	8506 kWh / år

Standard	Byggestandard 1984
Plassering	I gardsrom
Temperatur	Lavtemperatur system

Resultater	
Dimensjonerende effektbehov	4,68 Kw
Maks effekt levert av varmeanlegg	1,87 Kw
Temperaturdifferanse	20 C
Transportert vannmengde	0,02 kg/s
Transportert vannmengde	80,2 kg/h
Transportert vannmengde	0,08 m <sup>3</sup> /h
Vannhastighet	0,1 m/s

Friksjonstap – colebrook	
Reynolds tall	2565 <b>Transient</b>
Rørfriksjonstall – Colebrook iterasjon	0,00000
Friksjonstap – colebrook	0 Pa/m

Friksjonstap tilnærming (for vann ved 80 grader)	
For plastrør	5,87 Pa/m

Høyeste friksjonsverdi brukes for trykktpap

Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans
Pumpe utløpstrykk	2,51	1 Bar
Friksjonstap i tilførsel	0	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0	0 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	2,51	1 Bar
Trykktpap i varmeveksler	0,5	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	2,01	1 Bar
Friksjonstap i retur	0	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0	0 Bar
Trykk ved innløp til kjel	2,01	1 Bar
Trykktpap i kjel	0,5	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	1,51	1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1	0 Bar
Laveste trykk	1,51	1 Bar
Høyeste trykk	2,51	1 Bar

Pumpekrav	
Løftehøyde	10,0 m
Minste pumpeeffekt	0,00 Kw
Årlig energibehov pumpe	42,3 kWh
Driftskostnad gitt 79,9øre/kwh	33,8 Kr / år

Varmetap	
Jordtemperatur	4,9 C
Kulvertisolasjon	0,1790 W/m-K
Varmetap turledning	40 W
Varmetap returledning	22 W
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmetap per lengdemeter	6,28 W / lm
Årlig varmetap	546,6 kWh

System	
Tapt /brukt energi	588,9 kWh
Avgitt energi	8505,8 kWh
Tilført energi	9094,8 kWh
Systemvirkningsgrad	93,52 %

Kulvertkostnader	
Kulvert meterpris	156,6 kr/m
Diverse	15000 kr
Kulvert kostnad	16566 kr
Grøftegraving meterpris	300 kr/m
Grøftegraving oppmøte	1667 kr
Grøftekostnad	4667 kr
Tilkoblingskostnad	21233 kr

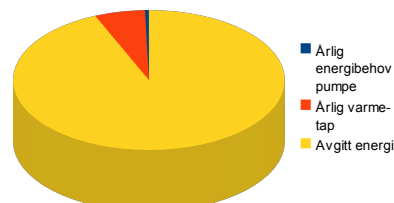
Grøftegraving taes ikke med i sammenligning, grøft må graves uansett ved nybygging

Colebrook rørfriksjonstall for turbulent strømning, iterasjon				
1,00000	1,000	=	6,019	0,17
0,16615	2,453	=	5,239	0,47
0,07780	3,585	=	4,910	0,73
0,05681	4,196	=	4,773	0,88
0,04993	4,475	=	4,717	0,95
0,04737	4,595	=	4,694	0,98
0,04636	4,644	=	4,685	0,99
0,04596	4,665	=	4,681	1
0,04580	4,673	=	4,680	1
0,04573	4,676	=	4,679	1
0,04570	4,678	=	4,679	1
0,04569	4,678	=	4,679	1
0,04569	4,678	=	4,679	1

Iterasjon Pumpetrykk			
Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans	
Pumpe utløpstrykk	1	1	1 Bar
Friksjonstap i tilførsel	0	0	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0	0	0 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	1	1	1 Bar
Trykktpap i varmeveksler	0,5	0	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	0,5	1	1 Bar
Friksjonstap i retur	0	0	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0	0	0 Bar
Trykk ved innløp til kjel	0,5	1	1 Bar
Trykktpap i kjel	0,5	0	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	0	1	1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1	0	0 Bar
Laveste trykk	0	1	1 Bar
Høyeste trykk	1	1	1 Bar
Nødvendig pumpetrykk	2,51		Bar

Kjel driftstid med gitt effekt og varmetap	
Kjelleffekt	1,87 kW
Driftstid per år	4839,8 T / år
Andel av år	55,2 % av året
Driftstid per dag gitt likt dagsforbruk	13,3 T / dag
Energiproduksjon per dag	24,8 kWh/dag
Maksimalproduksjon	44,9 kWh/dag

Fordelig av energi i kulvertanlegg



Generelle data	
Rørstrekk	10m
Høydeforskjell	0m
Turtemperatur	50 C
Returtemperatur	30 C
Densitet	988 kg/m <sup>3</sup>
Kinematisk viskositet	5,53E-007 m <sup>2</sup> /s
Plastrør absolutt ruhet	0,00E+000 m
Rørdiameter	25 mm
Kulvertisolasjon	0,1850 W/m-K
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varnebehov	
Årlig totalt behov	11341 kWh
Andel av behov dekket av varmeanlegg	75 %
Avgitt varme fra varmeanlegg	8506 kWh / år

Standard	Byggestandard 1984
Plassering	I gardsrom
Temperatur	Lavtemperatur system

Resultater	
Dimensjonerende effektbehov	4,68 Kw
Maks effekt levert av varmeanlegg	1,87 Kw
Temperaturdifferanse	20 C
Transportert vannmengde	0,02 kg/s
Transportert vannmengde	80,2 kg/h
Transportert vannmengde	0,08 m <sup>3</sup> /h
Vannhastighet	0,0 m/s

Colebrook rørfriksjonstall for turbulent strømning, iterasjon					
1,00000	1,000	=	5,825	0,17	
0,17167	2,414	=	5,060	0,48	
0,08189	3,495	=	4,738	0,74	
0,06039	4,069	=	4,606	0,88	
0,05336	4,329	=	4,552	0,95	
0,05074	4,439	=	4,530	0,98	
0,04972	4,485	=	4,522	0,99	
0,04932	4,503	=	4,518	1	
0,04915	4,511	=	4,517	1	
0,04909	4,514	=	4,516	1	
0,04906	4,515	=	4,516	1	
0,04905	4,515	=	4,516	1	
0,04905	4,515	=	4,516	1	
0,04904	4,516	=	4,516	1	

Friksjonstap – colebrook	
Reynolds tall	2052 Laminær
Rørfriksjonstall – Colebrook iterasjon	0,00000
Friksjonstap – colebrook	0 Pa/m

Friksjonstap tilnærming (for vann ved 80 grader)	
For plastrør	2,08 Pa/m

Høyeste friksjonsverdi brukes for trykktap

Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans
Pumpe utløpstrykk	2,51	1 Bar
Friksjonstap i tilførsel	0	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0	0 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	2,51	1 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	2,01	1 Bar
Friksjonstap i retur	0	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0	0 Bar
Trykk ved innløp til kjel	2,01	1 Bar
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	1,51	1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1	0 Bar
Laveste trykk	1,51	1 Bar
Høyeste trykk	2,51	1 Bar

Pumpekrav	
Løftehøyde	10,0 m
Minste pumpeeffekt	0,00 Kw
Årlig energibehov pumpe	42,3 kWh
Driftskostnad gitt 79,9øre/kwh	33,8 Kr / år

Varmetap	
Jordtemperatur	4,9 C
Kulvertisolasjon	0,1850 W/m-K
Varmetap turledning	42 W
Varmetap returledning	23 W
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmetap per lengdemeter	6,49 W / lm
Årlig varmetap	564,9 kWh

System	
Tapt /brukt energi	607,2 kWh
Avgitt energi	8505,8 kWh
Tilført energi	9113,1 kWh
Systemvirkningsgrad	93,34 %

Kulvertkostnader	
Kulvert meterpris	193,2 kr/m
Diverse	15000 kr
Kulvert kostnad	16932 kr
Grøftegraving meterpris	300 kr/m
Grøftegraving oppmøte	1667 kr
Grøftekostnad	4667 kr
Tilkoblingskostnad	21599 kr

Grøftegraving taes ikke med i sammenligning, grøft må graves uansett ved nybygging

Iterasjon Pumpetrykk			
Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans	
Pumpe utløpstrykk	1	1	1 Bar
Friksjonstap i tilførsel	0	0	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0	0	0 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	1	1	1 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	0,5	1	1 Bar
Friksjonstap i retur	0	0	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0	0	0 Bar
Trykk ved innløp til kjel	0,5	1	1 Bar
Trykktap i kjel	0,5	0	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	0	1	1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1	0	0 Bar
Laveste trykk	0	1	1 Bar
Høyeste trykk	1	1	1 Bar
Nødvendig pumpetrykk	2,51		Bar

Kjel driftstid med gitt effekt og varmetap	
Kjeleffekt	1,87 kW
Driftstid per år	4849,6 T / år
Andel av år	55,4 % av året
Driftstid per dag gitt likt dagsforbruk	13,3 T / dag
Energiproduksjon per dag	24,9 kWh/dag
Maksimalproduksjon	44,9 kWh/dag

Generelle data	
Rørstrekk	10m
Høydeforskjell	0m
Turtemperatur	80C
Returtemperatur	50C
Densitet	971,8 kg/m <sup>3</sup>
Kinematisk viskositet	3,67E-007 m <sup>2</sup> /s
Plastrør absolutt ruhet	0,00E+000m
Rørdiameter	15mm
Kulvertisolasjon	0W/m-K
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varnebehov	
Årlig totalt behov	12452 kWh
Andel av behov dekket av varmeanlegg	75%
Avgitt varme fra varmeanlegg	9339 kWh / år

<b>Standard</b>	<b>Byggestandard 1984</b>
<b>Plassering</b>	<b>I gardsrom</b>
<b>Temperatur</b>	<b>Høytemperatur system m/varmtvann</b>

Resultater	
Dimensjonerende effektbehov	4,68 Kw
Maks effekt levert av varmeanlegg	1,87 Kw
Temperaturdifferenase	30C
Transportert vannmengde	0,01 kg/s
Transportert vannmengde	53,4 kg/h
Transportert vannmengde	0,05 m <sup>3</sup> /h
Vannhastighet	0,1 m/s

Friksjonstap – colebrook	
Reynolds tall	3435 Transient
Rørfriksjonstall – Colebrook iterasjon	0,00000
Friksjonstap – colebrook	0 Pa/m

Friksjonstap tilnærming (for vann ved 80 grader)	
For plastrør	11,16 Pa/m

Høyeste friksjonsverdi brukes for trykktap

Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans
Pumpe utløpstrykk	2,51	1 Bar
Friksjonstap i tilførsel	0	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0	0 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	2,51	1 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	2,01	1 Bar
Friksjonstap i retur	0	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0	0 Bar
Trykk ved innløp til kjel	2,01	1 Bar
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	1,51	1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1	0 Bar
Laveste trykk	1,51	1 Bar
Høyeste trykk	2,51	1 Bar

Pumpekrav	
Løftehøyde	10,0m
Minste pumpeeffekt	0,00 Kw
Årlig energibehov pumpe	28,7 kWh
Driftskostnad gitt 79,9øre/kwh	22,9 Kr / år

Varmetap	
Jordtemperatur	4,9C
Kulvertisolasjon	0,1700 W/m-K
Varmetap turledning	64 W
Varmetap returledning	38 W
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmetap per lengdemeter	10,22 W / lm
Årlig varmetap	888,9 kWh

System	
Tapt /brukt energi	917,6 kWh
Avgitt energi	9339,2 kWh
Tilført energi	10256,8 kWh
Systemvirkningsgrad	91,05%

Kulvertkostnader	
Kulvert meterpris	140 kr/m
Diverse	15000 kr
Kulvert kostnad	16400 kr
Grøftegraving meterpris	300 kr/m
Grøftegraving oppmøte	1667 kr
Grøftekostnad	4667 kr
Tilkoblingskostnad	21067 kr

Grøftegraving taes ikke med i sammenligning, grøft må graves uansett ved nybygg

Colebrook rørfriksjonstall for turbulent strømning, iterasjon					
1,00000	1,000	=	6,273	0,16	
0,15942	2,505	=	5,475	0,46	
0,07293	3,703	=	5,136	0,72	
0,05258	4,361	=	4,993	0,87	
0,04592	4,666	=	4,935	0,95	
0,04343	4,799	=	4,910	0,98	
0,04244	4,854	=	4,900	0,99	
0,04204	4,877	=	4,896	1	
0,04188	4,887	=	4,895	1	
0,04181	4,891	=	4,894	1	
0,04178	4,892	=	4,894	1	
0,04177	4,893	=	4,893	1	
0,04176	4,893	=	4,893	1	
0,04176	4,893	=	4,893	1	

Iterasjon Pumpetrykk	Under drift	Stans
Trykk i rørstrekk		
Pumpe utløpstrykk	1	1 Bar
Friksjonstap i tilførsel	0	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0	0 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	1	1 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	0,5	1 Bar
Friksjonstap i retur	0	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0	0 Bar
Trykk ved innløp til kjel	0,5	1 Bar
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	0	1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1	0 Bar
Laveste trykk	0	1 Bar
Høyeste trykk	1	1 Bar
Nødvendig pumpetrykk	2,51	Bar

Kjel driftstid med gitt effekt og varmetap	
Kjeleffekt	1,87 kW
Driftstid per år	5468,4 T / år
Andel av år	62,4% av året
Driftstid per dag gitt likt dagsforbruk	15,0 T / dag
Energiproduksjon per dag	28,0 kWh/dag
Maksimalproduksjon	44,9 kWh/dag

Generelle data	
Rørstrekk	10m
Høydeforskjell	0m
Turtemperatur	80C
Returtemperatur	50C
Densitet	971,8 kg/m <sup>3</sup>
Kinematisk viskositet	3,67E-007 m <sup>2</sup> /s
Plastrør absolutt ruhet	0,00E+000 m
Rørdiameter	20 mm
Kulvertisolasjon	0,1790 W/m-K
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmebehov	
Årlig totalt behov	12452 kWh
Andel av behov dekket av varmeanlegg	75 %
Avgitt varme fra varmeanlegg	9339 kWh / år

<b>Standard</b>	<b>Byggestandard 1984</b>
<b>Plassering</b>	<b>I gardsrom</b>
<b>Temperatur</b>	<b>Høytemperatur system m/varmtvann</b>

Resultater	
Dimensjonerende effektbehov	4,68 Kw
Maks effekt levert av varmeanlegg	1,87 Kw
Temperaturdifferenase	30C
Transportert vannmengde	0,01 kg/s
Transportert vannmengde	53,4 kg/h
Transportert vannmengde	0,05 m <sup>3</sup> /h
Vannhastighet	0,0 m/s

Friksjonstap – colebrook	
Reynolds tall	2577 <b>Transient</b>
Rørfriksjonstall – Colebrook iterasjon	0,00000
Friksjonstap – colebrook	0 Pa/m

Friksjonstap tilnærming (for vann ved 80 grader)	
For plastrør	2,94 Pa/m

Høyeste friksjonsverdi brukes for trykktap

Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans
Pumpe utløpstrykk	2,51	1 Bar
Friksjonstap i tilførsel	0	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0	0 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	2,51	1 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	2,01	1 Bar
Friksjonstap i retur	0	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0	0 Bar
Trykk ved innløp til kjel	2,01	1 Bar
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	1,51	1 Bar
Trykddifferanse over pumpe	1	0 Bar
Laveste trykk	1,51	1 Bar
Høyeste trykk	2,51	1 Bar

Pumpekrav	
Løftehøyde	10,0 m
Minste pumpeeffekt	0,00 Kw
Årlig energibehov pumpe	28,7 kWh
Driftskostnad gitt 79,9øre/kwh	22,9 Kr / år

Varmetap	
Jordtemperatur	4,9C
Kulvertisolasjon	0,1790 W/m-K
Varmetap turledning	67 W
Varmetap returledning	40 W
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmetap per lengdemeter	10,76 W / lm
Årlig varmetap	935,9 kWh

System	
Tapt /brukt energi	964,6 kWh
Avgitt energi	9339,2 kWh
Tilført energi	10303,8 kWh
Systemvirkningsgrad	90,64 %

Kulvertkostnader	
Kulvert meterpris	156,6 kr/m
Diverse	15000 kr
Kulvert kostnad	16566 kr
Grøftegraving meterpris	300 kr/m
Grøftegraving oppmøte	1667 kr
Grøftekostnad	4667 kr
Tilkoblingskostnad	21233 kr

Grøftegraving taes ikke med i sammenligning, grøft må graves uansett ved nybygg

Colebrook rørfriksjonstall for turbulent strømning, iterasjon				
1,00000	1,000	=	6,023	0,17
0,16604	2,454	=	5,243	0,47
0,07772	3,587	=	4,913	0,73
0,05674	4,198	=	4,777	0,88
0,04987	4,478	=	4,721	0,95
0,04731	4,598	=	4,698	0,98
0,04630	4,647	=	4,688	0,99
0,04590	4,668	=	4,685	1
0,04573	4,676	=	4,683	1
0,04567	4,680	=	4,682	1
0,04564	4,681	=	4,682	1
0,04563	4,682	=	4,682	1
0,04562	4,682	=	4,682	1
0,04562	4,682	=	4,682	1

Iterasjon Pumpetrykk			
Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans	
Pumpe utløpstrykk	1	1 Bar	
Friksjonstap i tilførsel	0	0 Bar	
Høydeforskjell i rørstrekk	0	0 Bar	
Trykk ved innløp til varmeveksler	1	1 Bar	
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar	
Trykk ved utløp av varmeveksler	0,5	1 Bar	
Friksjonstap i retur	0	0 Bar	
Høydeforskjell i rørstrekk	0	0 Bar	
Trykk ved innløp til kjel	0,5	1 Bar	
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar	
Trykk i innløp til pumpe	0	1 Bar	
Trykddifferanse over pumpe	1	0 Bar	
Laveste trykk	0	1 Bar	
Høyeste trykk	1	1 Bar	
Nødvendig pumpetrykk	2,51	Bar	

Kjel driftstid med gitt effekt og varmetap	
Kjeleffekt	1,87 kW
Driftstid per år	5493,5 T / år
Andel av år	62,7 % av året
Driftstid per dag gitt likt dagsforbruk	15,1 T / dag
Energiproduksjon per dag	28,2 kWh/dag
Maksimalproduksjon	44,9 kWh/dag

Generelle data	
Rørstrekk	10m
Høydeforskjell	0m
Turtemperatur	80 C
Returtemperatur	50 C
Densitet	971,8 kg/m <sup>3</sup>
Kinematisk viskositet	3,67E-007 m <sup>2</sup> /s
Plastrør absolutt ruhet	0,00E+000m
Rørdiameter	25 mm
Kulvertisolasjon	0,1850 W/m-K
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmebehov	
Årlig totalt behov	12452 kWh
Andel av behov dekket av varmeanlegg	75 %
Avgitt varme fra varmeanlegg	9339 kWh / år

Standard	Byggestandard 1984
Plassering	I gardsrom
Temperatur	Høytemperatur system m/varmtvann

Resultater	
Dimensjonerende effektbehov	4,68 Kw
Maks effekt levert av varmeanlegg	1,87 Kw
Temperaturdifferanse	30 C
Transportert vannmengde	0,01 kg/s
Transportert vannmengde	53,4 kg/h
Transportert vannmengde	0,05 m <sup>3</sup> /h
Vannhastighet	0,0 m/s

Friksjonstap – colebrook	
Reynolds tall	2061 Laminær
Rørfriksjonstall – Colebrook iterasjon	0,00000
Friksjonstap – colebrook	0 Pa/m

Friksjonstap tilnærming (for vann ved 80 grader)	
For plastrør	1,04 Pa/m

Høyeste friksjonsverdi brukes for trykktap

Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans
Pumpe utløpstrykk	2,51	1 Bar
Friksjonstap i tilførsel	0	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0	0 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	2,51	1 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	2,01	1 Bar
Friksjonstap i retur	0	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0	0 Bar
Trykk ved innløp til kjel	2,01	1 Bar
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	1,51	1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1	0 Bar
Laveste trykk	1,51	1 Bar
Høyeste trykk	2,51	1 Bar

Pumpekrav	
Løftehøyde	10,0 m
Minste pumpeeffekt	0,00 Kw
Årlig energibehov pumpe	28,7 kWh
Driftskostnad gitt 79,9øre/kwh	22,9 Kr / år

Varmetap	
Jordtemperatur	4,9 C
Kulvertisolasjon	0,1850 W/m-K
Varmetap turledning	69 W
Varmetap returledning	42 W
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmetap per lengdemeter	11,12 W / lm
Årlig varmetap	967,3 kWh

System	
Tapt /brukt energi	996,0 kWh
Avgitt energi	9339,2 kWh
Tilført energi	10335,1 kWh
Systemvirkningsgrad	90,36 %

Kulvertkostnader	
Kulvert meterpris	193,2 kr/m
Diverse	15000 kr
Kulvert kostnad	16932 kr
Grøftegraving meterpris	300 kr/m
Grøftegraving oppmøte	1667 kr
Grøftekostnad	4667 kr
Tilkoblingskostnad	21599 kr

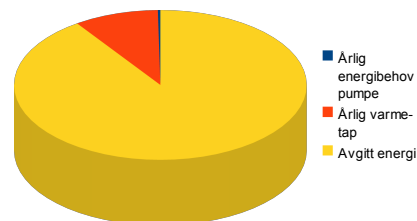
Grøftegraving taes ikke med i sammenligning, grøft må graves uansett ved nybygg

Colebrook rørfriksjonstall for turbulent strømning, iterasjon					
1,00000	1,000	=	5,829	0,17	
0,17156	2,414	=	5,063	0,48	
0,08180	3,496	=	4,742	0,74	
0,06032	4,072	=	4,609	0,88	
0,05328	4,332	=	4,556	0,95	
0,05067	4,442	=	4,534	0,98	
0,04965	4,488	=	4,525	0,99	
0,04924	4,506	=	4,521	1	
0,04908	4,514	=	4,520	1	
0,04902	4,517	=	4,519	1	
0,04899	4,518	=	4,519	1	
0,04898	4,519	=	4,519	1	
0,04897	4,519	=	4,519	1	
0,04897	4,519	=	4,519	1	

Iterasjon Pumpetrykk		
Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans
Pumpe utløpstrykk	1	1 Bar
Friksjonstap i tilførsel	0	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0	0 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	1	1 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	0,5	1 Bar
Friksjonstap i retur	0	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0	0 Bar
Trykk ved innløp til kjel	0,5	1 Bar
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	0	1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1	0 Bar
Laveste trykk	0	1 Bar
Høyeste trykk	1	1 Bar
Nødvendig pumpetrykk	2,51	Bar

Kjel driftstid med gitt effekt og varmetap	
Kjeleffekt	1,87 kW
Driftstid per år	5510,3 T / år
Andel av år	62,9 % av året
Driftstid per dag gitt likt dagsforbruk	15,1 T / dag
Energiproduksjon per dag	28,2 kWh/dag
Maksimalproduksjon	44,9 kWh/dag

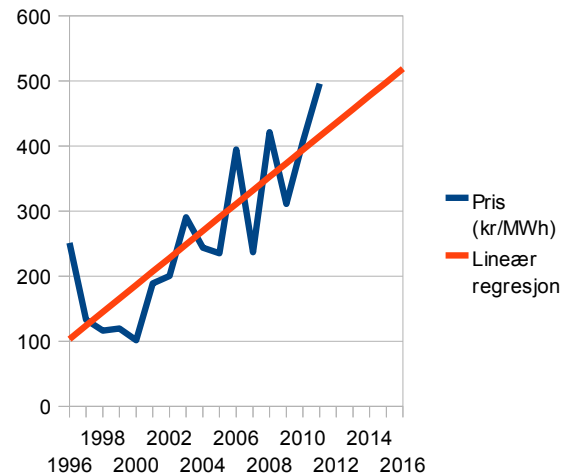
Fordeling av energi i kulvertanlegg



## Vedlegg AN – Estimert stigning i gjennomsnittlig årlig strømpris

## Estimert stigning i strømpris

Data fra nordpool spot, Norge sone 2		
År	Pris (kr/MWh)	Lineær regresjon
1996	251,2	103,4
1997	133,0	124,1
1998	116,2	144,9
1999	119,5	165,7
2000	101,4	186,5
2001	189,0	207,2
2002	200,2	228,0
2003	290,5	248,8
2004	243,8	269,6
2005	235,3	290,3
2006	394,6	311,1
2007	236,8	331,9
2008	421,3	352,7
2009	310,9	373,4
2010	407,1	394,2
2011	496,0	415,0
2012		435,8
2013		456,5
2014		477,3
2015		498,1
2016		518,9
2017		539,6
2018		560,4
2019		581,2
2020		602,0



Formel	$Y=ax+b$
a	20,8
b	103

Priser for 2011 er gjennomsnitt frem til 16. mai 2011

**Vedlegg AO – Beregning av kulvert for nytt hus med 100% dekning****Resultater**

		Arbeidsområde (°C)	80/60			50/40		
		Rørdiameter (mm)	15	20	25	15	20	25
<b>Tek 10 hus</b>	<b>Ved kårbolig</b>	Tapt energi (kWh)	6569	6799	6996	4354	4245	4305
		Virkningsgrad %	75,6	74,9	74,4	82,4	82,7	82,5
		Kulvertkostnad (kr)	39600	41924	47048	39600	41924	47048
		Driftskostnad (kr)	277	198	180	576	335	280
<b>Passivhus</b>	<b>Ved kårbolig</b>	Tapt energi (kWh)	6292	6617	6836	3744	3925	4051
		Virkningsgrad %	41,5	40,3	39,5	54,4	53,2	52,4
		Kulvertkostnad (kr)	39600	41924	47048	39600	41924	47048
		Driftskostnad (kr)	55	52	52	88	79	77
<b>Tek 10 hus</b>	<b>På åskam</b>	Tapt energi (kWh)	14631	15261	15729	9405	9434	9647
		Virkningsgrad %	58,2	57,1	56,4	68,4	68,3	67,8
		Kulvertkostnad (kr)	64100	69329	80858	64100	69329	80858
		Driftskostnad (kr)	504	415	395	982	659	599
<b>Passivhus</b>	<b>På åskam</b>	Tapt energi (kWh)	14151	14887	15380	8407	8827	9113
		Virkningsgrad %	24,0	23,1	22,5	34,7	33,6	32,9
		Kulvertkostnad (kr)	64100	69329	80858	64100	69329	80858
		Driftskostnad (kr)	120	117	116	185	174	172
<b>Tek 10 hus</b>	<b>Ved kårbolig</b>	Tapt energi (kWh)	6678	6855	7040			
		Virkningsgrad %	78,6	78,2	77,7			
<b>varmtvann</b>		Kulvertkostnad (kr)	39600	41924	47048			
		Driftskostnad (kr)	364	243	215			
<b>Tek 10 hus</b>	<b>På åskam</b>	Tapt energi (kWh)	14795	15365	15820			
		Virkningsgrad %	62,4	61,5	60,9			
<b>varmtvann</b>		Kulvertkostnad (kr)	64100	69329	80858			
		Driftskostnad (kr)	636	499	467			

Minste energitap	3744 kWh
Høyeste energitap	15820 kWh
Maksimal virkningsgrad	82,7 %
Minste virkningsgrad	22,5 %
Laveste kulvertkostnad	39600 kr
Høyeste kulvertkostnad	80858 kr
Laveste driftskostnad	51,6 kr
Høyeste driftskostnad	981,9 kr

\* Tapt energi er summen av varmetap og elektrisitet brukt for å drive pumpe

\* Anleggets virkningsgrad referer bare til distribusjonsanlegget og baseres på avgitt varme i forhold til tilført energi i form av varme og elektrisitet til pumpe

\* Kulvertkostnaden er avhengig av rørdiameter og kulvertens lengde

\* Driftskostnad er estimert elektrisitetskostnad for pumpe drift ved 80øre/kWh

<b>Konstanter</b>		
Cv vann	4200	J/kg-K
Vann densitet 40 deg	992,2	kg/m <sup>3</sup>
Vann densitet 50 deg	988,0	kg/m <sup>3</sup>
Vann densitet 80 deg	971,8	kg/m <sup>3</sup>
Sekunder / time	3600	s
Vann kinematisk viskositet 40 deg	6,58E-007	m <sup>2</sup> /s
Vann kinematisk viskositet 50 deg	5,53E-007	m <sup>2</sup> /s
Vann kinematisk viskositet 80 deg	3,67E-007	m <sup>2</sup> /s
Forhold meter vannsøyle / bar	10	m/bar
Forhold Pascal / bar	1,00E+005	Pa/bar
Varmetapstall kulvert doble 15mm rør **	0,1700	W/m-K
Varmetapstall kulvert doble 20mm rør	0,1790	W/m-K
Varmetapstall kulvert doble 25mm rør	0,1850	W/m-K
Andel oppvarming dekket av anlegg	100	%
Andel av dimensjonerende effektbehov	100	%
<b>Kulvertkostnader</b>		
Grøftegraving meterpris ***	300	kr/m
Grøftegraving oppmøte ***	5000	kr
Kostnad kulvert doble 15mm rør **	140	SEK ex. Mva./m *
Kostnad kulvert doble 20mm rør	156,6	SEK ex. Mva./m *
Kostnad kulvert doble 25mm rør	193,2	SEK ex. Mva./m *
Diverse ****	20000	kr
<b>Energibehov</b>		
Tek 10 hus	18306	kWh
Passivhus	4014	kWh
Varmtvannsforbruk kårfolk	3827	kWh
Virkningsgrad varmeveksler	90	%
Tek 10 hus	20340	kWh
Passivhus	4460	kWh
Varmtvannsforbruk kårfolk	4252	kWh
<b>Åskam</b>		
Rørstrekk	315	m
Høydeforskjell	24	m
<b>Ved kårbolig</b>		
Rørstrekk	140	m
Høydeforskjell	-4,5	m
<b>Lavtemperatursystem</b>		
Turtemperatur	50	
Returtemperatur	30	
<b>Høytemperatursystem</b>		
Turtemperatur	80	
Returtemperatur	50	

\* Det antas at 1 SEK = 1 NOK

\*\* Leverandøren har ikke kulvert for 15mm rør, verdier er estimerer

\*\*\* Basert på tall levert av Trygve Stangeland entreprenør for grøfting, omgyling, lukking og transport

\*\*\*\* Her inngår kostnader ved transport og installasjon



Generelle data	
Rørstrekk	140 m
Høydeforskjell	-4,5 m
Turtemperatur	80 C
Returtemperatur	50 C
Densitet	971,8 kg/m <sup>3</sup>
Kinematisk viskositet	3,67E-007 m <sup>2</sup> /s
Plastrør absolutt ruhet	0,00E+000 m
Rørdiameter	15 mm
Kulvertisolasjon	0,1700 W/m-K
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmebehov	
Årlig totalt behov	20340 kWh
Andel av behov dekket av varmeanlegg	100%
Avgitt varme fra varmeanlegg	20340 kWh / år

Standard	TEK '10hus
Plassering	Ved kårbolig
Temperatur	Høytemperatur system

Resultater	
Dimensjonerende effektbehov 20°C inne	13,87 Kw
Maks effekt levert av varmeanlegg	13,87 Kw
Temperaturdifferenase	30 C
Transportert vannmengde	0,11 kg/s
Transportert vannmengde	396,2 kg/h
Transportert vannmengde	0,41 m <sup>3</sup> /h
Vannhastighet	0,6 m/s

Colebrook rørfriksjonstall for turbulent strømning, iterasjon					
1,00000	1,000	=	8,037	0,12	
0,12442	2,835	=	7,132	0,4	
0,04945	4,497	=	6,732	0,67	
0,03304	5,502	=	6,556	0,84	
0,02772	6,006	=	6,480	0,93	
0,02569	6,239	=	6,447	0,97	
0,02486	6,342	=	6,433	0,99	
0,02451	6,387	=	6,427	0,99	
0,02436	6,407	=	6,424	1	
0,02430	6,416	=	6,423	1	
0,02427	6,419	=	6,423	1	
0,02426	6,421	=	6,422	1	
0,02425	6,422	=	6,422	1	
0,02425	6,422	=	6,422	1	

Friksjonstap – colebrook	
Reynolds tall	26207 Turbulent
Rørfriksjonstall – Colebrook iterasjon	0,02425
Friksjonstap – colebrook	322,94 Pa/m

Friksjonstap tilnærming (for vann ved 80 grader)	
For plastrør	340,90 Pa/m

Høyeste friksjonsverdi brukes for trykktap

Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans
Pumpe utløpstrykk	3,46	1 Bar
Friksjonstap i tilførsel	0,48	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	-0,45	-0,45 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	3,44	1,45 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	2,94	1,45 Bar
Friksjonstap i retur	0,48	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0,45	0,45 Bar
Trykk ved innløp til kjel	2,01	1 Bar
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	1,51	1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1,95	0 Bar
Laveste trykk	1,51	1 Bar
Høyeste trykk	3,46	1,45 Bar

Iterasjon Pumpetrykk	Under drift	Stans
Trykk i rørstrekk		
Pumpe utløpstrykk	1	1 Bar
Friksjonstap i tilførsel	0,48	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	-0,45	-0,45 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	0,97	1,45 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	0,47	1,45 Bar
Friksjonstap i retur	0,48	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0,45	0,45 Bar
Trykk ved innløp til kjel	-0,45	1 Bar
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	-0,95	1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1,95	0 Bar
Laveste trykk	-0,95	1 Bar
Høyeste trykk	1	1,45 Bar
Nødvendig pumpetrykk	3,46	Bar

Pumpekrav	
Løftehøyde	19,5 m
Minste pumpeeffekt	0,04 Kw
Årlig energibehov pumpe	346,9 kWh
Driftskostnad gitt 79,9øre/kwh	277,2 Kr / år

Varmetap	
Jordtemperatur	4,9 C
Kulvertisolasjon	0,1700 W/m-K
Varmetap turledning	894 W
Varmetap returledning	537 W
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmetap per lengdemeter	10,22 W / lm
Årlig varmetap	6222,2 kWh

Kjel driftstid med gitt effekt og varmetap	
Kjeleffekt	13,87 kW
Driftstid per år	1915,4 T / år
Andel av år	21,9% av året
Driftstid per dag gitt likt dagsforbruk	5,2 T / dag
Energiproduksjon per dag	72,8 kWh/dag
Maksimalproduksjon	332,8 kWh/dag

System	
Tapt /brukt energi	6569,0 kWh
Avgitt energi	20340 kWh
Tilført energi	26909,0 kWh
Systemvirkningsgrad	75,59%

Kulvertkostnader	
Kulvert meterpris	140 kr/m
Diverse	20000 kr
Kulvert kostnad	39600 kr
Grøftegraving meterpris	300 kr/m
Grøftegraving oppmøte	1667 kr
Grøftekostnad	43667 kr
Tilkoblingskostnad	83267 kr

Grøftegraving taes ikke med i sammenligning, grøft må graves uansett ved nybygg

Generelle data	
Rørstrekk	140 m
Høydeforskjell	-4,5 m
Turtemperatur	80 C
Returtemperatur	50 C
Densitet	971,8 kg/m <sup>3</sup>
Kinematisk viskositet	3,67E-007 m <sup>2</sup> /s
Plastrør absolutt ruhet	0,00E+000 m
Rørdiameter	20 mm
Kulvertisolasjon	0,1790 W/m-K
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmebehov	
Årlig totalt behov	20340 kWh
Andel av behov dekket av varmeanlegg	100 %
Avgitt varme fra varmeanlegg	20340 kWh / år

Standard	TEK '10hus
Plassering	Ved kårbolig
Temperatur	Høytemperatur system

Resultater	
Dimensjonerende effektbehov 20°C inne	13,87 Kw
Maks effekt levert av varmeanlegg	13,87 Kw
Temperaturdifferanse	30 C
Transportert vannmengde	0,11 kg/s
Transportert vannmengde	396,21 kg/h
Transportert vannmengde	0,4077 m <sup>3</sup> /h
Vannhastighet	0,4 m/s

Colebrook rørfriksjonstall for turbulent strømning, iterasjon				
1,00000	1,000	=	7,788	0,13
0,12841	2,791	=	6,896	0,4
0,05196	4,387	=	6,503	0,67
0,03505	5,341	=	6,332	0,84
0,02957	5,816	=	6,258	0,93
0,02747	6,033	=	6,227	0,97
0,02662	6,129	=	6,213	0,99
0,02626	6,171	=	6,207	0,99
0,02611	6,189	=	6,204	1
0,02604	6,197	=	6,203	1
0,02601	6,200	=	6,203	1
0,02600	6,201	=	6,203	1
0,02600	6,202	=	6,203	1
0,02600	6,202	=	6,203	1

Friksjonstap – colebrook	
Reynolds tall	19655 Turbulent
Rørfriksjonstall – Colebrook iterasjon	0,02600
Friksjonstap – colebrook	82,16 Pa/m

Friksjonstap tilnærming (for vann ved 80 grader)	
For plastrør	89,66 Pa/m

Høyeste friksjonsverdi brukes for trykktap

Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans	
Pumpe utløpstrykk	2,76		1 Bar
Friksjonstap i tilførsel	0,13		0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	-0,45	-0,45	Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	3,09	1,45	Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5		0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	2,59	1,45	Bar
Friksjonstap i retur	0,13		0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0,45	0,45	Bar
Trykk ved innløp til kjel	2,01	1	Bar
Trykktap i kjel	0,5		0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	1,51	1	Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1,25		0 Bar
Laveste trykk	1,51		1 Bar
Høyeste trykk	3,09	1,45	Bar

Pumpekrav	
Løftehøyde	12,5 m
Minste pumpeeffekt	0,03 Kw
Årlig energibehov pumpe	247,9 kWh
Driftskostnad gitt 79,9øre/kwh	198,1 Kr / år

Varmetap	
Jordtemperatur	4,9 C
Kulvertisolasjon	0,1790 W/m-K
Varmetap turledning	941 W
Varmetap returledning	565 W
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmetap per lengdemeter	10,76 W / lm
Årlig varmetap	6551,6 kWh

System	
Tapt /brukt energi	6799,4 kWh
Avgitt energi	20340 kWh
Tilført energi	27139 kWh
Systemvirkningsgrad	74,95 %

Kulvertkostnader	
Kulvert meterpris	156,6 kr/m
Diverse	20000 kr
Kulvert kostnad	41924 kr
Grøftegraving meterpris	300 kr/m
Grøftegraving oppmøte	1667 kr
Grøftkostnad	43667 kr
Tilkoblingskostnad	85591 kr

Grøftegraving taes ikke med i sammenligning, grøft må graves uansett ved nybygg

Iterasjon Pumpetrykk			
Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans	
Pumpe utløpstrykk	1		1 Bar
Friksjonstap i tilførsel	0,13		0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	-0,45	-0,45	Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	1,32	1,45	Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5		0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	0,82	1,45	Bar
Friksjonstap i retur	0,13		0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0,45	0,45	Bar
Trykk ved innløp til kjel	0,25	1	Bar
Trykktap i kjel	0,5		0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	-0,25		1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1,25		0 Bar
Laveste trykk	-0,25		1 Bar
Høyeste trykk	1,32	1,45	Bar
Nødvendig pumpetrykk	2,76		Bar

Kjel driftstid med gitt effekt og varmetap	
Kjeleffekt	13,87 kW
Driftstid per år	1939,2 T / år
Andel av år	22,1 % av året
Driftstid per dag gitt likt dagsforbruk	5,3 T / dag
Energiproduksjon per dag	73,7 kWh/dag
Maksimalproduksjon	332,8 kWh/dag

Generelle data	
Rørstrekk	140 m
Høydeforskjell	-4,5 m
Turtemperatur	80 °C
Returtemperatur	50 °C
Densitet	971,8 kg/m <sup>3</sup>
Kinematisk viskositet	3,67E-007 m <sup>2</sup> /s
Plastrør absolutt ruhet	0,00E+000 m
Rørdiameter	25 mm
Kulvertisolasjon	0,1850 W/m-K
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmebehov	
Årlig totalt behov	20340 kWh
Andel av behov dekket av varmeanlegg	100 %
Avgitt varme fra varmeanlegg	20340 kWh / år

Standard	TEK 10hus
Plassering	Ved kår bolig
Temperatur	Høytemperatur system

Resultater	
Dimensjonerende effektbehov 20°C inne	13,87 Kw
Maks effekt levert av varmeanlegg	13,87 Kw
Temperaturdifferanse	30 °C
Transportert vannmengde	0,11 kg/s
Transportert vannmengde	396,2 kg/h
Transportert vannmengde	0,41 m <sup>3</sup> /h
Vannhastighet	0,2 m/s

Colebrook rørfriksjonstall for turbulent strømning, iterasjon				
1,00000	1,000	=	7,594	0,13
0,13169	2,756	=	6,713	0,41
0,05405	4,301	=	6,327	0,68
0,03675	5,216	=	6,159	0,85
0,03112	5,668	=	6,087	0,93
0,02898	5,874	=	6,056	0,97
0,02811	5,964	=	6,043	0,99
0,02775	6,003	=	6,037	0,99
0,02759	6,020	=	6,035	1
0,02753	6,027	=	6,034	1
0,02750	6,030	=	6,033	1
0,02749	6,032	=	6,033	1
0,02748	6,032	=	6,033	1
0,02748	6,033	=	6,033	1

Friksjonstap – colebrook	
Reynolds tall	15724 Turbulent
Rørfriksjonstall – Colebrook iterasjon	0,02748
Friksjonstap – colebrook	28,46 Pa/m

Friksjonstap tilnærming (for vann ved 80 grader)	
For plastrør	31,82 Pa/m

Høyeste friksjonsverdi brukes for trykktpap

Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans
Pumpe utløpstrykk	2,6	1 Bar
Friksjonstap i tilførsel	0,04	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	-0,45	-0,45 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	3	1,45 Bar
Trykktpap i varmeveksler	0,5	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	2,5	1,45 Bar
Friksjonstap i retur	0,04	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0,45	0,45 Bar
Trykk ved innløp til kjel	2,01	1 Bar
Trykktpap i kjel	0,5	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	1,51	1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1,09	0 Bar
Laveste trykk	1,51	1 Bar
Høyeste trykk	3	1,45 Bar

Pumpekrav	
Løftehøyde	10,9 m
Minste pumpeeffekt	0,03 Kw
Årlig energibehov pumpe	225,1 kWh
Driftskostnad gitt 79,9øre/kWh	179,8 Kr / år

Varmetap	
Jordtemperatur	4,9 °C
Kulvertisolasjon	0,1850 W/m-K
Varmetap turledning	973 W
Varmetap returledning	584 W
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmetap per lengdemeter	11,12 W / lm
Årlig varmetap	6771,2 kWh

System	
Tapt /brukt energi	6996,2 kWh
Avgitt energi	20340 kWh
Tilført energi	27336,2 kWh
Systemvirkningsgrad	74,41 %

Kulvertkostnader	
Kulvert meterpris	193,2 kr/m
Diverse	20000 kr
Kulvert kostnad	47048 kr
Grøftegraving meterpris	300 kr/m
Grøftegraving oppmåte	1667 kr
Grøftekostnad	43667 kr
Tilkoblingskostnad	90715 kr

Grøftegraving taes ikke med i sammenligning, grøft må graves uansett ved nybygg

Iterasjon Pumpetrykk		
Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans
Pumpe utløpstrykk	1	1 Bar
Friksjonstap i tilførsel	0,04	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	-0,45	-0,45 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	1,41	1,45 Bar
Trykktpap i varmeveksler	0,5	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	0,91	1,45 Bar
Friksjonstap i retur	0,04	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0,45	0,45 Bar
Trykk ved innløp til kjel	0,41	1 Bar
Trykktpap i kjel	0,5	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	-0,09	1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1,09	0 Bar
Laveste trykk	-0,09	1 Bar
Høyeste trykk	1,41	1,45 Bar
Nødvendig pumpetrykk	2,6	Bar

Kjel driftstid med gitt effekt og varmetap	
Kjeleffekt	13,87 kW
Driftstid per år	1955,0 T / år
Andel av år	22,3 % av året
Driftstid per dag gitt likt dagsforbruk	5,4 T / dag
Energiproduksjon per dag	74,3 kWh/dag
Maksimalproduksjon	332,8 kWh/dag

Generelle data	
Rørstrekk	140 m
Høydeforskjell	-4,5 m
Turtemperatur	50 C
Returtemperatur	30 C
Densitet	988 kg/m <sup>3</sup>
Kinematisk viskositet	5,53E-007 m <sup>2</sup> /s
Plastrør absolutt ruhet	0,00E+000 m
Rørdiameter	15 mm
Kulvertisolasjon	0,1700 W/m-K
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmebehov	
Årlig totalt behov	20340 kWh
Andel av behov dekket av varmeanlegg	100 %
Avgitt varme fra varmeanlegg	20340 kWh / år

<b>Standard</b>	<b>TEK '10hus</b>
<b>Plassering</b>	<b>Ved kårbolig</b>
<b>Temperatur</b>	<b>Lavtemperatur system</b>

Resultater	
Dimensjonerende effektbehov 20°C inne	13,87 Kw
Maks effekt levert av varmeanlegg	13,87 Kw
Temperaturdifferanse	20 C
Transportert vannmengde	0,17 kg/s
Transportert vannmengde	594,3 kg/h
Transportert vannmengde	0,6 m <sup>3</sup> /h
Vannhastighet	0,9 m/s

Frikjonstap – colebrook	
Reynolds tall	25661 <b>Turbulent</b>
Rørfrikjonstall – Colebrook iterasjon	0,02437
Frikjonstap – colebrook	718,29 Pa/m

Frikjonstap tilnærming (for vann ved 80 grader)	
For plastrør	680,96 Pa/m

Høyeste frikjonsverdi brukes for trykktpap

Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans
Pumpe utløpstrykk	4,47	1 Bar
Frikjonstap i tilførsel	1,01	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	-0,45	-0,45 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	3,91	1,45 Bar
Trykktpap i varmeveksler	0,5	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	3,41	1,45 Bar
Frikjonstap i retur	1,01	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0,45	0,45 Bar
Trykk ved innløp til kjel	1,96	1 Bar
Trykktpap i kjel	0,5	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	1,46	1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	3,01	0 Bar
Laveste trykk	For lavt trykk	1 Bar
Høyeste trykk	4,47	1,45 Bar

Pumpekrav	
Løftehøyde	30,1 m
Minste pumpeeffekt	0,08 Kw
Årlig energibehov pumpe	720,4 kWh
Driftskostnad gitt 79,9øre/kwh	575,6 Kr / år

Varmetap	
Jordtemperatur	4,9 C
Kulvertisolasjon	0,1700 W/m-K
Varmetap turledning	537 W
Varmetap returledning	299 W
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmetap per lengdemeter	5,97 W / lm
Årlig varmetap	3633,9 kWh

System	
Tapt /brukt energi	4354,3 kWh
Avgitt energi	20340 kWh
Tilført energi	24694,3 kWh
Systemvirkningsgrad	82,37 %

Kulvertkostnader	
Kulvert meterpris	140 kr/m
Diverse	20000 kr
Kulvert kostnad	39600 kr
Grøftegraving meterpris	300 kr/m
Grøftegraving oppmøte	1667 kr
Grøftekostnad	43667 kr
Tilkoblingskostnad	83267 kr

Grøftegraving taes ikke med i sammenligning, grøft må graves uansett ved nybygg

Colebrook rørfrikjonstall for turbulent strømning, iterasjon				
1,00000	1,000	=	8,019	0,12
0,12470	2,832	=	7,115	0,4
0,04963	4,489	=	6,715	0,67
0,03318	5,490	=	6,540	0,84
0,02785	5,992	=	6,464	0,93
0,02582	6,224	=	6,431	0,97
0,02498	6,327	=	6,417	0,99
0,02463	6,372	=	6,411	0,99
0,02448	6,391	=	6,408	1
0,02442	6,400	=	6,407	1
0,02439	6,403	=	6,406	1
0,02438	6,405	=	6,406	1
0,02437	6,405	=	6,406	1
0,02437	6,406	=	6,406	1

Iterasjon Pumpetrykk		
Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans
Pumpe utløpstrykk	1	1 Bar
Frikjonstap i tilførsel	0,95	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	-0,45	-0,45 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	0,5	1,45 Bar
Trykktpap i varmeveksler	0,5	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	0	1,45 Bar
Frikjonstap i retur	1,01	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0,45	0,45 Bar
Trykk ved innløp til kjel	-1,46	1 Bar
Trykktpap i kjel	0,5	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	-1,96	1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	2,96	0 Bar
Laveste trykk	-1,96	1 Bar
Høyeste trykk	1,01	1,45 Bar
Nødvendig pumpetrykk	4,47	Bar

Kjel driftstid med gitt effekt og varmetap	
Kjeleffekt	13,87 kW
Driftstid per år	1728,8 T / år
Andel av år	19,7 % av året
Driftstid per dag gitt likt dagsforbruk	4,7 T / dag
Energiproduksjon per dag	65,7 kWh/dag
Maksimalproduksjon	332,8 kWh/dag

Generelle data	
Rørstrekk	140 m
Høydeforskjell	-4,5 m
Turtemperatur	50 C
Returtemperatur	30 C
Densitet	988 kg/m <sup>3</sup>
Kinematisk viskositet	5,53E-007 m <sup>2</sup> /s
Plastrør absolutt ruhet	0,00E+000 m
Rørdiameter	20 mm
Kulvertisolasjon	0,1790 W/m-K
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmebehov	
Årlig totalt behov	20340 kWh
Andel av behov dekket av varmeanlegg	100 %
Avgitt varme fra varmeanlegg	20340 kWh / år

Standard	TEK '10hus
Plassering	Ved kårbolig
Temperatur	Lavtemperatur system

Resultater	
Dimensjonerende effektbehov 20°C inne	13,87 Kw
Maks effekt levert av varmeanlegg	13,87 Kw
Temperaturdifferenase	20 C
Transportert vannmengde	0,17 kg/s
Transportert vannmengde	594,3 kg/h
Transportert vannmengde	0,6 m <sup>3</sup> /h
Vannhastighet	0,5 m/s

Friksjonstap – colebrook	
Reynolds tall	19246 Turbulent
Rørfriksjonstall – Colebrook iterasjon	0,02613
Friksjonstap – colebrook	182,77 Pa/m

Friksjonstap tilnærming (for vann ved 80 grader)	
For plastrør	179,11 Pa/m

Høyeste friksjonsverdi brukes for trykktap

Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans
Pumpe utløpstrykk	3,02	1 Bar
Friksjonstap i tilførsel	0,26	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	-0,45	-0,45 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	3,21	1,45 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	2,71	1,45 Bar
Friksjonstap i retur	0,26	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0,45	0,45 Bar
Trykk ved innløp til kjel	2	1 Bar
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	1,5	1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1,51	0 Bar
Laveste trykk	1,5	1 Bar
Høyeste trykk	3,21	1,45 Bar

Pumpekrav	
Løftehøyde	15,1 m
Minste pumpeeffekt	0,05 Kw
Årlig energibehov pumpe	418,8 kWh
Driftskostnad gitt 79,9øre/kwh	334,6 Kr / år

Varmetap	
Jordtemperatur	4,9 C
Kulvertisolasjon	0,1790 W/m-K
Varmetap turledning	565 W
Varmetap returledning	315 W
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmetap per lengdemeter	6,28 W / lm
Årlig varmetap	3826,3 kWh

System	
Tapt /brukt energi	4245,1 kWh
Avgitt energi	20340 kWh
Tilført energi	24585 kWh
Systemvirkningsgrad	82,73 %

Kulvertkostnader	
Kulvert meterpris	156,6 kr/m
Diverse	20000 kr
Kulvert kostnad	41924 kr
Grøftegraving meterpris	300 kr/m
Grøftegraving oppmøte	1667 kr
Grøftkostnad	43667 kr
Tilkoblingskostnad	85591 kr

Grøftegraving taes ikke med i sammenligning, grøft må graves uansett ved nybygg

Colebrook rørfriksjonstall for turbulent strømning, iterasjon				
1,00000	1,000	=	7,769	0,13
0,12871	2,787	=	6,879	0,41
0,05215	4,379	=	6,487	0,68
0,03521	5,330	=	6,316	0,84
0,02971	5,802	=	6,242	0,93
0,02761	6,018	=	6,210	0,97
0,02676	6,113	=	6,197	0,99
0,02640	6,155	=	6,191	0,99
0,02624	6,173	=	6,188	1
0,02618	6,181	=	6,187	1
0,02615	6,184	=	6,187	1
0,02614	6,185	=	6,187	1
0,02613	6,186	=	6,187	1
0,02613	6,186	=	6,186	1

Iterasjon Pumpetrykk			
Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans	
Pumpe utløpstrykk	7	1 Bar	
Friksjonstap i tilførsel	0,25	0 Bar	
Høydeforskjell i rørstrekk	-0,45	-0,45 Bar	
Trykk ved innløp til varmeveksler	1,2	1,45 Bar	
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar	
Trykk ved utløp av varmeveksler	0,7	1,45 Bar	
Friksjonstap i retur	0,26	0 Bar	
Høydeforskjell i rørstrekk	0,45	0,45 Bar	
Trykk ved innløp til kjel	-0,01	1 Bar	
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar	
Trykk i innløp til pumpe	-0,51	1 Bar	
Trykkdifferanse over pumpe	1,51	0 Bar	
Laveste trykk	-0,51	1 Bar	
Høyeste trykk	1,2	1,45 Bar	
Nødvendig pumpetrykk	3,02	Bar	

Kjel driftstid med gitt effekt og varmetap	
Kjeleffekt	13,87 kW
Driftstid per år	1742,7 T / år
Andel av år	19,9 % av året
Driftstid per dag gitt likt dagsforbruk	4,8 T / dag
Energiproduksjon per dag	66,2 kWh/dag
Maksimalproduksjon	332,8 kWh/dag

Generelle data	
Rørstrekk	140 m
Høydeforskjell	-4,5 m
Turtemperatur	50 C
Returtemperatur	30 C
Densitet	988 kg/m <sup>3</sup>
Kinematisk viskositet	5,53E-007 m <sup>2</sup> /s
Plastrør absolutt ruhet	0,00E+000 m
Rørdiameter	25 mm
Kulvertisolasjon	0,1850 W/m-K
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmebehov	
Årlig totalt behov	20340 kWh
Andel av behov dekket av varmeanlegg	100 %
Avgitt varme fra varmeanlegg	20340 kWh / år

Standard	TEK '10hus
Plassering	Ved kårbolig
Temperatur	Lavtemperatur system

Resultater	
Dimensjonerende effektbehov 20°C inne	13,87 Kw
Maks effekt levert av varmeanlegg	13,87 Kw
Temperaturdifferanse	20 C
Transportert vannmengde	0,17 kg/s
Transportert vannmengde	594,3 kg/h
Transportert vannmengde	0,6 m <sup>3</sup> /h
Vannhastighet	0,3 m/s

Friksjonstap – colebrook	
Reynolds tall	15397 Turbulent
Rørfriksjonstall – Colebrook iterasjon	0,02762
Friksjonstap – colebrook	63,31 Pa/m

Friksjonstap tilnærming (for vann ved 80 grader)	
For plastrør	63,57 Pa/m
Høyeste friksjonsverdi brukes for trykktap	

Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans
Pumpe utløpstrykk	2,69	1 Bar
Friksjonstap i tilførsel	0,09	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	-0,45	-0,45 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	3,05	1,45 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	2,55	1,45 Bar
Friksjonstap i retur	0,09	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0,45	0,45 Bar
Trykk ved innløp til kjel	2,01	1 Bar
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	1,51	1 Bar
Trykktap i innløp til pumpe	1,18	0 Bar
Laveste trykk	1,51	1 Bar
Høyeste trykk	3,05	1,45 Bar

Pumpekrav	
Løftehøyde	11,8 m
Minste pumpeeffekt	0,04 Kw
Årlig energibehov pumpe	350,5 kWh
Driftskostnad gitt 79,9øre/kwh	280,1 Kr / år

Varmetap	
Jordtemperatur	4,9 C
Kulvertisolasjon	0,1850 W/m-K
Varmetap turledning	584 W
Varmetap returledning	325 W
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmetap per lengdemeter	6,49 W / lm
Årlig varmetap	3954,5 kWh

System	
Tapt /brukt energi	4305,1 kWh
Avgitt energi	20340 kWh
Tilført energi	24645,1 kWh
Systemvirkningsgrad	82,53 %

Kulvertkostnader	
Kulvert meterpris	193,2 kr/m
Diverse	20000 kr
Kulvert kostnad	47048 kr
Grøftegraving meterpris	300 kr/m
Grøftegraving oppmøte	1667 kr
Grøftekostnad	43667 kr
Tilkoblingskostnad	90715 kr

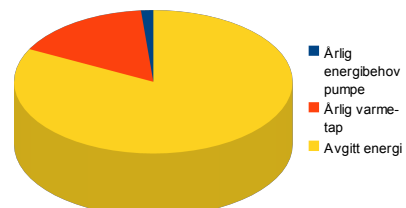
Grøftegraving taes ikke med i sammenligning, grøft må graves uansett ved nybygg

Colebrook rørfriksjonstall for turbulent strømning, iterasjon				
1,00000	1,000	=	7,575	0,13
0,13200	2,752	=	6,696	0,41
0,05426	4,293	=	6,310	0,68
0,03692	5,205	=	6,143	0,85
0,03128	5,654	=	6,071	0,93
0,02913	5,859	=	6,040	0,97
0,02826	5,949	=	6,027	0,99
0,02789	5,988	=	6,021	0,99
0,02774	6,004	=	6,019	1
0,02767	6,011	=	6,018	1
0,02764	6,014	=	6,017	1
0,02763	6,016	=	6,017	1
0,02763	6,016	=	6,017	1
0,02762	6,017	=	6,017	1

Iterasjon Pumpetrykk		
Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans
Pumpe utløpstrykk	1	1 Bar
Friksjonstap i tilførsel	0,09	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	-0,45	-0,45 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	1,36	1,45 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	0,86	1,45 Bar
Friksjonstap i retur	0,09	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0,45	0,45 Bar
Trykk ved innløp til kjel	0,32	1 Bar
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	-0,18	1 Bar
Trykktap i innløp til pumpe	1,18	0 Bar
Laveste trykk	-0,18	1 Bar
Høyeste trykk	1,36	1,45 Bar
Nødvendig pumpetrykk	2,69	Bar

Kjel driftstid med gitt effekt og varmetap	
Kjelleffekt	13,87 kW
Driftstid per år	1751,9 T / år
Andel av år	20,0 % av året
Driftstid per dag gitt likt dagsforbruk	4,8 T / dag
Energiproduksjon per dag	66,6 kWh/dag
Maksimalproduksjon	332,8 kWh/dag

Fordeling av energi i kulvertanlegg



Generelle data	
Rørstrekk	140 m
Høydeforskjell	-4,5 m
Turtemperatur	80 C
Returtemperatur	50 C
Densitet	971,8 kg/m <sup>3</sup>
Kinematisk viskositet	3,67E-007 m <sup>2</sup> /s
Plastrør absolutt ruhet	0,00E+000 m
Rørdiameter	15 mm
Kulvertisolasjon	0,1700 W/m-K
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmebehov	
Årlig totalt behov	4460 kWh
Andel av behov dekket av varmeanlegg	100 %
Avgitt varme fra varmeanlegg	4460 kWh / år

Standard	Passivhus
Plassering	Ved kårbolig
Temperatur	Høytemperatur system

Resultater	
Dimensjonerende effektbehov 20°C inne	4,18 Kw
Maks effekt levert av varmeanlegg	4,18 Kw
Temperaturdifferanse	30 C
Transportert vannmengde	0,03 kg/s
Transportert vannmengde	119,5 kg/h
Transportert vannmengde	0,12 m <sup>3</sup> /h
Vannhastighet	0,2 m/s

Colebrook rørfriksjonstall for turbulent strømning, iterasjon				
1,00000	1,000	=	6,997	0,14
0,14292	2,645	=	6,152	0,43
0,06145	4,034	=	5,785	0,7
0,04285	4,831	=	5,629	0,86
0,03678	5,215	=	5,562	0,94
0,03448	5,386	=	5,534	0,97
0,03355	5,459	=	5,522	0,99
0,03317	5,491	=	5,517	1
0,03301	5,504	=	5,515	1
0,03294	5,510	=	5,514	1
0,03291	5,512	=	5,514	1
0,03290	5,513	=	5,514	1
0,03290	5,514	=	5,514	1
0,03289	5,514	=	5,514	1

Friksjonstap – colebrook	
Reynolds tall	7907 Transient
Rørfriksjonstall – Colebrook iterasjon	0,00000
Friksjonstap – colebrook	0 Pa/m

Friksjonstap tilnærming (for vann ved 80 grader)	
For plastrør	44,11 Pa/m

Høyeste friksjonsverdi brukes for trykktap

Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans
Pumpe utløpstrykk	2,63	1 Bar
Friksjonstap i tilførsel	0,06	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	-0,45	-0,45 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	3,02	1,45 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	2,52	1,45 Bar
Friksjonstap i retur	0,06	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0,45	0,45 Bar
Trykk ved innløp til kjel	2,01	1 Bar
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	1,51	1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1,12	0 Bar
Laveste trykk	1,51	1 Bar
Høyeste trykk	3,02	1,45 Bar

Pumpekrav	
Løftehøyde	11,2 m
Minste pumpeeffekt	0,01 Kw
Årlig energibehov pumpe	69,4 kWh
Driftskostnad gitt 79,9øre/kwh	55,4 Kr / år

Varmetap	
Jordtemperatur	4,9 C
Kulvertisolasjon	0,1700 W/m-K
Varmetap turledning	894 W
Varmetap returledning	537 W
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmetap per lengdemeter	10,22 W / lm
Årlig varmetap	6222,2 kWh

System	
Tapt /brukt energi	6291,5 kWh
Avgitt energi	4460 kWh
Tilført energi	10751,5 kWh
Systemvirkningsgrad	41,48 %

Kulvertkostnader	
Kulvert meterpris	140 kr/m
Diverse	20000 kr
Kulvert kostnad	39600 kr
Grøftegraving meterpris	300 kr/m
Grøftegraving oppmøte	1667 kr
Grøftekostnad	43667 kr
Tilkoblingskostnad	83267 kr

Grøftegraving taes ikke med i sammenligning, grøft må graves uansett ved nybygg

Iterasjon Pumpetrykk		
Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans
Pumpe utløpstrykk	1	1 Bar
Friksjonstap i tilførsel	0,06	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	-0,45	-0,45 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	1,39	1,45 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	0,89	1,45 Bar
Friksjonstap i retur	0,06	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0,45	0,45 Bar
Trykk ved innløp til kjel	0,38	1 Bar
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	-0,12	1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1,12	0 Bar
Laveste trykk	-0,12	1 Bar
Høyeste trykk	1,39	1,45 Bar
Nødvendig pumpetrykk	2,63	Bar

Kjel driftstid med gitt effekt og varmetap	
Kjeleffekt	4,18 kW
Driftstid per år	2553,0 T / år
Andel av år	29,1 % av året
Driftstid per dag gitt likt dagsforbruk	7,0 T / dag
Energiproduksjon per dag	29,3 kWh/dag
Maksimalproduksjon	100,4 kWh/dag

Generelle data	
Rørstrekk	140 m
Høydeforskjell	-4,5 m
Turtemperatur	80 C
Returtemperatur	50 C
Densitet	971,8 kg/m <sup>3</sup>
Kinematisk viskositet	3,67E-007 m <sup>2</sup> /s
Plastrør absolutt ruhet	0,00E+000 m
Rørdiameter	20 mm
Kulvertisolasjon	0,1790 W/m-K
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmebehov	
Årlig totalt behov	4460 kWh
Andel av behov dekket av varmeanlegg	100 %
Avgitt varme fra varmeanlegg	4460 kWh / år

<b>Standard</b>	<b>Passivhus</b>
<b>Plassering</b>	<b>Ved kårbolig</b>
<b>Temperatur</b>	<b>Høytemperatur system</b>

Resultater	
Dimensjonerende effektbehov 20°C inne	4,18 Kw
Maks effekt levert av varmeanlegg	4,18 Kw
Temperaturdifferanse	30 C
Transportert vannmengde	0,03 kg/s
Transportert vannmengde	119,5 kg/h
Transportert vannmengde	0,12 m <sup>3</sup> /h
Vannhastighet	0,1 m/s

Frikjonstap – colebrook	
Reynolds tall	5931 <b>Transient</b>
Rørfrikjonstall – Colebrook iterasjon	0,00000
Frikjonstap – colebrook	0 Pa/m

Frikjonstap tilnærming (for vann ved 80 grader)	
For plastrør	11,60 Pa/m
Høyeste frikjonsverdi brukes for trykktap	

Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans
Pumpe utløpstrykk	2,54	1 Bar
Frikjonstap i tilførsel	0,02	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	-0,45	-0,45 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	2,98	1,45 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	2,48	1,45 Bar
Frikjonstap i retur	0,02	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0,45	0,45 Bar
Trykk ved innløp til kjel	2,01	1 Bar
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	1,51	1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1,03	0 Bar
Laveste trykk	1,51	1 Bar
Høyeste trykk	2,98	1,45 Bar

Pumpekrav	
Løftehøyde	10,3 m
Minste pumpeeffekt	0,01 Kw
Årlig energibehov pumpe	65,5 kWh
Driftskostnad gitt 79,9øre/kwh	52,3 Kr / år

Varmetap	
Jordtemperatur	4,9 C
Kulvertisolasjon	0,1790 W/m-K
Varmetap turledning	941 W
Varmetap returledning	565 W
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmetap per lengdemeter	10,76 W / lm
Årlig varmetap	6551,6 kWh

System	
Tapt /brukt energi	6617,1 kWh
Avgitt energi	4460 kWh
Tilført energi	11077,1 kWh
Systemvirkningsgrad	40,26 %

Kulvertkostnader	
Kulvert meterpris	156,6 kr/m
Diverse	20000 kr
Kulvert kostnad	41924 kr
Grøftegraving meterpris	300 kr/m
Grøftegraving oppmøte	1667 kr
Grøftkostnad	43667 kr
Tilkoblingskostnad	85591 kr

Grøftegraving taes ikke med i sammenligning, grøft må graves uansett ved nybygg

Colebrook rørfrikjonstall for turbulent strømning, iterasjon					
1,00000	1,000	=	6,747	0,15	
0,14822	2,597	=	5,918	0,44	
0,06506	3,921	=	5,560	0,71	
0,04587	4,669	=	5,408	0,86	
0,03960	5,025	=	5,345	0,94	
0,03723	5,182	=	5,318	0,97	
0,03629	5,250	=	5,307	0,99	
0,03590	5,278	=	5,302	1	
0,03574	5,290	=	5,300	1	
0,03567	5,295	=	5,299	1	
0,03564	5,297	=	5,299	1	
0,03563	5,298	=	5,299	1	
0,03562	5,298	=	5,299	1	
0,03562	5,298	=	5,299	1	

Iterasjon Pumpetrykk		
Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans
Pumpe utløpstrykk	1	1 Bar
Frikjonstap i tilførsel	0,02	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	-0,45	-0,45 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	1,43	1,45 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	0,93	1,45 Bar
Frikjonstap i retur	0,02	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0,45	0,45 Bar
Trykk ved innløp til kjel	0,47	1 Bar
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	-0,03	1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1,03	0 Bar
Laveste trykk	-0,03	1 Bar
Høyeste trykk	1,43	1,45 Bar
Nødvendig pumpetrykk	2,54	Bar

Kjel driftstid med gitt effekt og varmetap	
Kjeleffekt	4,18 kW
Driftstid per år	2631,7 T / år
Andel av år	30,0 % av året
Driftstid per dag gitt likt dagsforbruk	7,2 T / dag
Energiproduksjon per dag	30,2 kWh/dag
Maksimalproduksjon	100,4 kWh/dag



Generelle data	
Rørstrekk	140 m
Høydeforskjell	-4,5 m
Turtemperatur	80 °C
Returtemperatur	50 °C
Densitet	971,8 kg/m <sup>3</sup>
Kinematisk viskositet	3,67E-007 m <sup>2</sup> /s
Plastrør absolutt ruhet	0,00E+000 m
Rørdiameter	25 mm
Kulvertisolasjon	0,1850 W/m-K
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmebehov	
Årlig totalt behov	4460 kWh
Andel av behov dekket av varmeanlegg	100 %
Avgitt varme fra varmeanlegg	4460 kWh / år

Standard	Passivhus
Plassering	Ved kår bolig
Temperatur	Høytemperatur system

Resultater	
Dimensjonerende effektbehov 20°C inne	4,18 Kw
Maks effekt levert av varmeanlegg	4,18 Kw
Temperaturdifferanse	30 °C
Transportert vannmengde	0,03 kg/s
Transportert vannmengde	119,5 kg/h
Transportert vannmengde	0,12 m <sup>3</sup> /h
Vannhastighet	0,1 m/s

Frikjonstap – colebrook	
Reynolds tall	4744 <b>Transient</b>
Rørfrikjonstall – Colebrook iterasjon	0,00000
Frikjonstap – colebrook	0 Pa/m

Frikjonstap tilnærming (for vann ved 80 grader)	
For plastrør	4,12 Pa/m
Høyeste frikjonsverdi brukes for trykktap	

Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans
Pumpe utløpstrykk	2,52	1 Bar
Frikjonstap i tilførsel	0,01	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	-0,45	-0,45 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	2,97	1,45 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	2,47	1,45 Bar
Frikjonstap i retur	0,01	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0,45	0,45 Bar
Trykk ved innløp til kjel	2,01	1 Bar
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	1,51	1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1,01	0 Bar
Laveste trykk	1,51	1 Bar
Høyeste trykk	2,97	1,45 Bar

Pumpekrav	
Løftehøyde	10,1 m
Minste pumpeeffekt	0,01 Kw
Årlig energibehov pumpe	64,6 kWh
Driftskostnad gitt 79,9øre/kwh	51,6 Kr / år

Varmetap	
Jordtemperatur	4,9 °C
Kulvertisolasjon	0,1850 W/m-K
Varmetap turledning	973 W
Varmetap returledning	584 W
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmetap per lengdemeter	11,12 W / lm
Årlig varmetap	6771,2 kWh

System	
Tapt /brukt energi	6835,8 kWh
Avgitt energi	4460 kWh
Tilført energi	11295,8 kWh
Systemvirkningsgrad	39,48 %

Kulvertkostnader	
Kulvert meterpris	193,2 kr/m
Diverse	20000 kr
Kulvert kostnad	47048 kr
Grøftegraving meterpris	300 kr/m
Grøftegraving oppmøte	1667 kr
Grøftekostnad	43667 kr
Tilkoblingskostnad	90715 kr

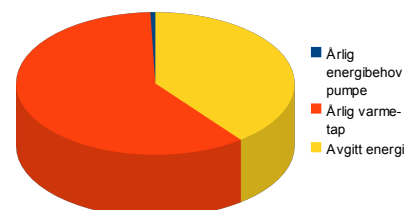
Grøftegraving taes ikke med i sammenligning, grøft må graves uansett ved nybygg

Colebrook rørfrikjonstall for turbulent strømning, iterasjon				
1,00000	1,000	=	6,553	0,15
0,15260	2,560	=	5,737	0,45
0,06810	3,832	=	5,386	0,71
0,04845	4,543	=	5,238	0,87
0,04202	4,878	=	5,176	0,94
0,03960	5,025	=	5,151	0,98
0,03863	5,088	=	5,140	0,99
0,03824	5,114	=	5,136	1
0,03808	5,125	=	5,134	1
0,03801	5,129	=	5,133	1
0,03798	5,131	=	5,133	1
0,03797	5,132	=	5,132	1
0,03797	5,132	=	5,132	1
0,03796	5,132	=	5,132	1

Iterasjon Pumpetrykk		
Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans
Pumpe utløpstrykk	1	1 Bar
Frikjonstap i tilførsel	0,01	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	-0,45	-0,45 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	1,44	1,45 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	0,94	1,45 Bar
Frikjonstap i retur	0,01	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0,45	0,45 Bar
Trykk ved innløp til kjel	0,49	1 Bar
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	-0,01	1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1,01	0 Bar
Laveste trykk	-0,01	1 Bar
Høyeste trykk	1,44	1,45 Bar
Nødvendig pumpetrykk	2,52	Bar

Kjel driftstid med gitt effekt og varmetap	
Kjeleffekt	4,18 kW
Driftstid per år	2684,2 T / år
Andel av år	30,6 % av året
Driftstid per dag gitt likt dagsforbruk	7,4 T / dag
Energiproduksjon per dag	30,8 kWh/dag
Maksimalproduksjon	100,4 kWh/dag

Fordeling av energi i kulvertanlegg



Generelle data	
Rørstrekk	140 m
Høydeforskjell	-4,5 m
Turtemperatur	50 C
Returtemperatur	30 C
Densitet	988 kg/m <sup>3</sup>
Kinematisk viskositet	5,53E-007 m <sup>2</sup> /s
Plastrør absolutt ruhet	0,00E+000 m
Rørdiameter	15 mm
Kulvertisolasjon	0,1700 W/m-K
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmebehov	
Årlig totalt behov	4460 kWh
Andel av behov dekket av varmeanlegg	100 %
Avgitt varme fra varmeanlegg	4460 kWh / år

Standard	Passivhus
Plassering	Ved kårbolig
Temperatur	Lavtemperatur system

Resultater	
Dimensjonerende effektbehov 20°C inne	4,18 Kw
Maks effekt levert av varmeanlegg	4,18 Kw
Temperaturdifferanse	20 C
Transportert vannmengde	0,05 kg/s
Transportert vannmengde	179,32 kg/h
Transportert vannmengde	0,18 m <sup>3</sup> /h
Vannhastighet	0,3 m/s

Friksjonstap – colebrook	
Reynolds tall	7743 <b>Transient</b>
Rørfriksjonstall – Colebrook iterasjon	0,00000
Friksjonstap – colebrook	0 Pa/m

Friksjonstap tilnærming (for vann ved 80 grader)	
For plastrør	88,12 Pa/m

Høyeste friksjonsverdi brukes for trykktpap

Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans
Pumpe utløpstrykk	2,76	1 Bar
Friksjonstap i tilførsel	0,12	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	-0,45	-0,45 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	3,08	1,45 Bar
Trykktpap i varmeveksler	0,5	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	2,58	1,45 Bar
Friksjonstap i retur	0,12	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0,45	0,45 Bar
Trykk ved innløp til kjel	2,01	1 Bar
Trykktpap i kjel	0,5	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	1,51	1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1,25	0 Bar
Laveste trykk	1,51	1 Bar
Høyeste trykk	3,08	1,45 Bar

Pumpekrav	
Løftehøyde	12,5 m
Minste pumpeeffekt	0,01 Kw
Årlig energibehov pumpe	110,1 kWh
Driftskostnad gitt 79,9øre/kwh	88,0 Kr / år

Varmetap	
Jordtemperatur	4,9 C
Kulvertisolasjon	0,1700 W/m-K
Varmetap turledning	537 W
Varmetap returledning	299 W
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmetap per lengdemeter	5,97 W / lm
Årlig varmetap	3633,9 kWh

System	
Tapt /brukt energi	3744,0 kWh
Avgitt energi	4460 kWh
Tilført energi	8204,0 kWh
Systemvirkningsgrad	54,36 %

Kulvertkostnader	
Kulvert meterpris	140 kr/m
Diverse	20000 kr
Kulvert kostnad	39600 kr
Grøftegraving meterpris	300 kr/m
Grøftegraving oppmøte	1667 kr
Grøftekostnad	43667 kr
Tilkoblingskostnad	83267 kr

Grøftegraving taes ikke med i sammenligning, grøft må graves uansett ved nybygging

Colebrook rørfriksjonstall for turbulent strømning, iterasjon					
1,00000	1,000	=	6,978	0,14	
0,14330	2,642	=	6,135	0,43	
0,06171	4,026	=	5,769	0,7	
0,04306	4,819	=	5,613	0,86	
0,03697	5,201	=	5,546	0,94	
0,03467	5,371	=	5,518	0,97	
0,03374	5,444	=	5,507	0,99	
0,03336	5,475	=	5,502	1	
0,03320	5,488	=	5,500	1	
0,03313	5,494	=	5,499	1	
0,03310	5,496	=	5,498	1	
0,03309	5,497	=	5,498	1	
0,03309	5,498	=	5,498	1	
0,03308	5,498	=	5,498	1	

Iterasjon Pumpetrykk		
Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans
Pumpe utløpstrykk	1	1 Bar
Friksjonstap i tilførsel	0,12	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	-0,45	-0,45 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	1,33	1,45 Bar
Trykktpap i varmeveksler	0,5	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	0,83	1,45 Bar
Friksjonstap i retur	0,12	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0,45	0,45 Bar
Trykk ved innløp til kjel	0,25	1 Bar
Trykktpap i kjel	0,5	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	-0,25	1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1,25	0 Bar
Laveste trykk	-0,25	1 Bar
Høyeste trykk	1,33	1,45 Bar
Nødvendig pumpetrykk	2,76	Bar

Kjel driftstid med gitt effekt og varmetap	
Kjeleffekt	4,18 kW
Driftstid per år	1934,4 T / år
Andel av år	22,1 % av året
Driftstid per dag gitt likt dagsforbruk	5,3 T / dag
Energiproduksjon per dag	22,2 kWh/dag
Maksimalproduksjon	100,4 kWh/dag



Generelle data	
Rørstrekk	140 m
Høydeforskjell	-4,5 m
Turtemperatur	50 C
Returtemperatur	30 C
Densitet	988 kg/m <sup>3</sup>
Kinematisk viskositet	5,53E-007 m <sup>2</sup> /s
Plastrør absolutt ruhet	0,00E+000 m
Rørdiameter	25 mm
Kulvertisolasjon	0,1850 W/m-K
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varnebehov	
Årlig totalt behov	4460 kWh
Andel av behov dekket av varmeanlegg	100 %
Avgitt varme fra varmeanlegg	4460 kWh / år

Standard	Passivhus
Plassering	Ved kårbolig
Temperatur	Lavtemperatur system

Resultater	
Dimensjonerende effektbehov 20°C inne	4,18 Kw
Maks effekt levert av varmeanlegg	4,18 Kw
Temperaturdifferanse	20 C
Transportert vannmengde	0,05 kg/s
Transportert vannmengde	179,32 kg/h
Transportert vannmengde	0,18 m <sup>3</sup> /h
Vannhastighet	0,1 m/s

Frikjonstap – colebrook	
Reynolds tall	4646 <b>Transient</b>
Rørfrikjonstall – Colebrook iterasjon	0,00000
Frikjonstap – colebrook	0 Pa/m

Frikjonstap tilnærming (for vann ved 80 grader)	
For plastrør	8,23 Pa/m
Høyeste frikjonsverdi brukes for trykktap	

Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans
Pumpe utløpstrykk	2,53	1 Bar
Frikjonstap i tilførsel	0,01	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	-0,45	-0,45 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	2,97	1,45 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	2,47	1,45 Bar
Frikjonstap i retur	0,01	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0,45	0,45 Bar
Trykk ved innløp til kjel	2,01	1 Bar
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	1,51	1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1,02	0 Bar
Laveste trykk	1,51	1 Bar
Høyeste trykk	2,97	1,45 Bar

Pumpekrav	
Løftehøyde	10,2 m
Minste pumpeeffekt	0,01 Kw
Årlig energibehov pumpe	96,1 kWh
Driftskostnad gitt 79,9øre/kwh	76,8 Kr / år

Varmetap	
Jordtemperatur	4,9 C
Kulvertisolasjon	0,1850 W/m-K
Varmetap turledning	584 W
Varmetap returledning	325 W
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmetap per lengdemeter	6,49 W / lm
Årlig varmetap	3954,5 kWh

System	
Tapt /brukt energi	4050,6 kWh
Avgitt energi	4460 kWh
Tilført energi	8510,6 kWh
Systemvirkningsgrad	52,41 %

Kulvertkostnader	
Kulvert meterpris	193,2 kr/m
Diverse	20000 kr
Kulvert kostnad	47048 kr
Grøftegraving meterpris	300 kr/m
Grøftegraving oppmøte	1667 kr
Grøftekostnad	43667 kr
Tilkoblingskostnad	90715 kr

Grøftegraving taes ikke med i sammenligning, grøft må graves uansett ved nybygging

Colebrook rørfrikjonstall for turbulent strømning, iterasjon					
1,00000	1,000	=	6,535	0,15	
0,15303	2,556	=	5,720	0,45	
0,06840	3,824	=	5,370	0,71	
0,04870	4,531	=	5,222	0,87	
0,04226	4,865	=	5,161	0,94	
0,03983	5,010	=	5,135	0,98	
0,03887	5,072	=	5,124	0,99	
0,03847	5,098	=	5,120	1	
0,03831	5,109	=	5,118	1	
0,03824	5,114	=	5,117	1	
0,03822	5,115	=	5,117	1	
0,03820	5,116	=	5,117	1	
0,03820	5,117	=	5,117	1	
0,03820	5,117	=	5,117	1	

Iterasjon Pumpetrykk		
Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans
Pumpe utløpstrykk	1	1 Bar
Frikjonstap i tilførsel	0,01	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	-0,45	-0,45 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	1,44	1,45 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	0,94	1,45 Bar
Frikjonstap i retur	0,01	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0,45	0,45 Bar
Trykk ved innløp til kjel	0,48	1 Bar
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	-0,02	1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1,02	0 Bar
Laveste trykk	-0,02	1 Bar
Høyeste trykk	1,44	1,45 Bar
Nødvendig pumpetrykk	2,53	Bar

Kjel driftstid med gitt effekt og varmetap	
Kjeleffekt	4,18 kW
Driftstid per år	2011,0 T / år
Andel av år	23,0 % av året
Driftstid per dag gitt likt dagsforbruk	5,5 T / dag
Energiproduksjon per dag	23,1 kWh/dag
Maksimalproduksjon	100,4 kWh/dag

Generelle data	
Rørstrekk	315 m
Høydeforskjell	24 m
Turtemperatur	80 C
Returtemperatur	50 C
Densitet	971,8 kg/m <sup>3</sup>
Kinematisk viskositet	3,67E-007 m <sup>2</sup> /s
Plastrør absolutt ruhet	0,00E+000 m
Rørdiameter	15 mm
Kulvertisolasjon	0,1700 W/m-K
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmebehov	
Årlig totalt behov	20340 kWh
Andel av behov dekket av varmeanlegg	100 %
Avgitt varme fra varmeanlegg	20340 kWh / år

Standard	TEK '10hus
Plassering	På åskam
Temperatur	Høytemperatur system

Resultater	
Dimensjonerende effektbehov 20°C inne	13,87 Kw
Maks effekt levert av varmeanlegg	13,87 Kw
Temperaturdifferenase	30 C
Transportert vannmengde	0,11 kg/s
Transportert vannmengde	396,2 kg/h
Transportert vannmengde	0,41 m <sup>3</sup> /h
Vannhastighet	0,6 m/s

Colebrook rørfriksjonstall for turbulent strømning, iterasjon				
1,00000	1,000	=	8,037	0,12
0,12442	2,835	=	7,132	0,4
0,04945	4,497	=	6,732	0,67
0,03304	5,502	=	6,556	0,84
0,02772	6,006	=	6,480	0,93
0,02569	6,239	=	6,447	0,97
0,02486	6,342	=	6,433	0,99
0,02451	6,387	=	6,427	0,99
0,02436	6,407	=	6,424	1
0,02430	6,416	=	6,423	1
0,02427	6,419	=	6,423	1
0,02426	6,421	=	6,422	1
0,02425	6,422	=	6,422	1
0,02425	6,422	=	6,422	1

Friksjonstap – colebrook	
Reynolds tall	26207 Turbulent
Rørfriksjonstall – Colebrook iterasjon	0,02425
Friksjonstap – colebrook	322,94 Pa/m

Friksjonstap tilnærming (for vann ved 80 grader)	
For plastrør	340,90 Pa/m

Høyeste friksjonsverdi brukes for trykktap

Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans	
Pumpe utløpstrykk	5,48	1 Bar	
Friksjonstap i tilførsel	1,07	0 Bar	
Høydeforskjell i rørstrekk	2,4	2,4 Bar	
Trykk ved innløp til varmeveksler	2,01	-1,4 Bar	
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar	
Trykk ved utløp av varmeveksler	1,51	-1,4 Bar	
Friksjonstap i retur	1,07	0 Bar	
Høydeforskjell i rørstrekk	-2,4	-2,4 Bar	
Trykk ved innløp til kjel	2,84	1 Bar	
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar	
Trykk i innløp til pumpe	2,34	1 Bar	
Trykkdifferanse over pumpe	3,15	0 Bar	
Laveste trykk	1,51	Under 1 bar	Bar
Høyeste trykk	5,48	2,4 Bar	

Pumpekrav	
Løftehøyde	31,5 m
Minste pumpeeffekt	0,07 Kw
Årlig energibehov pumpe	631,1 kWh
Driftskostnad gitt 79,9øre/kwh	504,3 Kr / år

Varmetap	
Jordtemperatur	4,9 C
Kulvertisolasjon	0,1700 W/m-K
Varmetap turledning	2011 W
Varmetap returledning	1208 W
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmetap per lengdemeter	10,22 W / lm
Årlig varmetap	13999,8 kWh

System	
Tapt /brukt energi	14631,0 kWh
Avgitt energi	20340 kWh
Tilført energi	34971,0 kWh
Systemvirkningsgrad	58,16 %

Kulvertkostnader	
Kulvert meterpris	140 kr/m
Diverse	20000 kr
Kulvert kostnad	64100 kr
Grøftegraving meterpris	300 kr/m
Grøftegraving oppmøte	1667 kr
Grøftkostnad	96167 kr
Tilkoblingskostnad	160267 kr

Grøftegraving taes ikke med i sammenligning, grøft må graves uansett ved nybygg

Iterasjon Pumpetrykk	Under drift	Stans	
Trykk i rørstrekk			
Pumpe utløpstrykk	1	1 Bar	
Friksjonstap i tilførsel	1,07	0 Bar	
Høydeforskjell i rørstrekk	2,4	2,4 Bar	
Trykk ved innløp til varmeveksler	-2,47	-1,4 Bar	
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar	
Trykk ved utløp av varmeveksler	-2,97	-1,4 Bar	
Friksjonstap i retur	1,07	0 Bar	
Høydeforskjell i rørstrekk	-2,4	-2,4 Bar	
Trykk ved innløp til kjel	-1,65	1 Bar	
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar	
Trykk i innløp til pumpe	-2,15	1 Bar	
Trykkdifferanse over pumpe	3,15	0 Bar	
Laveste trykk	-2,97	-1,4 Bar	
Høyeste trykk	2,4	2,4 Bar	
Nødvendig pumpetrykk	5,48	Bar	

Kjel driftstid med gitt effekt og varmetap	
Kjeleffekt	13,87 kW
Driftstid per år	2476,3 T / år
Andel av år	28,3 % av året
Driftstid per dag gitt likt dagsforbruk	6,8 T / dag
Energiproduksjon per dag	94,1 kWh/dag
Maksimalproduksjon	332,8 kWh/dag

Generelle data	
Rørstrekk	315 m
Høydeforskjell	24 m
Turtemperatur	80 C
Returtemperatur	50 C
Densitet	971,8 kg/m <sup>3</sup>
Kinematisk viskositet	3,67E-007 m <sup>2</sup> /s
Plastrør absolutt ruhet	0,00E+000 m
Rørdiameter	20 mm
Kulvertisolasjon	0,1790 W/m-K
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmebehov	
Årlig totalt behov	20340 kWh
Andel av behov dekket av varmeanlegg	100 %
Avgitt varme fra varmeanlegg	20340 kWh / år

Standard	TEK '10hus
Plassering	På åskam
Temperatur	Høytemperatur system

Resultater	
Dimensjonerende effektbehov 20°C inne	13,87 Kw
Maks effekt levert av varmeanlegg	13,87 Kw
Temperaturdifferanse	30 C
Transportert vannmengde	0,11 kg/s
Transportert vannmengde	396,2 kg/h
Transportert vannmengde	0,41 m <sup>3</sup> /h
Vannhastighet	0,4 m/s

Frikjonstap – colebrook	
Reynolds tall	19655 Turbulent
Rørfrikjonstall – Colebrook iterasjon	0,02600
Frikjonstap – colebrook	82,16 Pa/m

Frikjonstap tilnærming (for vann ved 80 grader)	
For plastrør	89,66 Pa/m

Høyeste frikjonsverdi brukes for trykktap

Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans
Pumpe utløpstrykk	4,69	1 Bar
Frikjonstap i tilførsel	0,28	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	2,4	2,4 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	2,01	-1,4 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	1,51	-1,4 Bar
Frikjonstap i retur	0,28	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	-2,4	-2,4 Bar
Trykk ved innløp til kjel	3,63	1 Bar
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	3,13	1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1,56	0 Bar
Laveste trykk	1,51	Under 1 bar
Høyeste trykk	4,69	2,4 Bar

Pumpekrav	
Løftehøyde	15,6 m
Minste pumpeeffekt	0,06 Kw
Årlig energibehov pumpe	519,7 kWh
Driftskostnad gitt 79,9øre/kwh	415,3 Kr / år

Varmetap	
Jordtemperatur	4,9 C
Kulvertisolasjon	0,1790 W/m-K
Varmetap turledning	2117 W
Varmetap returledning	1271 W
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmetap per lengdemeter	10,76 W / lm
Årlig varmetap	14741,0 kWh

System	
Tapt /brukt energi	15260,7 kWh
Avgitt energi	20340 kWh
Tilført energi	35600,7 kWh
Systemvirkningsgrad	57,13 %

Kulvertkostnader	
Kulvert meterpris	156,6 kr/m
Diverse	20000 kr
Kulvert kostnad	69329 kr
Grøftegraving meterpris	300 kr/m
Grøftegraving oppmåte	1667 kr
Grøftekostnad	96167 kr
Tilkoblingskostnad	165496 kr

Grøftegraving taes ikke med i sammenligning, grøft må graves uansett ved nybygg

Colebrook rørfrikjonstall for turbulent strømning, iterasjon				
1,00000	1,000	=	7,788	0,13
0,12841	2,791	=	6,896	0,4
0,05196	4,387	=	6,503	0,67
0,03505	5,341	=	6,332	0,84
0,02957	5,816	=	6,258	0,93
0,02747	6,033	=	6,227	0,97
0,02662	6,129	=	6,213	0,99
0,02626	6,171	=	6,207	0,99
0,02611	6,189	=	6,204	1
0,02604	6,197	=	6,203	1
0,02601	6,200	=	6,203	1
0,02600	6,201	=	6,203	1
0,02600	6,202	=	6,203	1
0,02600	6,202	=	6,203	1

Iterasjon Pumpetrykk		
Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans
Pumpe utløpstrykk	1	1 Bar
Frikjonstap i tilførsel	0,28	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	2,4	2,4 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	-1,68	-1,4 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	-2,18	-1,4 Bar
Frikjonstap i retur	0,28	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	-2,4	-2,4 Bar
Trykk ved innløp til kjel	-0,06	1 Bar
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	-0,56	1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1,56	0 Bar
Laveste trykk	-2,18	-1,4 Bar
Høyeste trykk	2,4	2,4 Bar
Nødvendig pumpetrykk	4,69	Bar

Kjel driftstid med gitt effekt og varmetap	
Kjeleffekt	13,87 kW
Driftstid per år	2529,8 T / år
Andel av år	28,9 % av året
Driftstid per dag gitt likt dagsforbruk	6,9 T / dag
Energiproduksjon per dag	96,1 kWh/dag
Maksimalproduksjon	332,8 kWh/dag

Generelle data	
Rørstrekk	315m
Høydeforskjell	24m
Turtemperatur	80 C
Returtemperatur	50 C
Densitet	971,8 kg/m <sup>3</sup>
Kinematisk viskositet	3,67E-007 m <sup>2</sup> /s
Plastrør absolutt ruhet	0,00E+000 m
Rørdiameter	25mm
Kulvertisolasjon	0,1850 W/m-K
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmebehov	
Årlig totalt behov	20340 kWh
Andel av behov dekket av varmeanlegg	100%
Avgitt varme fra varmeanlegg	20340 kWh / år

Standard	TEK '10hus
Plassering	På åskam
Temperatur	Høytemperatur system

Resultater	
Dimensjonerende effektbehov 20°C inne	13,87 Kw
Maks effekt levert av varmeanlegg	13,87 Kw
Temperaturdifferanse	30 C
Transportert vannmengde	0,11 kg/s
Transportert vannmengde	396,2 kg/h
Transportert vannmengde	0,41 m <sup>3</sup> /h
Vannhastighet	0,2 m/s

Frikjonstap – colebrook	
Reynolds tall	15724 Turbulent
Rørfrikjonstall – Colebrook iterasjon	0,02748
Frikjonstap – colebrook	28,46 Pa/m

Frikjonstap tilnærming (for vann ved 80 grader)	
For plastrør	31,82 Pa/m
Høyeste frikjonsverdi brukes for trykktap	

Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans	
Pumpe utløpstrykk	4,51	1	Bar
Frikjonstap i tilførsel	0,1	0	Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	2,4	2,4	Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	2,01	-1,4	Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0	Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	1,51	-1,4	Bar
Frikjonstap i retur	0,1	0	Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	-2,4	-2,4	Bar
Trykk ved innløp til kjel	3,81	1	Bar
Trykktap i kjel	0,5	0	Bar
Trykk i innløp til pumpe	3,31	1	Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1,2	0	Bar
Laveste trykk	1,51	Under 1 bar	Bar
Høyeste trykk	4,51	2,4	Bar

Pumpekrav	
Løftehøyde	12,0 m
Minste pumpeeffekt	0,06 Kw
Årlig energibehov pumpe	494,1 kWh
Driftskostnad gitt 79,9øre/kwh	394,8 Kr / år

Varmetap	
Jordtemperatur	4,9 C
Kulvertisolasjon	0,1850 W/m-K
Varmetap turledning	2188 W
Varmetap returledning	1314 W
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmetap per lengdemeter	11,12 W / m
Årlig varmetap	15235,1 kWh

System	
Tapt /brukt energi	15729,2 kWh
Avgitt energi	20340 kWh
Tilført energi	36069,2 kWh
Systemvirkningsgrad	56,39%

Kulvertkostnader	
Kulvert meterpris	193,2 kr/m
Diverse	20000 kr
Kulvert kostnad	80858 kr
Grøftegraving meterpris	300 kr/m
Grøftegraving oppmøte	1667 kr
Grøftekostnad	96167 kr
Tilkoblingskostnad	177025 kr

Grøftegraving taes ikke med i sammenligning, grøft må graves uansett ved nybygg

Colebrook rørfrikjonstall for turbulent strømning, iterasjon				
1,00000	1,000	=	7,594	0,13
0,13169	2,756	=	6,713	0,41
0,05405	4,301	=	6,327	0,68
0,03675	5,216	=	6,159	0,85
0,03112	5,668	=	6,087	0,93
0,02898	5,874	=	6,056	0,97
0,02811	5,964	=	6,043	0,99
0,02775	6,003	=	6,037	0,99
0,02759	6,020	=	6,035	1
0,02753	6,027	=	6,034	1
0,02750	6,030	=	6,033	1
0,02749	6,032	=	6,033	1
0,02748	6,032	=	6,033	1
0,02748	6,033	=	6,033	1

Iterasjon Pumpetrykk			
Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans	
Pumpe utløpstrykk	1	1	Bar
Frikjonstap i tilførsel	0,1	0	Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	2,4	2,4	Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	-1,5	-1,4	Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0	Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	-2	-1,4	Bar
Frikjonstap i retur	0,1	0	Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	-2,4	-2,4	Bar
Trykk ved innløp til kjel	0,3	1	Bar
Trykktap i kjel	0,5	0	Bar
Trykk i innløp til pumpe	-0,2	1	Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1,2	0	Bar
Laveste trykk	-2	-1,4	Bar
Høyeste trykk	2,4	2,4	Bar
Nødvendig pumpetrykk	4,51	Bar	

Kjel driftstid med gitt effekt og varmetap	
Kjeleffekt	13,87 kW
Driftstid per år	2565,4 T / år
Andel av år	29,3% av året
Driftstid per dag gitt likt dagsforbruk	7,0 T / dag
Energiproduksjon per dag	97,5 kWh/dag
Maksimalproduksjon	332,8 kWh/dag

Generelle data	
Rørstrekk	315 m
Høydeforskjell	24 m
Turtemperatur	50 C
Returtemperatur	30 C
Densitet	988 kg/m <sup>3</sup>
Kinematisk viskositet	5,53E-007 m <sup>2</sup> /s
Plastrør absolutt ruhet	0,00E+000 m
Rørdiameter	15 mm
Kulvertisolasjon	0,1700 W/m-K
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmebehov	
Årlig totalt behov	20340 kWh
Andel av behov dekket av varmeanlegg	100 %
Avgitt varme fra varmeanlegg	20340 kWh / år

Standard	TEK '10hus
Plassering	På åskam
Temperatur	Lavtemperatur system

Resultater	
Dimensjonerende effektbehov 20°C inne	13,87 Kw
Maks effekt levert av varmeanlegg	13,87 Kw
Temperaturdifferanse	20 C
Transportert vannmengde	0,17 kg/s
Transportert vannmengde	594,3 kg/h
Transportert vannmengde	0,6 m <sup>3</sup> /h
Vannhastighet	0,9 m/s

Colebrook rørfriksjonstall for turbulent strømning, iterasjon				
1,00000	1,000	=	8,019	0,12
0,12470	2,832	=	7,115	0,4
0,04963	4,489	=	6,715	0,67
0,03318	5,490	=	6,540	0,84
0,02785	5,992	=	6,464	0,93
0,02582	6,224	=	6,431	0,97
0,02498	6,327	=	6,417	0,99
0,02463	6,372	=	6,411	0,99
0,02448	6,391	=	6,408	1
0,02442	6,400	=	6,407	1
0,02439	6,403	=	6,406	1
0,02438	6,405	=	6,406	1
0,02437	6,405	=	6,406	1
0,02437	6,406	=	6,406	1

Friksjonstap – colebrook	
Reynolds tall	25661 Turbulent
Rørfriksjonstall – Colebrook iterasjon	0,02437
Friksjonstap – colebrook	718,29 Pa/m

Friksjonstap tilnærming (for vann ved 80 grader)	
For plastrør	680,96 Pa/m

Høyeste friksjonsverdi brukes for trykktap

Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans
Pumpe utløpstrykk	6,92	1 Bar
Friksjonstap i tilførsel	2,26	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	2,4	2,4 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	2,26	-1,4 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	1,76	-1,4 Bar
Friksjonstap i retur	2,26	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	-2,4	-2,4 Bar
Trykk ved innløp til kjel	1,89	1 Bar
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	1,39	1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	5,53	0 Bar
Laveste trykk	For lavt trykk	Under 1 bar
Høyeste trykk	Over 6 bar	2,4 Bar

Pumpekrav	
Løftehøyde	55,3 m
Minste pumpeeffekt	0,14 Kw
Årlig energibehov pumpe	1228,9 kWh
Driftskostnad gitt 79,9øre/kwh	981,9 Kr / år

Varmetap	
Jordtemperatur	4,9 C
Kulvertisolasjon	0,1700 W/m-K
Varmetap turledning	1208 W
Varmetap returledning	672 W
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmetap per lengdemeter	5,97 W / lm
Årlig varmetap	8176,3 kWh

System	
Tapt /brukt energi	9405,2 kWh
Avgitt energi	20340 kWh
Tilført energi	29745,2 kWh
Systemvirkningsgrad	68,38 %

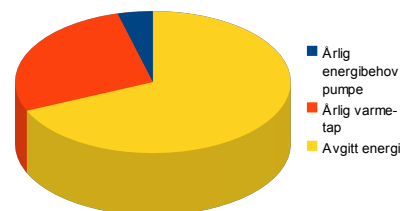
Kulvertkostnader	
Kulvert meterpris	140 kr/m
Diverse	20000 kr
Kulvert kostnad	64100 kr
Grøftegraving meterpris	300 kr/m
Grøftegraving oppmøte	1667 kr
Grøftekostnad	96167 kr
Tilkoblingskostnad	160267 kr

Grøftegraving taes ikke med i sammenligning, grøft må graves uansett ved nybygg

Iterasjon Pumpetrykk		
Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans
Pumpe utløpstrykk	1	1 Bar
Friksjonstap i tilførsel	2,15	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	2,4	2,4 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	-3,55	-1,4 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	-4,05	-1,4 Bar
Friksjonstap i retur	2,26	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	-2,4	-2,4 Bar
Trykk ved innløp til kjel	-3,91	1 Bar
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	-4,41	1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	5,41	0 Bar
Laveste trykk	-4,41	-1,4 Bar
Høyeste trykk	2,4	2,4 Bar
Nødvendig pumpetrykk	6,92	Bar

Kjel driftstid med gitt effekt og varmetap	
Kjeleffekt	13,87 kW
Driftstid per år	2056,4 T / år
Andel av år	23,5 % av året
Driftstid per dag gitt likt dagsforbruk	5,6 T / dag
Energiproduksjon per dag	78,1 kWh/dag
Maksimalproduksjon	332,8 kWh/dag

Fordeling av energi i kulvertanlegg





Generelle data	
Rørstrekk	315m
Høydeforskjell	24m
Turtemperatur	50C
Returtemperatur	30C
Densitet	988 kg/m <sup>3</sup>
Kinematisk viskositet	5,53E-007 m <sup>2</sup> /s
Plastrør absolutt ruhet	0,00E+000m
Rørdiameter	20mm
Kulvertisolasjon	0,1790 W/m-K
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmebehov	
Årlig totalt behov	20340 kWh
Andel av behov dekket av varmeanlegg	100%
Avgitt varme fra varmeanlegg	20340 kWh / år

Standard	TEK '10hus
Plassering	På åskam
Temperatur	Lavtemperatur system

Resultater	
Dimensjonerende effektbehov 20°C inne	13,87 Kw
Maks effekt levert av varmeanlegg	13,87 Kw
Temperaturdifferenase	20C
Transportert vannmengde	0,17 kg/s
Transportert vannmengde	594,3 kg/h
Transportert vannmengde	0,6 m <sup>3</sup> /h
Vannhastighet	0,5 m/s

Colebrook rørfriksjonstall for turbulent strømning, iterasjon					
1,00000	1,000	=	7,769	0,13	
0,12871	2,787	=	6,879	0,41	
0,05215	4,379	=	6,487	0,68	
0,03521	5,330	=	6,316	0,84	
0,02971	5,802	=	6,242	0,93	
0,02761	6,018	=	6,210	0,97	
0,02676	6,113	=	6,197	0,99	
0,02640	6,155	=	6,191	0,99	
0,02624	6,173	=	6,188	1	
0,02618	6,181	=	6,187	1	
0,02615	6,184	=	6,187	1	
0,02614	6,185	=	6,187	1	
0,02613	6,186	=	6,187	1	
0,02613	6,186	=	6,186	1	

Friksjonstap – colebrook	
Reynolds tall	19246 Turbulent
Rørfriksjonstall – Colebrook iterasjon	0,02613
Friksjonstap – colebrook	182,77 Pa/m

Friksjonstap tilnærming (for vann ved 80 grader)	
For plastrør	179,11 Pa/m

Høyeste friksjonsverdi brukes for trykktap

Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans	
Pumpe utløpstrykk	4,97	1 Bar	
Friksjonstap i tilførsel	0,58	0 Bar	
Høydeforskjell i rørstrekk	2,4	2,4 Bar	
Trykk ved innløp til varmeveksler	2	-1,4 Bar	
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar	
Trykk ved utløp av varmeveksler	1,5	-1,4 Bar	
Friksjonstap i retur	0,58	0 Bar	
Høydeforskjell i rørstrekk	-2,4	-2,4 Bar	
Trykk ved innløp til kjel	3,32	1 Bar	
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar	
Trykk i innløp til pumpe	2,82	1 Bar	
Trykkdifferanse over pumpe	2,15	0 Bar	
Laveste trykk	For lavt trykk	Under 1 bar	Bar
Høyeste trykk	4,97	2,4 Bar	

Pumpekrav	
Løftehøyde	21,5 m
Minste pumpeeffekt	0,09 Kw
Årlig energibehov pumpe	825,3 kWh
Driftskostnad gitt 79,9øre/kwh	659,4 Kr / år

Varmetap	
Jordtemperatur	4,9C
Kulvertisolasjon	0,1790 W/m-K
Varmetap turledning	1271 W
Varmetap returledning	708 W
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmetap per lengdemeter	6,28 W / lm
Årlig varmetap	8609,1 kWh

System	
Tapet /brukt energi	9434,5 kWh
Avgitt energi	20340 kWh
Tilført energi	29774,5 kWh
Systemvirkningsgrad	68,31 %

Kulvertkostnader	
Kulvert meterpris	156,6 kr/m
Diverse	20000 kr
Kulvert kostnad	69329 kr
Grøftegraving meterpris	300 kr/m
Grøftegraving oppmøte	1667 kr
Grøftekostnad	96167 kr
Tilkoblingskostnad	165496 kr

Grøftegraving taes ikke med i sammenligning, grøft må graves uansett ved nybygg

Iterasjon Pumpetrykk	Under drift	Stans	
Trykk i rørstrekk			
Pumpe utløpstrykk	1	1 Bar	
Friksjonstap i tilførsel	0,56	0 Bar	
Høydeforskjell i rørstrekk	2,4	2,4 Bar	
Trykk ved innløp til varmeveksler	-1,96	-1,4 Bar	
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar	
Trykk ved utløp av varmeveksler	-2,46	-1,4 Bar	
Friksjonstap i retur	0,58	0 Bar	
Høydeforskjell i rørstrekk	-2,4	-2,4 Bar	
Trykk ved innløp til kjel	-0,64	1 Bar	
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar	
Trykk i innløp til pumpe	-1,14	1 Bar	
Trykkdifferanse over pumpe	2,14	0 Bar	
Laveste trykk	-2,46	-1,4 Bar	
Høyeste trykk	2,4	2,4 Bar	
Nødvendig pumpetrykk	4,97	Bar	

Kjel driftstid med gitt effekt og varmetap	
Kjeleffekt	13,87 kW
Driftstid per år	2087,6 T / år
Andel av år	23,8% av året
Driftstid per dag gitt likt dagsforbruk	5,7 T / dag
Energiproduksjon per dag	79,3 kWh/dag
Maksimalproduksjon	332,8 kWh/dag

Generelle data	
Rørstrekk	315 m
Høydeforskjell	24 m
Turtemperatur	50 C
Returtemperatur	30 C
Densitet	988 kg/m <sup>3</sup>
Kinematisk viskositet	5,53E-007 m <sup>2</sup> /s
Plastrør absolutt ruhet	0,00E+000 m
Rørdiameter	25 mm
Kulvertisolasjon	0,1850 W/m-K
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmebehov	
Årlig totalt behov	20340 kWh
Andel av behov dekket av varmeanlegg	100 %
Avgitt varme fra varmeanlegg	20340 kWh / år

<b>Standard</b>	<b>TEK '10hus</b>
<b>Plassering</b>	<b>På åskam</b>
<b>Temperatur</b>	<b>Lavtemperatur system</b>

Resultater	
Dimensjonerende effektbehov 20°C inne	13,87 Kw
<b>Maks effekt levert av varmeanlegg</b>	<b>13,87 Kw</b>
Temperaturdifferanse	20 C
Transportert vannmengde	0,17 kg/s
<b>Transportert vannmengde</b>	<b>594,3 kg/h</b>
Transportert vannmengde	0,6 m <sup>3</sup> /h
<b>Vannhastighet</b>	<b>0,3 m/s</b>

Frikjonstap – colebrook	
Reynolds tall	15397 <b>Turbulent</b>
Rørfrikjonstall – Colebrook iterasjon	0,02762
Frikjonstap – colebrook	63,31 Pa/m

Frikjonstap tilnærming (for vann ved 80 grader)	
For plastrør	63,57 Pa/m
<i>Høyeste frikjonsverdi brukes for trykktap</i>	

Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans
<b>Pumpe utløpstrykk</b>	<b>4,61</b>	<b>1 Bar</b>
Frikjonstap i tilførsel	0,2	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	2,4	2,4 Bar
<b>Trykk ved innløp til varmeveksler</b>	<b>2,01</b>	<b>-1,4 Bar</b>
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar
<b>Trykk ved utløp av varmeveksler</b>	<b>1,51</b>	<b>-1,4 Bar</b>
Frikjonstap i retur	0,2	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	-2,4	-2,4 Bar
<b>Trykk ved innløp til kjel</b>	<b>3,71</b>	<b>1 Bar</b>
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar
<b>Trykk i innløp til pumpe</b>	<b>3,21</b>	<b>1 Bar</b>
<b>Trykkdifferanse over pumpe</b>	<b>1,4</b>	<b>0 Bar</b>
Laveste trykk	1,51	Under 1 bar
<b>Høyeste trykk</b>	<b>4,61</b>	<b>2,4 Bar</b>

Pumpekrav	
Løftehøyde	14,0 m
Minste pumpeeffekt	0,09 Kw
Årlig energibehov pumpe	749,7 kWh
<b>Driftskostnad gitt 79,9øre/kwh</b>	<b>599,0 Kr / år</b>

Varmetap	
Jordtemperatur	4,9 C
Kulvertisolasjon	0,1850 W/m-K
Varmetap turledning	1314 W
Varmetap returledning	731 W
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
<b>Varmetap per lengdemeter</b>	<b>6,49 W / lm</b>
<b>Årlig varmetap</b>	<b>8897,7 kWh</b>

System	
<b>Tapt /brukt energi</b>	<b>9647,5 kWh</b>
Avgitt energi	20340 kWh
Tilført energi	29987,5 kWh
<b>Systemvirkningsgrad</b>	<b>67,83 %</b>

Kulvertkostnader	
Kulvert meterpris	193,2 kr/m
Diverse	20000 kr
<b>Kulvert kostnad</b>	<b>80858 kr</b>
Grøftegraving meterpris	300 kr/m
Grøftegraving oppmøte	1667 kr
<b>Grøftkostnad</b>	<b>96167 kr</b>
<b>Tilkoblingskostnad</b>	<b>177025 kr</b>

Grøftegraving taes ikke med i sammenligning, grøft må graves uansett ved nybygg

Colebrook rørfrikjonstall for turbulent strømning, iterasjon					
1,00000	1,000	=	7,575	0,13	
0,13200	2,752	=	6,696	0,41	
0,05426	4,293	=	6,310	0,68	
0,03692	5,205	=	6,143	0,85	
0,03128	5,654	=	6,071	0,93	
0,02913	5,859	=	6,040	0,97	
0,02826	5,949	=	6,027	0,99	
0,02789	5,988	=	6,021	0,99	
0,02774	6,004	=	6,019	1	
0,02767	6,011	=	6,018	1	
0,02764	6,014	=	6,017	1	
0,02763	6,016	=	6,017	1	
0,02762	6,017	=	6,017	1	

Iterasjon Pumpetrykk		
Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans
<b>Pumpe utløpstrykk</b>	<b>1</b>	<b>1 Bar</b>
Frikjonstap i tilførsel	0,2	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	2,4	2,4 Bar
<b>Trykk ved innløp til varmeveksler</b>	<b>-1,6</b>	<b>-1,4 Bar</b>
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar
<b>Trykk ved utløp av varmeveksler</b>	<b>-2,1</b>	<b>-1,4 Bar</b>
Frikjonstap i retur	0,2	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	-2,4	-2,4 Bar
<b>Trykk ved innløp til kjel</b>	<b>0,1</b>	<b>1 Bar</b>
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar
<b>Trykk i innløp til pumpe</b>	<b>-0,4</b>	<b>1 Bar</b>
<b>Trykkdifferanse over pumpe</b>	<b>1,4</b>	<b>0 Bar</b>
Laveste trykk	-2,1	-1,4 Bar
<b>Høyeste trykk</b>	<b>2,4</b>	<b>2,4 Bar</b>
Nødvendig pumpetrykk	4,61	Bar

Kjel driftstid med gitt effekt og varmetap	
<b>Kjeleffekt</b>	<b>13,87 kW</b>
Driftstid per år	2108,4 T / år
Andel av år	24,1 % av året
<b>Driftstid per dag gitt likt dagsforbruk</b>	<b>5,8 T / dag</b>
Energiproduksjon per dag	80,1 kWh/dag
Maksimalproduksjon	332,8 kWh/dag

Generelle data	
Rørstrekk	315 m
Høydeforskjell	24 m
Turtemperatur	80 °C
Returtemperatur	50 °C
Densitet	971,8 kg/m <sup>3</sup>
Kinematisk viskositet	3,67E-007 m <sup>2</sup> /s
Plastrør absolutt ruhet	0,00E+000 m
Rørdiameter	15 mm
Kulvertisolasjon	0,1700 W/m-K
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmebehov	
Årlig totalt behov	4460 kWh
Andel av behov dekket av varmeanlegg	100 %
Avgitt varme fra varmeanlegg	4460 kWh / år

Standard	Passivhus
Plassering	På åskam
Temperatur	Høytemperatur system

Resultater	
Dimensjonerende effektbehov 20°C inne	4,18 Kw
Maks effekt levert av varmeanlegg	4,18 Kw
Temperaturdifferanse	30 °C
Transportert vannmengde	0,03 kg/s
Transportert vannmengde	119,5 kg/h
Transportert vannmengde	0,12 m <sup>3</sup> /h
Vannhastighet	0,2 m/s

Frikjonstap – colebrook	
Reynolds tall	7907 <b>Transient</b>
Rørfrikjonstall – Colebrook iterasjon	0,00000
Frikjonstap – colebrook	0 Pa/m

Frikjonstap tilnærming (for vann ved 80 grader)	
For plastrør	44,11 Pa/m
Høyeste frikjonsverdi brukes for trykktap	

Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans
Pumpe utløpstrykk	4,55	1 Bar
Frikjonstap i tilførsel	0,14	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	2,4	2,4 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	2,01	-1,4 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	1,51	-1,4 Bar
Frikjonstap i retur	0,14	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	-2,4	-2,4 Bar
Trykk ved innløp til kjel	3,77	1 Bar
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	3,27	1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1,28	0 Bar
Laveste trykk	1,51	Under 1 bar
Høyeste trykk	4,55	2,4 Bar

Pumpekrav	
Løftehøyde	12,8 m
Minste pumpeeffekt	0,02 Kw
Årlig energibehov pumpe	150,7 kWh
Driftskostnad gitt 79,9øre/kwh	120,4 Kr / år

Varmetap	
Jordtemperatur	4,9 °C
Kulvertisolasjon	0,1700 W/m-K
Varmetap turledning	2011 W
Varmetap returledning	1208 W
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmetap per lengdemeter	10,22 W / lm
Årlig varmetap	13999,8 kWh

System	
Tapt /brukt energi	14150,6 kWh
Avgitt energi	4460 kWh
Tilført energi	18610,6 kWh
Systemvirkningsgrad	23,96 %

Kulvertkostnader	
Kulvert meterpris	140 kr/m
Diverse	20000 kr
Kulvert kostnad	64100 kr
Grøftegraving meterpris	300 kr/m
Grøftegraving oppmøte	1667 kr
Grøftekostnad	96167 kr
Tilkoblingskostnad	160267 kr

Grøftegraving taes ikke med i sammenligning, grøft må graves uansett ved nybygg

Colebrook rørfrikjonstall for turbulent strømning, iterasjon					
1,00000	1,000	=	6,997	0,14	
0,14292	2,645	=	6,152	0,43	
0,06145	4,034	=	5,785	0,7	
0,04285	4,831	=	5,629	0,86	
0,03678	5,215	=	5,562	0,94	
0,03448	5,386	=	5,534	0,97	
0,03355	5,459	=	5,522	0,99	
0,03317	5,491	=	5,517	1	
0,03301	5,504	=	5,515	1	
0,03294	5,510	=	5,514	1	
0,03291	5,512	=	5,514	1	
0,03290	5,513	=	5,514	1	
0,03290	5,514	=	5,514	1	
0,03289	5,514	=	5,514	1	

Iterasjon Pumpetrykk		
Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans
Pumpe utløpstrykk	1	1 Bar
Frikjonstap i tilførsel	0,14	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	2,4	2,4 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	-1,54	-1,4 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	-2,04	-1,4 Bar
Frikjonstap i retur	0,14	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	-2,4	-2,4 Bar
Trykk ved innløp til kjel	0,22	1 Bar
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	-0,28	1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1,28	0 Bar
Laveste trykk	-2,04	-1,4 Bar
Høyeste trykk	2,4	2,4 Bar
Nødvendig pumpetrykk	4,55	Bar

Kjel driftstid med gitt effekt og varmetap	
Kjeleffekt	4,18 kW
Driftstid per år	4411,8 T / år
Andel av år	50,4 % av året
Driftstid per dag gitt likt dagsforbruk	12,1 T / dag
Energiproduksjon per dag	50,6 kWh/dag
Maksimalproduksjon	100,4 kWh/dag

Generelle data	
Rørstrekk	315 m
Høydeforskjell	24 m
Turtemperatur	80 C
Returtemperatur	50 C
Densitet	971,8 kg/m <sup>3</sup>
Kinematisk viskositet	3,67E-007 m <sup>2</sup> /s
Plastrør absolutt ruhet	0,00E+000 m
Rørdiameter	20 mm
Kulvertisolasjon	0,1790 W/m-K
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmebehov	
Årlig totalt behov	4460 kWh
Andel av behov dekket av varmeanlegg	100 %
Avgitt varme fra varmeanlegg	4460 kWh / år

<b>Standard</b>	<b>Passivhus</b>
<b>Plassering</b>	<b>På åskam</b>
<b>Temperatur</b>	<b>Høytemperatur system</b>

Resultater	
Dimensjonerende effektbehov 20°C inne	4,18 Kw
Maks effekt levert av varmeanlegg	4,18 Kw
Temperaturdifferanse	30 C
Transportert vannmengde	0,03 kg/s
Transportert vannmengde	119,5 kg/h
Transportert vannmengde	0,12 m <sup>3</sup> /h
Vannhastighet	0,1 m/s

Frikjonstap – colebrook	
Reynolds tall	5931 <b>Transient</b>
Rørfrikjonstall – Colebrook iterasjon	0,00000
Frikjonstap – colebrook	0 Pa/m

Frikjonstap tilnærming (for vann ved 80 grader)	
For plastrør	11,60 Pa/m

Høyeste frikjonsverdi brukes for trykktap

Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans
Pumpe utløpstrykk	4,45	1 Bar
Frikjonstap i tilførsel	0,04	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	2,4	2,4 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	2,01	-1,4 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	1,51	-1,4 Bar
Frikjonstap i retur	0,04	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	-2,4	-2,4 Bar
Trykk ved innløp til kjel	3,87	1 Bar
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	3,37	1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1,07	0 Bar
Laveste trykk	1,51	Under 1 bar
Høyeste trykk	4,45	2,4 Bar

Pumpekrav	
Løftehøyde	10,7 m
Minste pumpeeffekt	0,02 Kw
Årlig energibehov pumpe	146,4 kWh
Driftskostnad gitt 79,9øre/kwh	117,0 Kr / år

Varmetap	
Jordtemperatur	4,9 C
Kulvertisolasjon	0,1790 W/m-K
Varmetap turledning	2117 W
Varmetap returledning	1271 W
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmetap per lengdemeter	10,76 W / lm
Årlig varmetap	14741,0 kWh

System	
Tapt /brukt energi	14887,4 kWh
Avgitt energi	4460 kWh
Tilført energi	19347,4 kWh
Systemvirkningsgrad	23,05 %

Kulvertkostnader	
Kulvert meterpris	156,6 kr/m
Diverse	20000 kr
Kulvert kostnad	69329 kr
Grøftegraving meterpris	300 kr/m
Grøftegraving oppmøte	1667 kr
Grøftkostnad	96167 kr
Tilkoblingskostnad	165496 kr

Grøftegraving taes ikke med i sammenligning, grøft må graves uansett ved nybygg

Colebrook rørfrikjonstall for turbulent strømning, iterasjon					
1,00000	1,000	=	6,747	0,15	
0,14822	2,597	=	5,918	0,44	
0,06506	3,921	=	5,560	0,71	
0,04587	4,669	=	5,408	0,86	
0,03960	5,025	=	5,345	0,94	
0,03723	5,182	=	5,318	0,97	
0,03629	5,250	=	5,307	0,99	
0,03590	5,278	=	5,302	1	
0,03574	5,290	=	5,300	1	
0,03567	5,295	=	5,299	1	
0,03564	5,297	=	5,299	1	
0,03563	5,298	=	5,299	1	
0,03562	5,298	=	5,299	1	
0,03562	5,298	=	5,299	1	

Iterasjon Pumpetrykk		
Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans
Pumpe utløpstrykk	1	1 Bar
Frikjonstap i tilførsel	0,04	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	2,4	2,4 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	-1,44	-1,4 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	-1,94	-1,4 Bar
Frikjonstap i retur	0,04	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	-2,4	-2,4 Bar
Trykk ved innløp til kjel	0,43	1 Bar
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	-0,07	1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1,07	0 Bar
Laveste trykk	-1,94	-1,4 Bar
Høyeste trykk	2,4	2,4 Bar
Nødvendig pumpetrykk	4,45	Bar

Kjel driftstid med gitt effekt og varmetap	
Kjeleffekt	4,18 kW
Driftstid per år	4589,0 T / år
Andel av år	52,4 % av året
Driftstid per dag gitt likt dagsforbruk	12,6 T / dag
Energiproduksjon per dag	52,6 kWh/dag
Maksimalproduksjon	100,4 kWh/dag



Generelle data	
Rørstrekk	315 m
Høydeforskjell	24 m
Turtemperatur	50 C
Returtemperatur	30 C
Densitet	988 kg/m <sup>3</sup>
Kinematisk viskositet	5,53E-007 m <sup>2</sup> /s
Plastrør absolutt ruhet	0,00E+000 m
Rørdiameter	15 mm
Kulvertisolasjon	0,1700 W/m-K
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmebehov	
Årlig totalt behov	4460 kWh
Andel av behov dekket av varmeanlegg	100 %
Avgitt varme fra varmeanlegg	4460 kWh / år

<b>Standard</b>	<b>Passivhus</b>
<b>Plassering</b>	<b>På åskam</b>
<b>Temperatur</b>	<b>Lavtemperatur system</b>

Resultater	
Dimensjonerende effektbehov 20°C inne	4,18 Kw
Maks effekt levert av varmeanlegg	4,18 Kw
Temperaturdifferanse	20 C
Transportert vannmengde	0,05 kg/s
Transportert vannmengde	179,3 kg/h
Transportert vannmengde	0,18 m <sup>3</sup> /h
Vannhastighet	0,3 m/s

Friksjonstap – colebrook	
Reynolds tall	7743 <b>Transient</b>
Rørfriksjonstall – Colebrook iterasjon	0,00000
Friksjonstap – colebrook	0 Pa/m

Friksjonstap tilnærming (for vann ved 80 grader)	
For plastrør	88,12 Pa/m
Høyeste friksjonsverdi brukes for trykktap	

Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans
Pumpe utløpstrykk	4,69	1 Bar
Friksjonstap i tilførsel	0,28	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	2,4	2,4 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	2,01	-1,4 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	1,51	-1,4 Bar
Friksjonstap i retur	0,28	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	-2,4	-2,4 Bar
Trykk ved innløp til kjel	3,63	1 Bar
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	3,13	1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1,56	0 Bar
Laveste trykk	1,51	Under 1 bar
Høyeste trykk	4,69	2,4 Bar

Pumpekrav	
Løftehøyde	15,6 m
Minste pumpeeffekt	0,03 Kw
Årlig energibehov pumpe	231,1 kWh
Driftskostnad gitt 79,9øre/kwh	184,6 Kr / år

Varmetap	
Jordtemperatur	4,9 C
Kulvertisolasjon	0,1700 W/m-K
Varmetap turledning	1208 W
Varmetap returledning	672 W
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmetap per lengdemeter	5,97 W / lm
Årlig varmetap	8176,3 kWh

System	
Tapt /brukt energi	8407,3 kWh
Avgitt energi	4460 kWh
Tilført energi	12867,3 kWh
Systemvirkningsgrad	34,66 %

Kulvertkostnader	
Kulvert meterpris	140 kr/m
Diverse	20000 kr
Kulvert kostnad	64100 kr
Grøftegraving meterpris	300 kr/m
Grøftegraving oppmåte	1667 kr
Grøftekostnad	96167 kr
Tilkoblingskostnad	160267 kr

Grøftegraving taes ikke med i sammenligning, grøft må graves uansett ved nybygg

Colebrook rørfriksjonstall for turbulent strømning, iterasjon				
1,00000	1,000	=	6,978	0,14
0,14330	2,642	=	6,135	0,43
0,06171	4,026	=	5,769	0,7
0,04306	4,819	=	5,613	0,86
0,03697	5,201	=	5,546	0,94
0,03467	5,371	=	5,518	0,97
0,03374	5,444	=	5,507	0,99
0,03336	5,475	=	5,502	1
0,03320	5,488	=	5,500	1
0,03313	5,494	=	5,499	1
0,03310	5,496	=	5,498	1
0,03309	5,497	=	5,498	1
0,03309	5,498	=	5,498	1
0,03308	5,498	=	5,498	1

Iterasjon Pumpetrykk		
Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans
Pumpe utløpstrykk	1	1 Bar
Friksjonstap i tilførsel	0,28	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	2,4	2,4 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	-1,68	-1,4 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	-2,18	-1,4 Bar
Friksjonstap i retur	0,28	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	-2,4	-2,4 Bar
Trykk ved innløp til kjel	-0,06	1 Bar
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	-0,56	1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1,56	0 Bar
Laveste trykk	-2,18	-1,4 Bar
Høyeste trykk	2,4	2,4 Bar
Nødvendig pumpetrykk	4,69	Bar

Kjel driftstid med gitt effekt og varmetap	
Kjeleffekt	4,18 kW
Driftstid per år	3020,0 T / år
Andel av år	34,5 % av året
Driftstid per dag gitt likt dagsforbruk	8,3 T / dag
Energiproduksjon per dag	34,6 kWh/dag
Maksimalproduksjon	100,4 kWh/dag



Generelle data	
Rørstrekk	315m
Høydeforskjell	24m
Turtemperatur	50C
Returtemperatur	30C
Densitet	988 kg/m <sup>3</sup>
Kinematisk viskositet	5,53E-007 m <sup>2</sup> /s
Plastrør absolutt ruhet	0,00E+000m
Rørdiameter	25mm
Kulvertisolasjon	0,1850W/m-K
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmebehov	
Årlig totalt behov	4460 kWh
Andel av behov dekket av varmeanlegg	100%
Avgitt varme fra varmeanlegg	4460 kWh / år

Standard	Passivhus
Plassering	På åskam
Temperatur	Lavtemperatur system

Resultater	
Dimensjonerende effektbehov 20°C inne	4,18 Kw
Maks effekt levert av varmeanlegg	4,18 Kw
Temperaturdifferenase	20C
Transportert vannmengde	0,05 kg/s
Transportert vannmengde	179,3 kg/h
Transportert vannmengde	0,18 m <sup>3</sup> /h
Vannhastighet	0,1 m/s

Friksjonstap – colebrook	
Reynolds tall	4646 Transient
Rørfriksjonstall – Colebrook iterasjon	0,00000
Friksjonstap – colebrook	0 Pa/m

Friksjonstap tilnærming (for vann ved 80 grader)	
For plastrør	8,23 Pa/m

Høyeste friksjonsverdi brukes for trykktap

Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans	
Pumpe utløpstrykk	4,44	1	Bar
Friksjonstap i tilførsel	0,03	0	Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	2,4	2,4	Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	2,01	-1,4	Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0	Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	1,51	-1,4	Bar
Friksjonstap i retur	0,03	0	Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	-2,4	-2,4	Bar
Trykk ved innløp til kjel	3,88	1	Bar
Trykktap i kjel	0,5	0	Bar
Trykk i innløp til pumpe	3,38	1	Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1,05	0	Bar
Laveste trykk	1,51	Under 1 bar	Bar
Høyeste trykk	4,44	2,4	Bar

Pumpekrav	
Løftehøyde	10,5m
Minste pumpeeffekt	0,02Kw
Årlig energibehov pumpe	215,3kWh
Driftskostnad gitt 79,9øre/kwh	172,0Kr / år

Varmetap	
Jordtemperatur	4,9C
Kulvertisolasjon	0,1850W/m-K
Varmetap turledning	1314W
Varmetap returledning	731W
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmetap per lengdemeter	6,49W / lm
Årlig varmetap	8897,7kWh

System	
Tapt /brukt energi	9113,0kWh
Avgitt energi	4460kWh
Tilført energi	13573,0kWh
Systemvirkningsgrad	32,86%

Kulvertkostnader	
Kulvert meterpris	193,2kr/m
Diverse	20000kr
Kulvert kostnad	80858kr
Grøftegraving meterpris	300kr/m
Grøftegraving oppmøte	1667kr
Grøftekostnad	96167kr
Tilkoblingskostnad	177025kr

Grøftegraving taes ikke med i sammenligning, grøft må graves uansett ved nybygg

Colebrook rørfriksjonstall for turbulent strømning, iterasjon				
1,00000	1,000	=	6,535	0,15
0,15303	2,556	=	5,720	0,45
0,06840	3,824	=	5,370	0,71
0,04870	4,531	=	5,222	0,87
0,04226	4,865	=	5,161	0,94
0,03983	5,010	=	5,135	0,98
0,03887	5,072	=	5,124	0,99
0,03847	5,098	=	5,120	1
0,03831	5,109	=	5,118	1
0,03824	5,114	=	5,117	1
0,03822	5,115	=	5,117	1
0,03820	5,116	=	5,117	1
0,03820	5,117	=	5,117	1
0,03820	5,117	=	5,117	1

Iterasjon Pumpetrykk			
Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans	
Pumpe utløpstrykk	1	1	Bar
Friksjonstap i tilførsel	0,03	0	Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	2,4	2,4	Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	-1,43	-1,4	Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0	Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	-1,93	-1,4	Bar
Friksjonstap i retur	0,03	0	Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	-2,4	-2,4	Bar
Trykk ved innløp til kjel	0,45	1	Bar
Trykktap i kjel	0,5	0	Bar
Trykk i innløp til pumpe	-0,05	1	Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1,05	0	Bar
Laveste trykk	-1,93	-1,4	Bar
Høyeste trykk	2,4	2,4	Bar
Nødvendig pumpetrykk	4,44		Bar

Kjel driftstid med gitt effekt og varmetap	
Kjeleffekt	4,18kW
Driftstid per år	3192,4T / år
Andel av år	36,4% av året
Driftstid per dag gitt likt dagsforbruk	8,7T / dag
Energiproduksjon per dag	36,6kWh/dag
Maksimalproduksjon	100,4kWh/dag



Generelle data	
Rørstrekk	140m
Høydeforskjell	-4,5m
Turtemperatur	80 C
Returtemperatur	50 C
Densitet	971,8 kg/m <sup>3</sup>
Kinematisk viskositet	3,67E-007 m <sup>2</sup> /s
Plastrør absolutt ruhet	0,00E+000 m
Rørdiameter	15 mm
Kulvertisolasjon	0,1700 W/m-K
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmebehov	
Årlig totalt behov	24592,22 kWh
Andel av behov dekket av varmeanlegg	100%
Avgitt varme fra varmeanlegg	24592 kWh / år

Standard	TEK'10 hus inkl varmtvann
Plassering	Ved kårbolig
Temperatur	Høytemperatur system

Resultater	
Dimensjonerende effektbehov 20°C inne	16,26 Kw
Maks effekt levert av varmeanlegg	16,26 Kw
Temperaturdifferenase	30 C
Transportert vannmengde	0,13 kg/s
Transportert vannmengde	464,7 kg/h
Transportert vannmengde	0,48 m <sup>3</sup> /h
Vannhastighet	0,8 m/s

Colebrook rørfriksjonstall for turbulent strømning, iterasjon					
1,00000	1,000	=	8,176	0,12	
0,12231	2,859	=	7,263	0,39	
0,04815	4,557	=	6,859	0,66	
0,03199	5,591	=	6,681	0,84	
0,02677	6,112	=	6,604	0,93	
0,02478	6,353	=	6,570	0,97	
0,02396	6,461	=	6,555	0,99	
0,02361	6,508	=	6,549	0,99	
0,02346	6,528	=	6,546	1	
0,02340	6,537	=	6,545	1	
0,02337	6,541	=	6,545	1	
0,02336	6,543	=	6,544	1	
0,02335	6,544	=	6,544	1	
0,02335	6,544	=	6,544	1	

Friksjonstap – colebrook	
Reynolds tall	30736 Turbulent
Rørfriksjonstall – Colebrook iterasjon	0,02335
Friksjonstap – colebrook	427,77 Pa/m

Friksjonstap tilnærming (for vann ved 80 grader)	
For plastrør	447,46 Pa/m

Høyeste friksjonsverdi brukes for trykktap

Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans	
Pumpe utløpstrykk	3,76	1	Bar
Friksjonstap i tilførsel	0,63	0	Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	-0,45	-0,45	Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	3,59	1,45	Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0	Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	3,09	1,45	Bar
Friksjonstap i retur	0,63	0	Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0,45	0,45	Bar
Trykk ved innløp til kjel	2,01	1	Bar
Trykktap i kjel	0,5	0	Bar
Trykk i innløp til pumpe	1,51	1	Bar
Trykkdifferanse over pumpe	2,25	0	Bar
Laveste trykk	1,51	1	Bar
Høyeste trykk	3,76	1,45	Bar

Pumpekrav	
Løftehøyde	22,5 m
Minste pumpeeffekt	0,05 Kw
Årlig energibehov pumpe	456,1 kWh
Driftskostnad gitt 79,9øre/kwh	364,4 Kr / år

Varmetap	
Jordtemperatur	4,9 C
Kulvertisolasjon	0,1700 W/m-K
Varmetap turledning	894 W
Varmetap returledning	537 W
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmetap per lengdemeter	10,22 W / lm
Årlig varmetap	6222,2 kWh

System	
Tapt /brukt energi	6678,2 kWh
Avgitt energi	24592,22 kWh
Tilført energi	31270,5 kWh
Systemvirkningsgrad	78,64 %

Kulvertkostnader	
Kulvert meterpris	140 kr/m
Diverse	20000 kr
Kulvert kostnad	39600 kr
Grøftegraving meterpris	300 kr/m
Grøftegraving oppmøte	1667 kr
Grøftekostnad	43667 kr
Tilkoblingskostnad	83267 kr

Grøftegraving taes ikke med i sammenligning, grøft må graves uansett ved nybygg

Iterasjon Pumpetrykk	Under drift	Stans	
Trykk i rørstrekk			
Pumpe utløpstrykk	1	1	Bar
Friksjonstap i tilførsel	0,63	0	Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	-0,45	-0,45	Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	0,82	1,45	Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0	Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	0,32	1,45	Bar
Friksjonstap i retur	0,63	0	Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0,45	0,45	Bar
Trykk ved innløp til kjel	-0,75	1	Bar
Trykktap i kjel	0,5	0	Bar
Trykk i innløp til pumpe	-1,25	1	Bar
Trykkdifferanse over pumpe	2,25	0	Bar
Laveste trykk	-1,25	1	Bar
Høyeste trykk	1	1,45	Bar
Nødvendig pumpetrykk	3,76		Bar

Kjel driftstid med gitt effekt og varmetap	
Kjeleffekt	16,26 kW
Driftstid per år	1894,7 T / år
Andel av år	21,6% av året
Driftstid per dag gitt likt dagsforbruk	5,2 T / dag
Energiproduksjon per dag	84,4 kWh/dag
Maksimalproduksjon	390,3 kWh/dag

Generelle data	
Rørstrekk	140 m
Høydeforskjell	-4,5 m
Turtemperatur	80 C
Returtemperatur	50 C
Densitet	971,8 kg/m <sup>3</sup>
Kinematisk viskositet	3,67E-007 m <sup>2</sup> /s
Plastrør absolutt ruhet	0,00E+000 m
Rørdiameter	20 mm
Kulvertisolasjon	0,1790 W/m-K
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmebehov	
Årlig totalt behov	24592,22 kWh
Andel av behov dekket av varmeanlegg	100 %
Avgitt varme fra varmeanlegg	24592 kWh / år

Standard	TEK'10 hus inkl varmtvann
Plassering	Ved kår bolig
Temperatur	Høytemperatur system

Resultater	
Dimensjonerende effektbehov 20°C inne	16,26 Kw
Maks effekt levert av varmeanlegg	16,26 Kw
Temperaturdifferenase	30 C
Transportert vannmengde	0,13 kg/s
Transportert vannmengde	464,7 kg/h
Transportert vannmengde	0,48 m <sup>3</sup> /h
Vannhastighet	0,4 m/s

Colebrook rørfriksjonstall for turbulent strømning, iterasjon				
1,00000	1,000	=	7,926	0,13
0,12617	2,815	=	7,027	0,4
0,05055	4,448	=	6,630	0,67
0,03391	5,430	=	6,456	0,84
0,02852	5,921	=	6,381	0,93
0,02647	6,147	=	6,349	0,97
0,02562	6,247	=	6,335	0,99
0,02527	6,291	=	6,329	0,99
0,02512	6,310	=	6,326	1
0,02505	6,318	=	6,325	1
0,02503	6,321	=	6,324	1
0,02501	6,323	=	6,324	1
0,02501	6,324	=	6,324	1
0,02501	6,324	=	6,324	1

Friksjonstap – colebrook	
Reynolds tall	23052 Turbulent
Rørfriksjonstall – Colebrook iterasjon	0,02501
Friksjonstap – colebrook	108,7 Pa/m

Friksjonstap tilnærming (for vann ved 80 grader)	
For plastrør	117,69 Pa/m

Høyeste friksjonsverdi brukes for trykktap

Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans	
Pumpe utløpstrykk	2,84	1 Bar	
Friksjonstap i tilførsel	0,16	0 Bar	
Høydeforskjell i rørstrekk	-0,45	-0,45 Bar	
Trykk ved innløp til varmeveksler	3,12	1,45 Bar	
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar	
Trykk ved utløp av varmeveksler	2,62	1,45 Bar	
Friksjonstap i retur	0,16	0 Bar	
Høydeforskjell i rørstrekk	0,45	0,45 Bar	
Trykk ved innløp til kjel	2,01	1 Bar	
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar	
Trykk i innløp til pumpe	1,51	1 Bar	
Trykkløstap over pumpe	1,33	0 Bar	
Laveste trykk	1,51	1 Bar	
Høyeste trykk	3,12	1,45 Bar	

Pumpekrav	
Løftehøyde	13,3 m
Minste pumpeeffekt	0,03 Kw
Årlig energibehov pumpe	303,7 kWh
Driftskostnad gitt 79,9øre/kwh	242,6 Kr / år

Varmetap	
Jordtemperatur	4,9 C
Kulvertisolasjon	0,1790 W/m-K
Varmetap turledning	941 W
Varmetap returledning	565 W
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmetap per lengdemeter	10,76 W / lm
Årlig varmetap	6551,6 kWh

System	
Tapt /brukt energi	6855,2 kWh
Avgitt energi	24592,2 kWh
Tilført energi	31447,5 kWh
Systemvirkningsgrad	78,2 %

Kulvertkostnader	
Kulvert meterpris	156,6 kr/m
Diverse	20000 kr
Kulvert kostnad	41924 kr
Grøftegraving meterpris	300 kr/m
Grøftegraving oppmøte	1667 kr
Grøftekostnad	43667 kr
Tilkoblingskostnad	85591 kr

Grøftegraving taes ikke med i sammenligning, grøft må graves uansett ved nybygg

Iterasjon Pumpetrykk			
Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans	
Pumpe utløpstrykk	1	1 Bar	
Friksjonstap i tilførsel	0,16	0 Bar	
Høydeforskjell i rørstrekk	-0,45	-0,45 Bar	
Trykk ved innløp til varmeveksler	1,29	1,45 Bar	
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar	
Trykk ved utløp av varmeveksler	0,79	1,45 Bar	
Friksjonstap i retur	0,16	0 Bar	
Høydeforskjell i rørstrekk	0,45	0,45 Bar	
Trykk ved innløp til kjel	0,17	1 Bar	
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar	
Trykk i innløp til pumpe	-0,33	1 Bar	
Trykkløstap over pumpe	1,33	0 Bar	
Laveste trykk	-0,33	1 Bar	
Høyeste trykk	1,29	1,45 Bar	
Nødvendig pumpetrykk	2,84	Bar	

Kjel driftstid med gitt effekt og varmetap	
Kjelleffekt	16,26 kW
Driftstid per år	1914,9 T / år
Andel av år	21,9 % av året
Driftstid per dag gitt likt dagsforbruk	5,2 T / dag
Energiproduksjon per dag	85,3 kWh/dag
Maksimalproduksjon	390,3 kWh/dag

Generelle data	
Rørstrekk	140 m
Høydeforskjell	-4,5 m
Turtemperatur	80 C
Returtemperatur	50 C
Densitet	971,8 kg/m <sup>3</sup>
Kinematisk viskositet	3,67E-007 m <sup>2</sup> /s
Plastrør absolutt ruhet	0,00E+000 m
Rørdiameter	25 mm
Kulvertisolasjon	0,1850 W/m-K
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varnebehov	
Årlig totalt behov	24592,22 kWh
Andel av behov dekket av varmeanlegg	100 %
Avgitt varme fra varmeanlegg	24592 kWh / år

Standard	TEK'10 hus inkl varmtvann
Plassering	Ved kår bolig
Temperatur	Høytemperatur system

Resultater	
Dimensjonerende effektbehov 20°C inne	16,26 Kw
Maks effekt levert av varmeanlegg	16,26 Kw
Temperaturdifferanse	30 C
Transportert vannmengde	0,13 kg/s
Transportert vannmengde	464,7 kg/h
Transportert vannmengde	0,48 m <sup>3</sup> /h
Vannhastighet	0,3 m/s

Frikjonstap – colebrook	
Reynolds tall	18441 Turbulent
Rørfrikjonstall – Colebrook iterasjon	0,02641
Frikjonstap – colebrook	37,62 Pa/m

Frikjonstap tilnærming (for vann ved 80 grader)	
For plastrør	41,77 Pa/m

Høyeste frikjonsverdi brukes for trykktap

Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans
Pumpe utløpsstrykk	2,63	1 Bar
Frikjonstap i tilførsel	0,06	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	-0,45	-0,45 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	3,02	1,45 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	2,52	1,45 Bar
Frikjonstap i retur	0,06	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0,45	0,45 Bar
Trykk ved innløp til kjel	2,01	1 Bar
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	1,51	1 Bar
Trykkløst		
Trykkdifferanse over pumpe	1,12	0 Bar
Laveste trykk	1,51	1 Bar
Høyeste trykk	3,02	1,45 Bar

Pumpekrav	
Løftehøyde	11,2 m
Minste pumpeeffekt	0,03 Kw
Årlig energibehov pumpe	268,6 kWh
Driftskostnad gitt 79,9øre/kwh	214,6 Kr / år

Varmetap	
Jordtemperatur	4,9 C
Kulvertisolasjon	0,1850 W/m-K
Varmetap turledning	973 W
Varmetap returledning	584 W
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmetap per lengdemeter	11,12 W / lm
Årlig varmetap	6771,2 kWh

System	
Tapt /brukt energi	7039,7 kWh
Avgitt energi	24592,22 kWh
Tilført energi	31632,0 kWh
Systemvirkningsgrad	77,74 %

Kulvertkostnader	
Kulvert meterpris	193,2 kr/m
Diverse	20000 kr
Kulvert kostnad	47048 kr
Grøftegraving meterpris	300 kr/m
Grøftegraving oppmøte	1667 kr
Grøftekostnad	43667 kr
Tilkoblingskostnad	90715 kr

Grøftegraving taes ikke med i sammenligning, grøft må graves uansett ved nybygg

Colebrook rørfrikjonstall for turbulent strømning, iterasjon				
1,00000	1,000	=	7,732	0,13
0,12933	2,781	=	6,844	0,41
0,05255	4,362	=	6,453	0,68
0,03552	5,306	=	6,283	0,84
0,03000	5,774	=	6,209	0,93
0,02789	5,987	=	6,178	0,97
0,02703	6,082	=	6,164	0,99
0,02667	6,123	=	6,158	0,99
0,02652	6,141	=	6,156	1
0,02645	6,148	=	6,155	1
0,02643	6,151	=	6,154	1
0,02641	6,153	=	6,154	1
0,02641	6,153	=	6,154	1
0,02641	6,154	=	6,154	1

Iterasjon Pumpetrykk		
Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans
Pumpe utløpsstrykk	1	1 Bar
Frikjonstap i tilførsel	0,06	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	-0,45	-0,45 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	1,39	1,45 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	0,89	1,45 Bar
Frikjonstap i retur	0,06	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0,45	0,45 Bar
Trykk ved innløp til kjel	0,38	1 Bar
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	-0,12	1 Bar
Trykkløst		
Trykkdifferanse over pumpe	1,12	0 Bar
Laveste trykk	-0,12	1 Bar
Høyeste trykk	1,39	1,45 Bar
Nødvendig pumpetrykk	2,63	Bar

Kjel driftstid med gitt effekt og varmetap	
Kjeleffekt	16,26 kW
Driftstid per år	1928,4 T / år
Andel av år	22,0 % av året
Driftstid per dag gitt likt dagsforbruk	5,3 T / dag
Energiproduksjon per dag	85,9 kWh/dag
Maksimalproduksjon	390,3 kWh/dag

Generelle data	
Rørstrekk	315 m
Høydeforskjell	24 m
Turtemperatur	80 C
Returtemperatur	50 C
Densitet	971,8 kg/m <sup>3</sup>
Kinematisk viskositet	3,67E-007 m <sup>2</sup> /s
Plastrør absolutt ruhet	0,00E+000 m
Rørdiameter	15 mm
Kulvertisolasjon	0,1700 W/m-K
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varnebehov	
Årlig totalt behov	24592,22 kWh
Andel av behov dekket av varmeanlegg	100 %
Avgitt varme fra varmeanlegg	24592 kWh / år

Standard	TEK*10 hus inkl varmtvann
Plassering	På åskam
Temperatur	Høytemperatur system

Resultater	
Dimensjonerende effektbehov 20°C inne	16,26 Kw
Maks effekt levert av varmeanlegg	16,26 Kw
Temperaturdifferanse	30 C
Transportert vannmengde	0,13 kg/s
Transportert vannmengde	464,7 kg/h
Transportert vannmengde	0,48 m <sup>3</sup> /h
Vannhastighet	0,8 m/s

Frikjonstap – colebrook	
Reynolds tall	30736 Turbulent
Rørfrikjonstall – Colebrook iterasjon	0,02335
Frikjonstap – colebrook	427,77 Pa/m

Frikjonstap tilnærming (for vann ved 80 grader)	
For plastrør	447,46 Pa/m

Høyeste frikjonsverdi brukes for trykktap

Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans
Pumpe utløpstrykk	5,82	1 Bar
Frikjonstap i tilførsel	1,41	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	2,4	2,4 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	2,01	-1,4 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	1,51	-1,4 Bar
Frikjonstap i retur	1,41	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	-2,4	-2,4 Bar
Trykk ved innløp til kjel	2,5	1 Bar
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	2	1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	3,82	0 Bar
Laveste trykk	1,51	Under 1 bar
Høyeste trykk	5,82	2,4 Bar

Pumpekrav	
Løftehøyde	38,2 m
Minste pumpeeffekt	0,09 Kw
Årlig energibehov pumpe	795,6 kWh
Driftskostnad gitt 79,9øre/kwh	635,7 Kr / år

Varmetap	
Jordtemperatur	4,9 C
Kulvertisolasjon	0,1700 W/m-K
Varmetap turledning	2011 W
Varmetap returledning	1208 W
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmetap per lengdemeter	10,22 W / lm
Årlig varmetap	13999,8 kWh

System	
Tapt /brukt energi	14795,4 kWh
Avgitt energi	24592,22 kWh
Tilført energi	39387,7 kWh
Systemvirkningsgrad	62,44 %

Kulvertkostnader	
Kulvert meterpris	140 kr/m
Diverse	20000 kr
Kulvert kostnad	64100 kr
Grøftegraving meterpris	300 kr/m
Grøftegraving oppmøte	1667 kr
Grøftekostnad	96167 kr
Tilkoblingskostnad	160267 kr

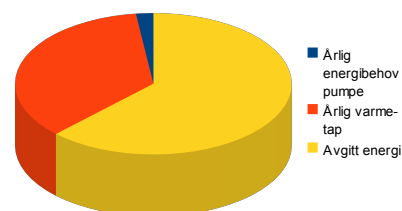
Grøftegraving taes ikke med i sammenligning, grøft må graves uansett ved nybygg

Colebrook rørfrikjonstall for turbulent strømning, iterasjon				
1,00000	1,000	=	8,176	0,12
0,12231	2,859	=	7,263	0,39
0,04815	4,557	=	6,859	0,66
0,03199	5,591	=	6,681	0,84
0,02677	6,112	=	6,604	0,93
0,02478	6,353	=	6,570	0,97
0,02396	6,461	=	6,555	0,99
0,02361	6,508	=	6,549	0,99
0,02346	6,528	=	6,546	1
0,02340	6,537	=	6,545	1
0,02337	6,541	=	6,545	1
0,02336	6,543	=	6,544	1
0,02335	6,544	=	6,544	1
0,02335	6,544	=	6,544	1

Iterasjon Pumpetrykk			
Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans	
Pumpe utløpstrykk	5,82	1	1 Bar
Frikjonstap i tilførsel	1,41	0	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	2,4	2,4	2,4 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	2,01	-1,4	-1,4 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	1,51	-1,4	-1,4 Bar
Frikjonstap i retur	1,41	0	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	-2,4	-2,4	-2,4 Bar
Trykk ved innløp til kjel	2,5	1	1 Bar
Trykktap i kjel	0,5	0	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	2	1	1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	3,82	0	0 Bar
Laveste trykk	1,51	-3,31	-1,4 Bar
Høyeste trykk	5,82	2,4	2,4 Bar
Nødvendig pumpetrykk	5,82		Bar

Kjel driftstid med gitt effekt og varmetap	
Kjelleffekt	16,26 kW
Driftstid per år	2372,9 T / år
Andel av år	27,1 % av året
Driftstid per dag gitt likt dagsforbruk	6,5 T / dag
Energiproduksjon per dag	105,7 kWh/dag
Maksimalproduksjon	390,3 kWh/dag

Fordeling av energi i kulvertanlegg



Generelle data	
Rørstrekk	315 m
Høydeforskjell	24 m
Turtemperatur	80 C
Returtemperatur	50 C
Densitet	971,8 kg/m <sup>3</sup>
Kinematisk viskositet	3,67E-007 m <sup>2</sup> /s
Plastrør absolutt ruhet	0,00E+000 m
Rørdiameter	20 mm
Kulvertisolasjon	0,1790 W/m-K
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmebehov	
Årlig totalt behov	24592,22 kWh
Andel av behov dekket av varmeanlegg	100%
Avgitt varme fra varmeanlegg	24592 kWh / år

Resultater	
Dimensjonerende effektbehov 20°C inne	16,26 Kw
Maks effekt levert av varmeanlegg	16,26 Kw
Temperaturdifferenase	30 C
Transportert vannmengde	0,13 kg/s
Transportert vannmengde	464,7 kg/h
Transportert vannmengde	0,48 m <sup>3</sup> /h
Vannhastighet	0,4 m/s

Friksjonstap – colebrook	
Reynolds tall	23052 <b>Turbulent</b>
Rørfriksjonstall – Colebrook iterasjon	0,02501
Friksjonstap – colebrook	108,7 Pa/m

Friksjonstap tilnærming (for vann ved 80 grader)	
For plastrør	117,69 Pa/m

Høyeste friksjonsverdi brukes for trykktap

Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans	
Pumpe utløpstrykk	4,78		1 Bar
Friksjonstap i tilførsel	0,37		0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	2,4		2,4 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	2,01		-1,4 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5		0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	1,51		-1,4 Bar
Friksjonstap i retur	0,37		0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	-2,4		-2,4 Bar
Trykk ved innløp til kjel	3,54		1 Bar
Trykktap i kjel	0,5		0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	3,04		1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1,74		0 Bar
Laveste trykk	1,51	Under 1 bar	Bar
Høyeste trykk	4,78	2,4	Bar

Pumpekrav	
Løftehøyde	17,4 m
Minste pumpeeffekt	0,07 Kw
Årlig energibehov pumpe	624,1 kWh
Driftskostnad gitt 79,9øre/kwh	498,7 Kr / år

Varmetap	
Jordtemperatur	4,9 C
Kulvertisolasjon	0,1790 W/m-K
Varmetap turledning	2117 W
Varmetap returledning	1271 W
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmetap per lengdemeter	10,76 W / lm
Årlig varmetap	14741,0 kWh

System	
Tapt /brukt energi	15365,1 kWh
Avgitt energi	24592,22 kWh
Tilført energi	39957,4 kWh
Systemvirkningsgrad	61,55%

Kulvertkostnader	
Kulvert meterpris	156,6 kr/m
Diverse	20000 kr
Kulvert kostnad	69329 kr
Grøftegraving meterpris	300 kr/m
Grøftegraving oppmøte	1667 kr
Grøftekostnad	96167 kr
Tilkoblingskostnad	165496 kr

Grøftegraving taes ikke med i sammenligning, grøft må graves uansett ved nybygg

Standard	TEK'10 hus inkl varmtvann
Plassering	På åskam
Temperatur	Høytemperatur system

Colebrook rørfriksjonstall for turbulent strømning, iterasjon					
1,00000	1,000	=	7,926	0,13	
0,12617	2,815	=	7,027	0,4	
0,05055	4,448	=	6,630	0,67	
0,03391	5,430	=	6,456	0,84	
0,02852	5,921	=	6,381	0,93	
0,02647	6,147	=	6,349	0,97	
0,02562	6,247	=	6,335	0,99	
0,02527	6,291	=	6,329	0,99	
0,02512	6,310	=	6,326	1	
0,02505	6,318	=	6,325	1	
0,02503	6,321	=	6,324	1	
0,02501	6,323	=	6,324	1	
0,02501	6,324	=	6,324	1	
0,02501	6,324	=	6,324	1	

Iterasjon Pumpetrykk	Under drift	Stans	
Trykk i rørstrekk			
Pumpe utløpstrykk	1		1 Bar
Friksjonstap i tilførsel	0,37		0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	2,4		2,4 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	-1,77		-1,4 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5		0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	-2,27		-1,4 Bar
Friksjonstap i retur	0,37		0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	-2,4		-2,4 Bar
Trykk ved innløp til kjel	-0,24		1 Bar
Trykktap i kjel	0,5		0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	-0,74		1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1,74		0 Bar
Laveste trykk	-2,27		-1,4 Bar
Høyeste trykk	2,4		2,4 Bar
Nødvendig pumpetrykk	4,78		Bar

Kjel driftstid med gitt effekt og varmetap	
Kjeleffekt	16,26 kW
Driftstid per år	2418,5 T / år
Andel av år	27,6% av året
Driftstid per dag gitt likt dagsforbruk	6,6 T / dag
Energiproduksjon per dag	107,8 kWh/dag
Maksimalproduksjon	390,3 kWh/dag

Generelle data	
Rørstrekk	315 m
Høydeforskjell	24 m
Turtemperatur	80 C
Returtemperatur	50 C
Densitet	971,8 kg/m <sup>3</sup>
Kinematisk viskositet	3,67E-007 m <sup>2</sup> /s
Plastrør absolutt ruhet	0,00E+000 m
Rørdiameter	25 mm
Kulvertisolasjon	0,1850 W/m-K
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmebehov	
Årlig totalt behov	24592,22 kWh
Andel av behov dekket av varmeanlegg	100 %
Avgitt varme fra varmeanlegg	24592 kWh / år

Standard	TEK*10 hus inkl varmtvann
Plassering	På åskam
Temperatur	Høytemperatur system

Resultater	
Dimensjonerende effektbehov 20°C inne	16,26 Kw
Maks effekt levert av varmeanlegg	16,26 Kw
Temperaturdifferanse	30 C
Transportert vannmengde	0,13 kg/s
Transportert vannmengde	464,7 kg/h
Transportert vannmengde	0,48 m <sup>3</sup> /h
Vannhastighet	0,3 m/s

Frikjonstap – colebrook	
Reynolds tall	18441 Turbulent
Rørfrikjonstall – Colebrook iterasjon	0,02641
Frikjonstap – colebrook	37,62 Pa/m

Frikjonstap tilnærming (for vann ved 80 grader)	
For plastrør	41,77 Pa/m

Høyeste frikjonsverdi brukes for trykktap

Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans
Pumpe utløpstrykk	4,54	1 Bar
Frikjonstap i tilførsel	0,13	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	2,4	2,4 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	2,01	-1,4 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	1,51	-1,4 Bar
Frikjonstap i retur	0,13	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	-2,4	-2,4 Bar
Trykk ved innløp til kjel	3,78	1 Bar
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	3,28	1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1,26	0 Bar
Laveste trykk	1,51	Under 1 bar
Høyeste trykk	4,54	2,4 Bar

Pumpekrav	
Løftehøyde	12,6 m
Minste pumpeeffekt	0,07 Kw
Årlig energibehov pumpe	584,6 kWh
Driftskostnad gitt 79,9øre/kwh	467,1 Kr / år

Varmetap	
Jordtemperatur	4,9 C
Kulvertisolasjon	0,1850 W/m-K
Varmetap turledning	2188 W
Varmetap returledning	1314 W
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmetap per lengdemeter	11,12 W / lm
Årlig varmetap	15235,1 kWh

System	
Tapt /brukt energi	15819,8 kWh
Avgitt energi	24592,22 kWh
Tilført energi	40412,0 kWh
Systemvirkningsgrad	60,85 %

Kulvertkostnader	
Kulvert meterpris	193,2 kr/m
Diverse	20000 kr
Kulvert kostnad	80858 kr
Grøftegraving meterpris	300 kr/m
Grøftegraving oppmøte	1667 kr
Grøftkostnad	96167 kr
Tilkoblingskostnad	177025 kr

Grøftegraving taes ikke med i sammenligning, grøft må graves uansett ved nybygg

Colebrook rørfrikjonstall for turbulent strømning, iterasjon				
1,00000	1,000	=	7,732	0,13
0,12933	2,781	=	6,844	0,41
0,05255	4,362	=	6,453	0,68
0,03552	5,306	=	6,283	0,84
0,03000	5,774	=	6,209	0,93
0,02789	5,987	=	6,178	0,97
0,02703	6,082	=	6,164	0,99
0,02667	6,123	=	6,158	0,99
0,02652	6,141	=	6,156	1
0,02645	6,148	=	6,155	1
0,02643	6,151	=	6,154	1
0,02641	6,153	=	6,154	1
0,02641	6,153	=	6,154	1
0,02641	6,154	=	6,154	1

Iterasjon Pumpetrykk		
Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans
Pumpe utløpstrykk	1	1 Bar
Frikjonstap i tilførsel	0,13	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	2,4	2,4 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	-1,53	-1,4 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	-2,03	-1,4 Bar
Frikjonstap i retur	0,13	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	-2,4	-2,4 Bar
Trykk ved innløp til kjel	0,24	1 Bar
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	-0,26	1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1,26	0 Bar
Laveste trykk	-2,03	-1,4 Bar
Høyeste trykk	2,4	2,4 Bar
Nødvendig pumpetrykk	4,54	Bar

Kjel driftstid med gitt effekt og varmetap	
Kjeleffekt	16,26 kW
Driftstid per år	2448,9 T / år
Andel av år	28,0 % av året
Driftstid per dag gitt likt dagsforbruk	6,7 T / dag
Energiproduksjon per dag	109,1 kWh/dag
Maksimalproduksjon	390,3 kWh/dag

**Vedlegg AP – Beregning av kulvert for hovedhus med 100% dekning****Resultater**

	Arbeidsområde (°C)	80/60			50/40		
	Rørdiameter (mm)	15	20	25	15	20	25
<b>Hovedhus</b>	Tapt energi (kWh)	2074	2143	2200	1527	1506	1526
	Virkningsgrad %	92,6	92,4	92,2	94,5	94,5	94,5
	Kulvertkostnad (kr)	25467	25799	26531	25467	25799	26531
	Driftskostnad (kr)	236	216	212	390	330	316
<b>Hovedhus</b>	Tapt energi (kWh)	2142	2196	2250			
<b>inkludert</b>	Virkningsgrad %	93,7	93,5	93,4			
<b>varmtvann</b>	Kulvertkostnad (kr)	25467	25799	26531			
	Driftskostnad (kr)	291	259	252			

Minste energitap	1506 kWh
Høyeste energitap	2250 kWh
Maksimal virkningsgrad	94,5 %
Minst virkningsgrad	92,2 %
Laveste kulvertkostnad	25467 kr
Høyeste kulvertkostnad	26531 kr
Laveste driftskostnad	212 kr
Høyeste driftskostnad	390 kr

\* Tapt energi er summen av varmetap og elektrisitet brukt for å drive pumpe

\* Anleggets virkningsgrad referer bare til distribusjonsanlegget og baseres på avgitt varme i forhold til tilført energi i form av varme og elektrisitet til pumpe

\* Kulvertkostnaden er avhengig av rørdiameter og kulvertens lengde

\* Driftskostnad er estimert elektrisitetskostnad for pumpedrift ved 80øre/kWh

<b>Konstanter</b>		
Cv vann	4200	J/kg-K
Vann densitet 40 deg	992,2	kg/m <sup>3</sup>
Vann densitet 50 deg	988,0	kg/m <sup>3</sup>
Vann densitet 80 deg	971,8	kg/m <sup>3</sup>
Sekunder / time	3600	s
Vann kinematisk viskositet 40 deg	6,58E-007	m <sup>2</sup> /s
Vann kinematisk viskositet 50 deg	5,53E-007	m <sup>2</sup> /s
Vann kinematisk viskositet 80 deg	3,67E-007	m <sup>2</sup> /s
Forhold meter vannsøyle / bar	10	m/bar
Forhold Pascal / bar	1,00E+005	Pa/bar
Varmetapstall kulvert doble 15mm rør **	0,1700	W/m-K
Varmetapstall kulvert doble 20mm rør	0,1790	W/m-K
Varmetapstall kulvert doble 25mm rør	0,1850	W/m-K
Andel oppvarming dekket av anlegg	100	%
Andel av dimensjonerende effektbehov	100	%
<b>Kulvertkostnader</b>		
Grøftegraving meterpris ***	300	kr/m
Grøftegraving oppmøte ***	5000	kr
Kostnad kulvert doble 15mm rør **	140	SEK ex. Mva./m *
Kostnad kulvert doble 20mm rør	156,6	SEK ex. Mva./m *
Kostnad kulvert doble 25mm rør	193,2	SEK ex. Mva./m *
Diverse ****	15000	kr
<b>Energibehov</b>		
Hovedhus	23475	kWh
Varmtvannsforbruk røkterfamilie	5158	kWh
Varmeveksler virkningsgrad	90	%
Hovedhus	26083	kWh
Varmtvannsforbruk røkterfamilie	5731	kWh
<b>Lavtemperatursystem</b>		
Turtemperatur	50	
Returtemperatur	30	
<b>Høytemperatursystem</b>		
Turtemperatur	80	
Returtemperatur	50	

\* Det antas at 1 SEK = 1 NOK

\*\* Leverandøren har ikke kulvert for 15mm rør, verdier er estimater

\*\*\* Basert på tall levert av Trygve Stangeland entreprenør for grøfting, omgyling, lukking og transport

\*\*\*\* Her inngår kostnader ved transport og installasjon



Generelle data	
Rørstrekk	20m
Høydeforskjell	0m
Turtemperatur	80°C
Returtemperatur	50°C
Densitet	971,8 kg/m <sup>3</sup>
Kinematisk viskositet	3,67E-007 m <sup>2</sup> /s
Plastrør absolutt ruhet	0,00E+000 m
Rørdiameter	15 mm
Kulvertisolasjon	0,1700 W/m-K
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
<b>Varmebehov</b>	
Årlig totalt behov	26083 kWh
Andel av behov dekket av varmeanlegg	100%
Avgitt varme fra varmeanlegg	26083 kWh / år

<b>Standard</b>	<b>Byggestandard 1986</b>
<b>Plassering</b>	<b>I gardsrom</b>
<b>Temperatur</b>	<b>Høytemperatur system</b>

Resultater	
Dimensjonerende effektbehov 20°C inne	17,09 Kw
<b>Maks effekt levert av varmeanlegg</b>	<b>17,09 Kw</b>
Temperaturdifferanse	30°C
Transportert vannmengde	0,14 kg/s
<b>Transportert vannmengde</b>	<b>488,41 kg/h</b>
Transportert vannmengde	0,503 m <sup>3</sup> /h
<b>Vannhastighet</b>	<b>0,77 m/s</b>

Friksjonstap – colebrook	
Reynolds tall	31399 <b>Turbulent</b>
Rørfriksjonstall – Colebrook iterasjon	0,02324
Friksjonstap – colebrook	444,19 Pa/m

Friksjonstap tilnærming (for vann ved 80 grader)	
For plastrør	487,16 Pa/m

Høyeste friksjonsverdi brukes for trykktap

Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans
<b>Pumpe utløpstrykk</b>	<b>2,7</b>	<b>1 Bar</b>
Friksjonstap i tilførsel	0,1	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0	0 Bar
<b>Trykk ved innløp til varmeveksler</b>	<b>2,61</b>	<b>1 Bar</b>
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar
<b>Trykk ved utløp av varmeveksler</b>	<b>2,11</b>	<b>1 Bar</b>
Friksjonstap i retur	0,1	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0	0 Bar
<b>Trykk ved innløp til kjel</b>	<b>2,01</b>	<b>1 Bar</b>
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar
<b>Trykk i innløp til pumpe</b>	<b>1,51</b>	<b>1 Bar</b>
<b>Trykkdifferanse over pumpe</b>	<b>1,19</b>	<b>0 Bar</b>
Laveste trykk	1,51	1 Bar
Høyeste trykk	2,7	1 Bar

Pumpekrav	
Løftehøyde	11,9 m
Minste pumpeeffekt	0,03 Kw
Årlig energibehov pumpe	295,8 kWh
<b>Driftskostnad gitt 79,9øre/kwh</b>	<b>236,4 Kr / år</b>

Varmetap	
Jordtemperatur	4,9°C
Kulvertisolasjon	0,1700 W/m-K
Varmetap turledning	128 W
Varmetap returledning	77 W
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
<b>Varmetap per lengdemeter</b>	<b>10,22 W / lm</b>
<b>Årlig varmetap</b>	<b>1777,8 kWh</b>

System	
<b>Tapt /brukt energi</b>	<b>2073,6 kWh</b>
Avgitt energi	26083,33 kWh
Tilført energi	28156,9 kWh
<b>Systemvirkningsgrad</b>	<b>92,64%</b>

Kulvertkostnader	
Kulvert meterpris	140 kr/m
Diverse	15000 kr
<b>Kulvert kostnad</b>	<b>17800 kr</b>
Grøftegraving meterpris	300 kr/m
Grøftegraving oppmøte	1667 kr
<b>Grøftekostnad</b>	<b>7667 kr</b>
<b>Tilkoblingskostnad</b>	<b>25467 kr</b>

Grøftegraving taes ikke med i sammenligning, grøft må graves uansett ved nybygg

Colebrook rørfriksjonstall for turbulent strømning, iterasjon				
1,00000	1,000	=	8,194	0,12
0,12203	2,863	=	7,281	0,39
0,04798	4,565	=	6,876	0,66
0,03186	5,603	=	6,698	0,84
0,02665	6,126	=	6,620	0,93
0,02466	6,368	=	6,586	0,97
0,02384	6,476	=	6,572	0,99
0,02350	6,524	=	6,565	0,99
0,02335	6,545	=	6,563	1
0,02328	6,554	=	6,562	1
0,02325	6,558	=	6,561	1
0,02324	6,559	=	6,561	1
0,02324	6,560	=	6,561	1
0,02324	6,560	=	6,561	1

Iterasjon Pumpetrykk		
Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans
<b>Pumpe utløpstrykk</b>	<b>1</b>	<b>1 Bar</b>
Friksjonstap i tilførsel	0,1	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0	0 Bar
<b>Trykk ved innløp til varmeveksler</b>	<b>0,9</b>	<b>1 Bar</b>
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar
<b>Trykk ved utløp av varmeveksler</b>	<b>0,4</b>	<b>1 Bar</b>
Friksjonstap i retur	0,1	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0	0 Bar
<b>Trykk ved innløp til kjel</b>	<b>0,31</b>	<b>1 Bar</b>
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar
<b>Trykk i innløp til pumpe</b>	<b>-0,19</b>	<b>1 Bar</b>
<b>Trykkdifferanse over pumpe</b>	<b>1,19</b>	<b>0 Bar</b>
Laveste trykk	-0,19	1 Bar
Høyeste trykk	1	1 Bar
Nødvendig pumpetrykk	2,7	Bar

Kjel driftstid med gitt effekt og varmetap	
<b>Kjeleffekt</b>	<b>17,09 kW</b>
Driftstid per år	1629,8 T / år
Andel av år	18,6% av året
<b>Driftstid per dag gitt likt dagsforbruk</b>	<b>4,5 T / dag</b>
Energiproduksjon per dag	76,3 kWh/dag
Maksimalproduksjon	410,3 kWh/dag

Generelle data	
Rørstrekk	20m
Høydeforskjell	0m
Turtemperatur	80C
Returtemperatur	50C
Densitet	971,8 kg/m <sup>3</sup>
Kinematisk viskositet	3,67E-007 m <sup>2</sup> /s
Plastrør absolutt ruhet	0,00E+000 m
Rørdiameter	20 mm
Kulvertisolasjon	0,1790 W/m-K
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmebehov	
Årlig totalt behov	26083 kWh
Andel av behov dekket av varmeanlegg	100%
Avgitt varme fra varmeanlegg	26083 kWh / år

<b>Standard</b>	<b>Byggestandard 1986</b>
<b>Plassering</b>	<b>I gardsrom</b>
<b>Temperatur</b>	<b>Høytemperatur system</b>

Resultater	
Dimensjonerende effektbehov 20°C inne	17,09 Kw
<b>Maks effekt levert av varmeanlegg</b>	<b>17,09 Kw</b>
Temperaturdifferenase	30C
Transportert vannmengde	0,14 kg/s
<b>Transportert vannmengde</b>	<b>488,41 kg/h</b>
Transportert vannmengde	0,503 m <sup>3</sup> /h
<b>Vannhastighet</b>	<b>0,43 m/s</b>

Friksjonstap – colebrook	
Reynolds tall	23549 <b>Turbulent</b>
Rørfriksjonstall – Colebrook iterasjon	0,02488
Friksjonstap – colebrook	112,86 Pa/m

Friksjonstap tilnærming (for vann ved 80 grader)	
For plastrør	128,13 Pa/m

Høyeste friksjonsverdi brukes for trykktap

Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans	
Pumpe utløpstrykk	2,56	1	Bar
Friksjonstap i tilførsel	0,03	0	Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0	0	Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	2,54	1	Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0	Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	2,04	1	Bar
Friksjonstap i retur	0,03	0	Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0	0	Bar
Trykk ved innløp til kjel	2,01	1	Bar
Trykktap i kjel	0,5	0	Bar
Trykk i innløp til pumpe	1,51	1	Bar
<b>Trykkdifferanse over pumpe</b>	<b>1,05</b>	<b>0</b>	<b>Bar</b>
Laveste trykk	1,51	1	Bar
Høyeste trykk	2,56	1	Bar

Pumpekrav	
Løftehøyde	10,5 m
Minste pumpeeffekt	0,03 Kw
Årlig energibehov pumpe	270,9 kWh
<b>Driftskostnad gitt 79,9øre/kwh</b>	<b>216,4 Kr / år</b>

Varmetap	
Jordtemperatur	4,9C
Kulvertisolasjon	0,1790 W/m-K
Varmetap turlledning	134 W
Varmetap returledning	81 W
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
<b>Varmetap per lengdemeter</b>	<b>10,76 W / lm</b>
<b>Årlig varmetap</b>	<b>1871,9 kWh</b>

System	
<b>Tapt /brukt energi</b>	<b>2142,8 kWh</b>
Avgitt energi	26083,33 kWh
Tilført energi	28226,1 kWh
<b>Systemvirkningsgrad</b>	<b>92,41%</b>

Kulvertkostnader	
Kulvert meterpris	156,6 kr/m
Diverse	15000 kr
<b>Kulvert kostnad</b>	<b>18132 kr</b>
Grøftegraving meterpris	300 kr/m
Grøftegraving oppmøte	1667 kr
<b>Grøftekostnad</b>	<b>7667 kr</b>
<b>Tilkoblingskostnad</b>	<b>25799 kr</b>

Grøftegraving taes ikke med i sammenligning, grøft må graves uansett ved nybygg

Colebrook rørfriksjonstall for turbulent strømning, iterasjon					
1,00000	1,000	=	7,945	0,13	
0,12587	2,819	=	7,045	0,4	
0,05036	4,456	=	6,647	0,67	
0,03376	5,442	=	6,473	0,84	
0,02839	5,935	=	6,398	0,93	
0,02634	6,162	=	6,365	0,97	
0,02550	6,263	=	6,351	0,99	
0,02514	6,307	=	6,345	0,99	
0,02499	6,326	=	6,342	1	
0,02492	6,334	=	6,341	1	
0,02490	6,338	=	6,341	1	
0,02488	6,339	=	6,341	1	
0,02488	6,340	=	6,340	1	
0,02488	6,340	=	6,340	1	

Iterasjon Pumpetrykk	Under drift	Stans	
Trykk i rørstrekk			
Pumpe utløpstrykk	1	1	Bar
Friksjonstap i tilførsel	0,03	0	Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0	0	Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	0,97	1	Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0	Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	0,47	1	Bar
Friksjonstap i retur	0,03	0	Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0	0	Bar
Trykk ved innløp til kjel	0,45	1	Bar
Trykktap i kjel	0,5	0	Bar
Trykk i innløp til pumpe	-0,05	1	Bar
<b>Trykkdifferanse over pumpe</b>	<b>1,05</b>	<b>0</b>	<b>Bar</b>
Laveste trykk	-0,05	1	Bar
Høyeste trykk	1	1	Bar
Nødvendig pumpetrykk	2,56		Bar

Kjel driftstid med gitt effekt og varmetap	
Kjeleffekt	17,09 kW
Driftstid per år	1635,3 T / år
Andel av år	18,7% av året
<b>Driftstid per dag gitt likt dagsforbruk</b>	<b>4,5 T / dag</b>
Energiproduksjon per dag	76,6 kWh/dag
Maksimalproduksjon	410,3 kWh/dag

Generelle data	
Rørstrek	20m
Høydeforskjell	0m
Turtemperatur	80C
Returtemperatur	50C
Densitet	971,8kg/m <sup>3</sup>
Kinematisk viskositet	3,67E-007m <sup>2</sup> /s
Plastrør absolutt ruhet	0,00E+000m
Rørdiameter	25mm
Kulvertisolasjon	0,1850W/m-K
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varnebehov	
Årlig totalt behov	26083kWh
Andel av behov dekket av varmeanlegg	100%
Avgitt varme fra varmeanlegg	26083kWh / år

Standard	Byggestandard 1986
Plassering	I gardsrom
Temperatur	Høytemperatur system

Resultater	
Dimensjonerende effektbehov 20°C inne	17,09Kw
Maks effekt levert av varmeanlegg	17,09Kw
Temperaturdifferanse	30C
Transportert vannmengde	0,14kg/s
Transportert vannmengde	488,41kg/h
Transportert vannmengde	0,503m <sup>3</sup> /h
Vannhastighet	0,28m/s

Colebrook rørfriksjonstall for turbulent strømning, iterasjon				
1,00000	1,000	=	7,751	0,13
0,12902	2,784	=	6,861	0,41
0,05235	4,371	=	6,470	0,68
0,03536	5,318	=	6,299	0,84
0,02985	5,788	=	6,226	0,93
0,02775	6,003	=	6,194	0,97
0,02690	6,098	=	6,180	0,99
0,02653	6,139	=	6,175	0,99
0,02638	6,157	=	6,172	1
0,02632	6,164	=	6,171	1
0,02629	6,168	=	6,171	1
0,02628	6,169	=	6,170	1
0,02627	6,170	=	6,170	1
0,02627	6,170	=	6,170	1

Friksjonstap – colebrook	
Reynolds tall	18839 Turbulent
Rørfriksjonstall – Colebrook iterasjon	0,02627
Friksjonstap – colebrook	39,05Pa/m

Friksjonstap tilnærming (for vann ved 80 grader)	
For plastrør	45,47Pa/m
Høyeste friksjonsverdi brukes for trykktap	

Trykk i rørstrek	Under drift	Stans	
Pumpe utløpstrykk	2,53		1 Bar
Friksjonstap i tilførsel	0,0		0 Bar
Høydeforskjell i rørstrek	0		0 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	2,52		1 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5		0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	2,02		1 Bar
Friksjonstap i retur	0,01		0 Bar
Høydeforskjell i rørstrek	0		0 Bar
Trykk ved innløp til kjel	2,01		1 Bar
Trykktap i kjel	0,5		0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	1,51		1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1,02		0 Bar
Laveste trykk	1,51		1 Bar
Høyeste trykk	2,53		1 Bar

Pumpekrav	
Løftehøyde	10,2m
Minste pumpeeffekt	0,03Kw
Årlig energibehov pumpe	265,2kWh
Driftskostnad gitt 79,9øre/kwh	211,9Kr / år

Varmetap	
Jordtemperatur	4,9C
Kulvertisolasjon	0,1850W/m-K
Varmetap turledning	139W
Varmetap returledning	83W
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmetap per lengdemeter	11,12W / lm
Årlig varmetap	1934,6kWh

System	
Tapt /brukt energi	2199,8kWh
Avgitt energi	26083,33kWh
Tilført energi	28283,1kWh
Systemvirkningsgrad	92,22%

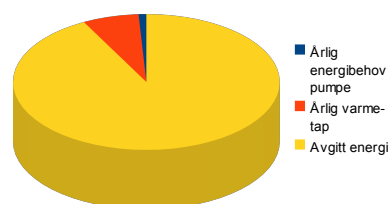
Kulvertkostnader	
Kulvert meterpris	193,2kr/m
Diverse	15000kr
Kulvert kostnad	18864kr
Grøftegraving meterpris	300kr/m
Grøftegraving oppmøte	1667kr
Grøftkostnad	7667kr
Tilkoblingskostnad	26531kr

Grøftegraving taes ikke med i sammenligning, grøft må graves uansett ved nybygging

Iterasjon Pumpetrykk		
Trykk i rørstrek	Under drift	Stans
Pumpe utløpstrykk	1	1 Bar
Friksjonstap i tilførsel	0,01	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrek	0	0 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	0,99	1 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	0,49	1 Bar
Friksjonstap i retur	0,01	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrek	0	0 Bar
Trykk ved innløp til kjel	0,48	1 Bar
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	-0,02	1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1,02	0 Bar
Laveste trykk	-0,02	1 Bar
Høyeste trykk	1	1 Bar
Nødvendig pumpetrykk	2,53	Bar

Kjel driftstid med gitt effekt og varmetap	
Kjeleffekt	17,09kW
Driftstid per år	1639,0T / år
Andel av år	18,7% av året
Driftstid per dag gitt likt dagsforbruk	4,5T / dag
Energiproduksjon per dag	76,8kWh/dag
Maksimalproduksjon	410,3kWh/dag

Fordeling av energi i kulvertanlegg



Generelle data	
Rørstrek	20m
Høydeforskjell	0m
Turtemperatur	50C
Returtemperatur	30C
Densitet	988 kg/m <sup>3</sup>
Kinematisk viskositet	5,53E-007 m <sup>2</sup> /s
Plastrør absolutt ruhet	0,00E+000m
Rørdiameter	15mm
Kulvertisolasjon	0,1700W/m-K
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmebehov	
Årlig totalt behov	26083 kWh
Andel av behov dekket av varmeanlegg	100%
Avgitt varme fra varmeanlegg	26083 kWh / år

Standard	Byggestandard 1986
Plassering	I gardsrom
Temperatur	Lavtemperatur system

Resultater	
Dimensjonerende effektbehov 20°C inne	17,09 Kw
Maks effekt levert av varmeanlegg	17,09 Kw
Temperaturdifferanse	20 C
Transportert vannmengde	0,2 kg/s
Transportert vannmengde	732,62 kg/h
Transportert vannmengde	0,742 m <sup>3</sup> /h
Vannhastighet	1,15 m/s

Frikjonstap – colebrook	
Reynolds tall	31257 <b>Turbulent</b>
Rørfrikjonstall – Colebrook iterasjon	0,02326
Frikjonstap – colebrook	1017,17 Pa/m

Frikjonstap tilnærming (for vann ved 80 grader)	
For plastrør	973,14 Pa/m
Høyeste frikjonsverdi brukes for trykktap	

Trykk i rørstrek	Under drift	Stans
Pumpe utløpstrykk	2,91	1 Bar
Frikjonstap i tilførsel	0,2	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrek	0	0 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	2,7	1 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	2,2	1 Bar
Frikjonstap i retur	0,2	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrek	0	0 Bar
Trykk ved innløp til kjel	2	1 Bar
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	1,5	1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1,41	0 Bar
Laveste trykk	1,5	1 Bar
Høyeste trykk	2,91	1 Bar

Pumpekrav	
Løftehøyde	14,1 m
Minste pumpeeffekt	0,06 Kw
Årlig energibehov pumpe	488,5 kWh
Driftskostnad gitt 79,9øre/kwh	390,3 Kr / år

Varmetap	
Jordtemperatur	4,9 C
Kulvertisolasjon	0,1700W/m-K
Varmetap turledning	77 W
Varmetap returledning	43 W
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmetap per lengdemeter	5,97 W / lm
Årlig varmetap	1038,3 kWh

System	
Tapt /brukt energi	1526,7 kWh
Avgitt energi	26083,33 kWh
Tilført energi	27610,1 kWh
Systemvirkningsgrad	94,47%

Kulvertkostnader	
Kulvert meterpris	140 kr/m
Diverse	15000 kr
Kulvert kostnad	17800 kr
Grøftegraving meterpris	300 kr/m
Grøftegraving oppmøte	1667 kr
Grøftekostnad	7667 kr
Tilkoblingskostnad	25467 kr

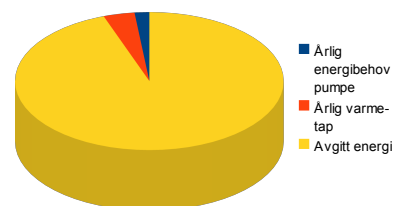
Grøftegraving taes ikke med i sammenligning, grøft må graves uansett ved nybygg

Colebrook rørfrikjonstall for turbulent strømning, iterasjon				
1,00000	1,000	=	8,191	0,12
0,12209	2,862	=	7,277	0,39
0,04802	4,564	=	6,872	0,66
0,03189	5,600	=	6,694	0,84
0,02668	6,123	=	6,617	0,93
0,02468	6,365	=	6,583	0,97
0,02387	6,473	=	6,568	0,99
0,02352	6,520	=	6,562	0,99
0,02337	6,541	=	6,559	1
0,02331	6,550	=	6,558	1
0,02328	6,554	=	6,558	1
0,02327	6,556	=	6,557	1
0,02326	6,557	=	6,557	1
0,02326	6,557	=	6,557	1

Iterasjon Pumpetrykk		
Trykk i rørstrek	Under drift	Stans
Pumpe utløpstrykk	1	1 Bar
Frikjonstap i tilførsel	0,19	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrek	0	0 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	0,81	1 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	0,31	1 Bar
Frikjonstap i retur	0,2	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrek	0	0 Bar
Trykk ved innløp til kjel	0,1	1 Bar
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	-0,4	1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1,4	0 Bar
Laveste trykk	-0,4	1 Bar
Høyeste trykk	1	1 Bar
Nødvendig pumpetrykk	2,91	1 Bar

Kjel driftstid med gitt effekt og varmetap	
Kjeleffekt	17,09 kW
Driftstid per år	1586,6 T / år
Andel av år	18,1% av året
Driftstid per dag gitt likt dagsforbruk	4,3 T / dag
Energiproduksjon per dag	74,3 kWh/dag
Maksimalproduksjon	410,3 kWh/dag

Fordeling av energi i kulvertanlegg



Generelle data	
Rørstrekk	20m
Høydeforskjell	0m
Turtemperatur	50°C
Returtemperatur	30°C
Densitet	988 kg/m <sup>3</sup>
Kinematisk viskositet	5,53E-007 m <sup>2</sup> /s
Plastrør absolutt ruhet	0,00E+000 m
Rørdiameter	20 mm
Kulvertisolasjon	0,1790 W/m-K
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmebehov	
Årlig totalt behov	26083 kWh
Andel av behov dekket av varmeanlegg	100%
Avgitt varme fra varmeanlegg	26083 kWh / år

Standard	Byggestandard 1986
Plassering	I gardsrom
Temperatur	Lavtemperatur system

Resultater	
Dimensjonerende effektbehov 20°C inne	17,09 Kw
Maks effekt levert av varmeanlegg	17,09 Kw
Temperaturdifferanse	20°C
Transportert vannmengde	0,2 kg/s
Transportert vannmengde	732,62 kg/h
Transportert vannmengde	0,742 m <sup>3</sup> /h
Vannhastighet	0,65 m/s

Frikjonstap – colebrook	
Reynolds tall	23442 Turbulent
Rørfrikjonstall – Colebrook iterasjon	0,02490
Frikjonstap – colebrook	258,45 Pa/m

Frikjonstap tilnærming (for vann ved 80 grader)	
For plastrør	255,96 Pa/m

Høyeste frikjonsverdi brukes for trykktap

Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans
Pumpe utløpstrykk	2,61	1 Bar
Frikjonstap i tilførsel	0,05	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0	0 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	2,56	1 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	2,06	1 Bar
Frikjonstap i retur	0,05	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0	0 Bar
Trykk ved innløp til kjel	2,01	1 Bar
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	1,51	1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1,1	0 Bar
Laveste trykk	1,51	1 Bar
Høyeste trykk	2,61	1 Bar

Pumpekrav	
Løftehøyde	11,0 m
Minste pumpeeffekt	0,05 Kw
Årlig energibehov pumpe	412,9 kWh
Driftskostnad gitt 79,9øre/kwh	329,9 Kr / år

Varmetap	
Jordtemperatur	4,9°C
Kulvertisolasjon	0,1790 W/m-K
Varmetap turledning	81 W
Varmetap returledning	45 W
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmetap per lengdemeter	6,28 W / lm
Årlig varmetap	1093 kWh

System	
Tapt /brukt energi	1506,1 kWh
Avgitt energi	26083 kWh
Tilført energi	27589 kWh
Systemvirkningsgrad	94,54%

Kulvertkostnader	
Kulvert meterpris	156,6 kr/m
Diverse	15000 kr
Kulvert kostnad	18132 kr
Grøftegraving meterpris	300 kr/m
Grøftegraving oppmøte	1667 kr
Grøftekostnad	7667 kr
Tilkoblingskostnad	25799 kr

Grøftegraving taes ikke med i sammenligning, grøft må graves uansett ved nybygg

Colebrook rørfrikjonstall for turbulent strømning, iterasjon					
1,00000	1,000	=	7,941	0,13	
0,12593	2,818	=	7,041	0,4	
0,05040	4,454	=	6,643	0,67	
0,03380	5,440	=	6,470	0,84	
0,02842	5,932	=	6,394	0,93	
0,02636	6,159	=	6,362	0,97	
0,02552	6,259	=	6,348	0,99	
0,02517	6,303	=	6,342	0,99	
0,02502	6,322	=	6,339	1	
0,02495	6,331	=	6,338	1	
0,02492	6,334	=	6,337	1	
0,02491	6,336	=	6,337	1	
0,02491	6,336	=	6,337	1	
0,02490	6,337	=	6,337	1	

Iterasjon Pumpetrykk		
Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans
Pumpe utløpstrykk	1	1 Bar
Frikjonstap i tilførsel	0,05	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0	0 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	0,95	1 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	0,45	1 Bar
Frikjonstap i retur	0,05	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0	0 Bar
Trykk ved innløp til kjel	0,4	1 Bar
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	-0,1	1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1,1	0 Bar
Laveste trykk	-0,1	1 Bar
Høyeste trykk	1	1 Bar
Nødvendig pumpetrykk	2,61	Bar

Kjel driftstid med gitt effekt og varmetap	
Kjeleffekt	17,09 kW
Driftstid per år	1589,8 T / år
Andel av år	18,1% av året
Driftstid per dag gitt likt dagsforbruk	4,4 T / dag
Energiproduksjon per dag	74,5 kWh/dag
Maksimalproduksjon	410,3 kWh/dag



Generelle data	
Rørstrekk	20m
Høydeforskjell	0m
Turtemperatur	80 C
Returtemperatur	50 C
Densitet	971,8 kg/m <sup>3</sup>
Kinematisk viskositet	3,67E-007 m <sup>2</sup> /s
Plastrør absolutt ruhet	0,00E+000 m
Rørdiameter	15 mm
Kulvertisolasjon	0,1700 W/m-K
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmebehov	
Årlig totalt behov	31814 kWh
Andel av behov dekket av varmeanlegg	100 %
Avgitt varme fra varmeanlegg	31814 kWh / år

Standard	Byggestandard 1986
Plassering	I gardsrom
Temperatur	Høytemperatur system m/varmtvann

Resultater	
Dimensjonerende effektbehov 20°C inne	20,25 Kw
Maks effekt levert av varmeanlegg	20,25 Kw
Temperaturdifferenase	30 C
Transportert vannmengde	0,16 kg/s
Transportert vannmengde	578,59 kg/h
Transportert vannmengde	0,595 m <sup>3</sup> /h
Vannhastighet	0,91 m/s

Friksjonstap – colebrook	
Reynolds tall	37196 <b>Turbulent</b>
Rørfriksjonstall – Colebrook iterasjon	0,02234
Friksjonstap – colebrook	599,36 Pa/m

Friksjonstap tilnærming (for vann ved 80 grader)	
For plastrør	650,51 Pa/m

Høyeste friksjonsverdi brukes for trykktap

Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans	
Pumpe utløpstrykk	2,77	1 Bar	
Friksjonstap i tilførsel	0,13	0 Bar	
Høydeforskjell i rørstrekk	0	0 Bar	
Trykk ved innløp til varmeveksler	2,64	1 Bar	
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar	
Trykk ved utløp av varmeveksler	2,14	1 Bar	
Friksjonstap i retur	0,13	0 Bar	
Høydeforskjell i rørstrekk	0	0 Bar	
Trykk ved innløp til kjel	2,01	1 Bar	
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar	
Trykk i innløp til pumpe	1,51	1 Bar	
Trykkdifferanse over pumpe	1,26	0 Bar	
Laveste trykk	1,51	1 Bar	
Høyeste trykk	2,77	1 Bar	

Pumpekrav	
Løftehøyde	12,6 m
Minste pumpeeffekt	0,04 Kw
Årlig energibehov pumpe	363,9 kWh
Driftskostnad gitt 79,9øre/kwh	290,7 Kr / år

Varmetap	
Jordtemperatur	4,9 C
Kulvertisolasjon	0,1700 W/m-K
Varmetap turledning	128 W
Varmetap returledning	77 W
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmetap per lengdemeter	10,22 W / lm
Årlig varmetap	1777,8 kWh

System	
Tapt /brukt energi	2141,6 kWh
Avgitt energi	31814,4 kWh
Tilført energi	33956,1 kWh
Systemvirkningsgrad	93,69 %

Kulvertkostnader	
Kulvert meterpris	140 kr/m
Diverse	15000 kr
Kulvert kostnad	17800 kr
Grøftegraving meterpris	300 kr/m
Grøftegraving oppmøte	1667 kr
Grøftekostnad	7667 kr
Tilkoblingskostnad	25467 kr

Grøftegraving taes ikke med i sammenligning, grøft må graves uansett ved nybygg

Colebrook rørfriksjonstall for turbulent strømning, iterasjon					
1,00000	1,000	=	8,342	0,12	
0,11988	2,888	=	7,420	0,39	
0,04666	4,629	=	7,011	0,66	
0,03081	5,697	=	6,830	0,83	
0,02570	6,238	=	6,752	0,92	
0,02374	6,490	=	6,717	0,97	
0,02294	6,602	=	6,702	0,99	
0,02260	6,652	=	6,696	0,99	
0,02245	6,674	=	6,693	1	
0,02239	6,683	=	6,692	1	
0,02236	6,688	=	6,691	1	
0,02235	6,689	=	6,691	1	
0,02234	6,690	=	6,691	1	
0,02234	6,690	=	6,691	1	

Iterasjon Pumpetrykk			
Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans	
Pumpe utløpstrykk	1	1 Bar	
Friksjonstap i tilførsel	0,13	0 Bar	
Høydeforskjell i rørstrekk	0	0 Bar	
Trykk ved innløp til varmeveksler	0,87	1 Bar	
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar	
Trykk ved utløp av varmeveksler	0,37	1 Bar	
Friksjonstap i retur	0,13	0 Bar	
Høydeforskjell i rørstrekk	0	0 Bar	
Trykk ved innløp til kjel	0,24	1 Bar	
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar	
Trykk i innløp til pumpe	-0,26	1 Bar	
Trykkdifferanse over pumpe	1,26	0 Bar	
Laveste trykk	-0,26	1 Bar	
Høyeste trykk	1	1 Bar	
Nødvendig pumpetrykk	2,77	Bar	

Kjel driftstid med gitt effekt og varmetap	
Kjeleffekt	20,25 kW
Driftstid per år	1658,8 T / år
Andel av år	18,9 % av året
Driftstid per dag gitt likt dagsforbruk	4,5 T / dag
Energiproduksjon per dag	92,0 kWh/dag
Maksimalproduksjon	486,0 kWh/dag

Generelle data	
Rørstrekk	20 m
Høydeforskjell	0 m
Turtemperatur	80 C
Returtemperatur	50 C
Densitet	971,8 kg/m <sup>3</sup>
Kinematisk viskositet	3,67E-007 m <sup>2</sup> /s
Plastrør absolutt ruhet	0,00E+000 m
Rørdiameter	20 mm
Kulvertisolasjon	0,1790 W/m-K
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmebehov	
Årlig totalt behov	31814 kWh
Andel av behov dekket av varmeanlegg	100 %
Avgitt varme fra varmeanlegg	31814 kWh / år

Standard	Byggestandard 1986
Plassering	I gardsrom
Temperatur	Høytemperatur system m/varmtvann

Resultater	
Dimensjonerende effektbehov 20°C inne	20,25 Kw
Maks effekt levert av varmeanlegg	20,25 Kw
Temperaturdifferenase	30 C
Transportert vannmengde	0,16 kg/s
Transportert vannmengde	578,6 kg/h
Transportert vannmengde	0,595 m <sup>3</sup> /h
Vannhastighet	0,51 m/s

Colebrook rørfriksjonstall for turbulent strømning, iterasjon				
1,00000	1,000	=	8,092	0,12
0,12358	2,845	=	7,184	0,4
0,04894	4,520	=	6,781	0,67
0,03262	5,537	=	6,605	0,84
0,02734	6,047	=	6,529	0,93
0,02533	6,283	=	6,495	0,97
0,02450	6,389	=	6,481	0,99
0,02415	6,435	=	6,475	0,99
0,02400	6,455	=	6,472	1
0,02394	6,463	=	6,471	1
0,02391	6,467	=	6,470	1
0,02390	6,469	=	6,470	1
0,02389	6,469	=	6,470	1
0,02389	6,470	=	6,470	1

Friksjonstap – colebrook	
Reynolds tall	27897 Turbulent
Rørfriksjonstall – Colebrook iterasjon	0,02389
Friksjonstap – colebrook	152,1 Pa/m

Friksjonstap tilnærming (for vann ved 80 grader)	
For plastrør	171,10 Pa/m

Høyeste friksjonsverdi brukes for trykktap

Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans	
Pumpe utløpstrykk	2,58		1 Bar
Friksjonstap i tilførsel	0,03		0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0		0 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	2,54		1 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5		0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	2,04		1 Bar
Friksjonstap i retur	0,03		0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0		0 Bar
Trykk ved innløp til kjel	2,01		1 Bar
Trykktap i kjel	0,5		0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	1,51		1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1,07		0 Bar
Laveste trykk	1,51		1 Bar
Høyeste trykk	2,58		1 Bar

Iterasjon Pumpetrykk	Under drift	Stans	
Pumpe utløpstrykk	1		1 Bar
Friksjonstap i tilførsel	0,03		0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0		0 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	0,97		1 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5		0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	0,47		1 Bar
Friksjonstap i retur	0,03		0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0		0 Bar
Trykk ved innløp til kjel	0,43		1 Bar
Trykktap i kjel	0,5		0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	-0,07		1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1,07		0 Bar
Laveste trykk	-0,07		1 Bar
Høyeste trykk	1		1 Bar
Nødvendig pumpetrykk	2,58		Bar

Pumpekrav	
Løftehøyde	10,7 m
Minste pumpeeffekt	0,04 Kw
Årlig energibehov pumpe	324,4 kWh
Driftskostnad gitt 79,9øre/kwh	259,2 Kr / år

Varmetap	
Jordtemperatur	4,9 C
Kulvertisolasjon	0,1790 W/m-K
Varmetap turledning	134 W
Varmetap returledning	81 W
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmetap per lengdemeter	10,76 W / lm
Årlig varmetap	1871,9 kWh

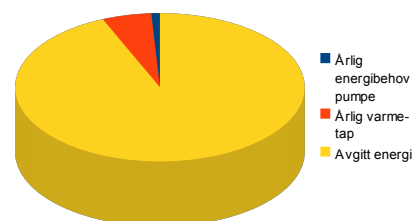
Kjel driftstid med gitt effekt og varmetap	
Kjelleffekt	20,25 kW
Driftstid per år	1663,5 T / år
Andel av år	19,0 % av året
Driftstid per dag gitt likt dagsforbruk	4,6 T / dag
Energiproduksjon per dag	92,3 kWh/dag
Maksimalproduksjon	486,0 kWh/dag

System	
Tapt /brukt energi	2196,3 kWh
Avgitt energi	31814,4 kWh
Tilført energi	34010,8 kWh
Systemvirkningsgrad	93,54 %

Kulvertkostnader	
Kulvert meterpris	156,6 kr/m
Diverse	15000 kr
Kulvert kostnad	18132 kr
Grøftegraving meterpris	300 kr/m
Grøftegraving oppmøte	1667 kr
Grøftekostnad	7667 kr
Tilkoblingskostnad	25799 kr

Grøftegraving taes ikke med i sammenligning, grøft må graves uansett ved nybygg

Fordeling av energi i kulvertanlegg





Generelle data	
Rørstrekk	20m
Høydeforskjell	0m
Turtemperatur	80 C
Returtemperatur	50 C
Densitet	971,8 kg/m <sup>3</sup>
Kinematisk viskositet	3,67E-007 m <sup>2</sup> /s
Plastrør absolutt ruhet	0,00E+000 m
Rørdiameter	25 mm
Kulvertisolasjon	0,1850 W/m-K
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmebehov	
Årlig totalt behov	31814 kWh
Andel av behov dekket av varmeanlegg	100 %
Avgitt varme fra varmeanlegg	31814 kWh / år

<b>Standard</b>	<b>Byggestandard 1986</b>
<b>Plassering</b>	<b>I gardsrom</b>
<b>Temperatur</b>	<b>Høytemperatur system m/varmtvann</b>

Resultater	
Dimensjonerende effektbehov 20°C inne	20,25 Kw
Maks effekt levert av varmeanlegg	20,25 Kw
Temperaturdifferenase	30 C
Transportert vannmengde	0,16 kg/s
Transportert vannmengde	578,6 kg/h
Transportert vannmengde	0,595 m <sup>3</sup> /h
Vannhastighet	0,33 m/s

Colebrook rørfriksjonstall for turbulent strømning, iterasjon				
1,00000	1,000	=	7,898	0,13
0,12662	2,810	=	7,000	0,4
0,05083	4,435	=	6,604	0,67
0,03414	5,412	=	6,431	0,84
0,02873	5,900	=	6,356	0,93
0,02667	6,124	=	6,324	0,97
0,02582	6,223	=	6,310	0,99
0,02547	6,266	=	6,304	0,99
0,02531	6,285	=	6,301	1
0,02525	6,293	=	6,300	1
0,02522	6,297	=	6,300	1
0,02521	6,298	=	6,300	1
0,02520	6,299	=	6,299	1
0,02520	6,299	=	6,299	1

Friksjonstap – colebrook	
Reynolds tall	22318 Turbulent
Rørfriksjonstall – Colebrook iterasjon	0,02520
Friksjonstap – colebrook	52,58 Pa/m

Friksjonstap tilnærming (for vann ved 80 grader)	
For plastrør	60,72 Pa/m

Høyeste friksjonsverdi brukes for trykktap

Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans	
Pumpe utløpstrykk	2,53	1 Bar	
Friksjonstap i tilførsel	0,01	0 Bar	
Høydeforskjell i rørstrekk	0	0 Bar	
Trykk ved innløp til varmeveksler	2,52	1 Bar	
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar	
Trykk ved utløp av varmeveksler	2,02	1 Bar	
Friksjonstap i retur	0,01	0 Bar	
Høydeforskjell i rørstrekk	0	0 Bar	
Trykk ved innløp til kjel	2,01	1 Bar	
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar	
Trykk i innløp til pumpe	1,51	1 Bar	
Trykkdifferanse over pumpe	1,02	0 Bar	
Laveste trykk	1,51	1 Bar	
Høyeste trykk	2,53	1 Bar	

Iterasjon Pumpetrykk			
Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans	
Pumpe utløpstrykk	1	1 Bar	
Friksjonstap i tilførsel	0,01	0 Bar	
Høydeforskjell i rørstrekk	0	0 Bar	
Trykk ved innløp til varmeveksler	0,99	1 Bar	
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar	
Trykk ved utløp av varmeveksler	0,49	1 Bar	
Friksjonstap i retur	0,01	0 Bar	
Høydeforskjell i rørstrekk	0	0 Bar	
Trykk ved innløp til kjel	0,48	1 Bar	
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar	
Trykk i innløp til pumpe	-0,02	1 Bar	
Trykkdifferanse over pumpe	1,02	0 Bar	
Laveste trykk	-0,02	1 Bar	
Høyeste trykk	1	1 Bar	
Nødvendig pumpetrykk	2,53	Bar	

Pumpekrav	
Løftehøyde	10,2 m
Minste pumpeeffekt	0,04 Kw
Årlig energibehov pumpe	315,4 kWh
Driftskostnad gitt 79,9øre/kwh	252,0 Kr / år

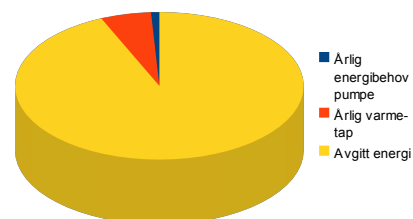
Varmetap	
Jordtemperatur	4,9 C
Kulvertisolasjon	0,1850 W/m-K
Varmetap turledning	139 W
Varmetap returledning	83 W
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmetap per lengdemeter	11,12 W / lm
Årlig varmetap	1934,6 kWh

Kjel driftstid med gitt effekt og varmetap	
Kjeleffekt	20,25 kW
Driftstid per år	1666,6 T / år
Andel av år	19,0 % av året
Driftstid per dag gitt likt dagsforbruk	4,6 T / dag
Energiproduksjon per dag	92,5 kWh/dag
Maksimalproduksjon	486,0 kWh/dag

System	
Tapt /brukt energi	2250,0 kWh
Avgitt energi	31814,44 kWh
Tilført energi	34064,4 kWh
Systemvirkningsgrad	93,39 %

Kulvertkostnader	
Kulvert meterpris	193,2 kr/m
Diverse	15000 kr
Kulvert kostnad	18864 kr
Grøftegraving meterpris	300 kr/m
Grøftegraving oppmøte	1667 kr
Grøftekostnad	7667 kr
Tilkoblingskostnad	26531 kr

Fordeling av energi i kulvertanlegg



Grøftegraving taes ikke med i sammenligning, grøft må graves uansett ved nybygg

**Vedlegg AQ – Beregning av kulvert for verkstad med 100% dekning****Resultater**

Arbeidsområde (°C)		80/60			50/40		
Rørdiameter (mm)		15	20	25	15	20	25
<b>Verkstad</b>	Tapt energi (kWh)	961	1008	1039	626	653	671
	Virkningsgrad %	92,2	91,8	91,6	94,8	94,6	94,4
	Kulvertkostnad (kr)	21067	21233	21599	21067	21233	21599
	Driftskostnad (kr)	58	57	57	86	85	85
<b>Verkstad</b>	Tapt energi (kWh)	961	1008	1039			
<b>inkludert</b>	Virkningsgrad %	92,8	92,5	92,3			
<b>varmtvann</b>	Kulvertkostnad (kr)	21067	21233	21599			
	Driftskostnad (kr)	58	57	57			

Minste energitap	626 kWh
Høyeste energitap	1039 kWh
Maksimal virkningsgrad	94,8 %
Minst virkningsgrad	91,6 %
Laveste kulvertkostnad	21067 kr
Høyeste kulvertkostnad	21599 kr
Laveste driftskostnad	57 kr
Høyeste driftskostnad	86 kr

\* Tapt energi er summen av varmetap og elektrisitet brukt for å drive pumpe

\* Anleggets virkningsgrad referer bare til distribusjonsanlegget og baseres på avgitt varme i forhold til tilført energi i form av varme og elektrisitet til pumpe

\* Kulvertkostnaden er avhengig av rørdiameter og kulvertens lengde

\* Driftskostnad er estimert elektrisitetskostnad for pumpedrift ved 80øre/kWh

<b>Konstanter</b>		
Cv vann	4200	J/kg-K
Vann densitet 40 deg	992,2	kg/m <sup>3</sup>
Vann densitet 50 deg	988,0	kg/m <sup>3</sup>
Vann densitet 80 deg	971,8	kg/m <sup>3</sup>
Sekunder / time	3600	s
Vann kinematisk viskositet 40 deg	6,58E-007	m <sup>2</sup> /s
Vann kinematisk viskositet 50 deg	5,53E-007	m <sup>2</sup> /s
Vann kinematisk viskositet 80 deg	3,67E-007	m <sup>2</sup> /s
Forhold meter vannsøyle / bar	10	m/bar
Forhold Pascal / bar	1,00E+005	Pa/bar
Varmetapstall kulvert doble 15mm rør **	0,1700	W/m-K
Varmetapstall kulvert doble 20mm rør	0,1790	W/m-K
Varmetapstall kulvert doble 25mm rør	0,1850	W/m-K
Andel oppvarming dekket av anlegg	100	%
Andel av dimensjonerende effektbehov	100	%
<b>Kulvertkostnader</b>		
Grøftegraving meterpris ***	300	kr/m
Grøftegraving oppmøte ***	5000	kr
Kostnad kulvert doble 15mm rør **	140	SEK ex. Mva./m *
Kostnad kulvert doble 20mm rør	156,6	SEK ex. Mva./m *
Kostnad kulvert doble 25mm rør	193,2	SEK ex. Mva./m *
Diverse ****	15000	kr
<b>Energibehov</b>		
Verkstad	10207	kWh
Varmtvannsforbruk i verkstad	1000	kWh
Virkningsgrad varmeveksler	90	%
Verkstad	11341	kWh
Varmtvannsforbruk i verkstad	1111	kWh
<b>Lavtemperatursystem</b>		
Turtemperatur	50	
Returtemperatur	30	
<b>Høytemperatursystem</b>		
Turtemperatur	80	
Returtemperatur	50	

\* Det antas at 1 SEK = 1 NOK

\*\* Leverandøren har ikke kulvert for 15mm rør, verdier er estimater

\*\*\* Basert på tall levert av Trygve Stangeland entreprenør for grøfting, omgyling, lukking og transport

\*\*\*\* Her inngår kostnader ved transport og installasjon

Generelle data	
Rørstrekk	10m
Høydeforskjell	0m
Turtemperatur	80 C
Returtemperatur	50 C
Densitet	971,8 kg/m <sup>3</sup>
Kinematisk viskositet	3,67E-007 m <sup>2</sup> /s
Plastrør absolutt ruhet	0,00E+000 m
Rørdiameter	15 mm
Kulvertisolasjon	0,1700 W/m-K
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varnebehov	
Årlig totalt behov	11341 kWh
Andel av behov dekket av varmeanlegg	100 %
Avgitt varme fra varmeanlegg	11341 kWh / år

Standard	Byggestandard 1984
Plassering	I gardsrom
Temperatur	Høytemperatur system

Resultater	
Dimensjonerende effektbehov	4,68 Kw
Maks effekt levert av varmeanlegg	4,68 Kw
Temperaturdifferanse	30 C
Transportert vannmengde	0,04 kg/s
Transportert vannmengde	133,6 kg/h
Transportert vannmengde	0,14 m <sup>3</sup> /h
Vannhastighet	0,2 m/s

Colebrook rørfriksjonstall for turbulent strømning, iterasjon				
1,00000	1,000	=	7,069	0,14
0,14147	2,659	=	6,219	0,43
0,06048	4,066	=	5,850	0,7
0,04204	4,877	=	5,692	0,86
0,03602	5,269	=	5,625	0,94
0,03374	5,444	=	5,597	0,97
0,03282	5,520	=	5,585	0,99
0,03244	5,552	=	5,580	1
0,03228	5,566	=	5,577	1
0,03221	5,572	=	5,577	1
0,03218	5,574	=	5,576	1
0,03217	5,575	=	5,576	1
0,03217	5,576	=	5,576	1
0,03217	5,576	=	5,576	1

Friksjonstap – colebrook	
Reynolds tall	8589 <b>Transient</b>
Rørfriksjonstall – Colebrook iterasjon	0,00000
Friksjonstap – colebrook	0 Pa/m

Friksjonstap tilnærming (for vann ved 80 grader)	
For plastrør	53,33 Pa/m
Høyeste friksjonsverdi brukes for trykktap	

Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans	
Pumpe utløpstrykk	2,52		1 Bar
Friksjonstap i tilførsel	0,01		0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0		0 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	2,52		1 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5		0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	2,02		1 Bar
Friksjonstap i retur	0,01		0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0		0 Bar
Trykk ved innløp til kjel	2,01		1 Bar
Trykktap i kjel	0,5		0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	1,51		1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1,01		0 Bar
Laveste trykk	1,51		1 Bar
Høyeste trykk	2,52		1 Bar

Pumpekrav	
Løftehøyde	10,1 m
Minste pumpeeffekt	0,01 Kw
Årlig energibehov pumpe	72,2 kWh
Driftskostnad gitt 79,9øre/kwh	57,7 Kr / år

Varmetap	
Jordtemperatur	4,9 C
Kulvertisolasjon	0,1700 W/m-K
Varmetap turledning	64 W
Varmetap returledning	38 W
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmetap per lengdemeter	10,22 W / lm
Årlig varmetap	888,9 kWh

System	
Tapt /brukt energi	961,1 kWh
Avgitt energi	11341,1 kWh
Tilført energi	12302,2 kWh
Systemvirkningsgrad	92,19 %

Kulvertkostnader	
Kulvert meterpris	140 kr/m
Diverse	15000 kr
Kulvert kostnad	16400 kr
Grøftegraving meterpris	300 kr/m
Grøftegraving oppmøte	1667 kr
Grøftekostnad	4667 kr
Tilkoblingskostnad	21067 kr

Grøftegraving taes ikke med i sammenligning, grøft må graves uansett ved nybygging

Iterasjon Pumpetrykk			
Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans	
Pumpe utløpstrykk	1		1 Bar
Friksjonstap i tilførsel	0,01		0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0		0 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	0,99		1 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5		0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	0,49		1 Bar
Friksjonstap i retur	0,01		0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0		0 Bar
Trykk ved innløp til kjel	0,49		1 Bar
Trykktap i kjel	0,5		0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	-0,01		1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1,01		0 Bar
Laveste trykk	-0,01		1 Bar
Høyeste trykk	1		1 Bar
Nødvendig pumpetrykk	2,52		Bar

Kjel driftstid med gitt effekt og varmetap	
Kjeleffekt	4,68 kW
Driftstid per år	2615,5 T / år
Andel av år	29,9 % av året
Driftstid per dag gitt likt dagsforbruk	7,2 T / dag
Energiproduksjon per dag	33,5 kWh/dag
Maksimalproduksjon	112,2 kWh/dag

Generelle data	
Rørstrekk	10m
Høydeforskjell	0m
Turtemperatur	80 C
Returtemperatur	50 C
Densitet	971,8 kg/m <sup>3</sup>
Kinematisk viskositet	3,67E-007 m <sup>2</sup> /s
Plastrør absolutt ruhet	0,00E+000 m
Rørdiameter	20 mm
Kulvertisolasjon	0,1790 W/m-K
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmebehov	
Årlig totalt behov	11341 kWh
Andel av behov dekket av varmeanlegg	100 %
Avgitt varme fra varmeanlegg	11341 kWh / år

Standard	Byggestandard 1984
Plassering	I gardsrom
Temperatur	Høytemperatur system

Resultater	
Dimensjonerende effektbehov	4,68 Kw
Maks effekt levert av varmeanlegg	4,68 Kw
Temperaturdifferanse	30 C
Transportert vannmengde	0,04 kg/s
Transportert vannmengde	133,6 kg/h
Transportert vannmengde	0,14 m <sup>3</sup> /h
Vannhastighet	0,1 m/s

Friksjonstap – colebrook	
Reynolds tall	6442 Transient
Rørfriksjonstall – Colebrook iterasjon	0,00000
Friksjonstap – colebrook	0 Pa/m

Friksjonstap tilnærming (for vann ved 80 grader)	
For plastrør	14,03 Pa/m

Høyeste friksjonsverdi brukes for trykktap

Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans
Pumpe utløpstrykk	2,51	1 Bar
Friksjonstap i tilførsel	0	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0	0 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	2,51	1 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	2,01	1 Bar
Friksjonstap i retur	0	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0	0 Bar
Trykk ved innløp til kjel	2,01	1 Bar
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	1,51	1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1	0 Bar
Laveste trykk	1,51	1 Bar
Høyeste trykk	2,51	1 Bar

Pumpekrav	
Løftehøyde	10,0 m
Minste pumpeeffekt	0,01 Kw
Årlig energibehov pumpe	71,8 kWh
Driftskostnad gitt 79,9øre/kwh	57,4 Kr / år

Varmetap	
Jordtemperatur	4,9 C
Kulvertisolasjon	0,1790 W/m-K
Varmetap turledning	67 W
Varmetap returledning	40 W
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmetap per lengdemeter	10,76 W / lm
Årlig varmetap	935,9 kWh

System	
Tapt /brukt energi	1007,7 kWh
Avgitt energi	11341,1 kWh
Tilført energi	12348,8 kWh
Systemvirkningsgrad	91,84 %

Kulvertkostnader	
Kulvert meterpris	156,6 kr/m
Diverse	15000 kr
Kulvert kostnad	16566 kr
Grøftegraving meterpris	300 kr/m
Grøftegraving oppmøte	1667 kr
Grøftekostnad	4667 kr
Tilkoblingskostnad	21233 kr

Grøftegraving taes ikke med i sammenligning, grøft må graves uansett ved nybygging

Colebrook rørfriksjonstall for turbulent strømning, iterasjon				
1,00000	1,000	=	6,819	0,15
0,14666	2,611	=	5,985	0,44
0,06399	3,953	=	5,625	0,7
0,04497	4,716	=	5,472	0,86
0,03876	5,079	=	5,407	0,94
0,03641	5,241	=	5,380	0,97
0,03547	5,310	=	5,368	0,99
0,03508	5,339	=	5,364	1
0,03492	5,351	=	5,362	1
0,03485	5,357	=	5,361	1
0,03482	5,359	=	5,361	1
0,03481	5,360	=	5,360	1
0,03481	5,360	=	5,360	1
0,03481	5,360	=	5,360	1

Iterasjon Pumpetrykk		
Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans
Pumpe utløpstrykk	1	1 Bar
Friksjonstap i tilførsel	0	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0	0 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	1	1 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	0,5	1 Bar
Friksjonstap i retur	0	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0	0 Bar
Trykk ved innløp til kjel	0,5	1 Bar
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	0	1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1	0 Bar
Laveste trykk	0	1 Bar
Høyeste trykk	1	1 Bar
Nødvendig pumpetrykk	2,51	Bar

Kjel driftstid med gitt effekt og varmetap	
Kjeleffekt	4,68 kW
Driftstid per år	2625,5 T / år
Andel av år	30,0 % av året
Driftstid per dag gitt likt dagsforbruk	7,2 T / dag
Energiproduksjon per dag	33,6 kWh/dag
Maksimalproduksjon	112,2 kWh/dag

Generelle data	
Rørstrekk	10m
Høydeforskjell	0m
Turtemperatur	80 C
Returtemperatur	50 C
Densitet	971,8 kg/m <sup>3</sup>
Kinematisk viskositet	3,67E-007 m <sup>2</sup> /s
Plastrør absolutt ruhet	0,00E+000m
Rørdiameter	25 mm
Kulvertisolasjon	0,1850 W/m-K
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varnebehov	
Årlig totalt behov	11341 kWh
Andel av behov dekket av varmeanlegg	100 %
Avgitt varme fra varmeanlegg	11341 kWh / år

Standard	Byggestandard 1984
Plassering	I gardsrom
Temperatur	Høytemperatur system

Resultater	
Dimensjonerende effektbehov	4,68 Kw
Maks effekt levert av varmeanlegg	4,68 Kw
Temperaturdifferanse	30 C
Transportert vannmengde	0,04 kg/s
Transportert vannmengde	133,6 kg/h
Transportert vannmengde	0,14 m <sup>3</sup> /h
Vannhastighet	0,1 m/s

Colebrook rørfriksjonstall for turbulent strømning, iterasjon					
1,00000	1,000	=	6,625	0,15	
0,15095	2,574	=	5,804	0,44	
0,06694	3,865	=	5,451	0,71	
0,04747	4,590	=	5,307	0,87	
0,04110	4,933	=	5,239	0,94	
0,03870	5,083	=	5,213	0,98	
0,03774	5,148	=	5,202	0,99	
0,03735	5,175	=	5,197	1	
0,03719	5,186	=	5,195	1	
0,03712	5,190	=	5,194	1	
0,03709	5,192	=	5,194	1	
0,03708	5,193	=	5,194	1	
0,03707	5,194	=	5,194	1	
0,03707	5,194	=	5,194	1	

Friksjonstap – colebrook	
Reynolds tall	5153 <b>Transient</b>
Rørfriksjonstall – Colebrook iterasjon	0,00000
Friksjonstap – colebrook	0 Pa/m

Friksjonstap tilnærming (for vann ved 80 grader)	
For plastrør	4,98 Pa/m

Høyeste friksjonsverdi brukes for trykkta

Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans	
Pumpe utløpstrykk	2,51		1 Bar
Friksjonstap i tilførsel	0	0	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0	0	0 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	2,51		1 Bar
Trykk i varmeveksler	0,5	0	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	2,01		1 Bar
Friksjonstap i retur	0	0	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0	0	0 Bar
Trykk ved innløp til kjel	2,01		1 Bar
Trykk i kjel	0,5	0	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	1,51		1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1	0	0 Bar
Laveste trykk	1,51	1	1 Bar
Høyeste trykk	2,51	1	1 Bar

Pumpekrav	
Løftehøyde	10,0 m
Minste pumpeeffekt	0,01 Kw
Årlig energibehov pumpe	71,7 kWh
Driftskostnad gitt 79,9øre/kwh	57,3 Kr / år

Varmetap	
Jordtemperatur	4,9 C
Kulvertisolasjon	0,1850 W/m-K
Varmetap turledning	69 W
Varmetap returledning	42 W
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmetap per lengdemeter	11,12 W / lm
Årlig varmetap	967,3 kWh

System	
Tapt /brukt energi	1039,0 kWh
Avgitt energi	11341,1 kWh
Tilført energi	12380,1 kWh
Systemvirkningsgrad	91,61 %

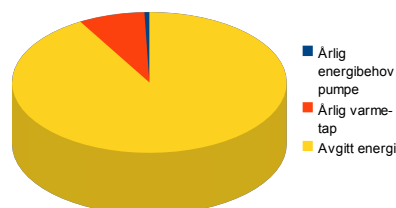
Kulvertkostnader	
Kulvert meterpris	193,2 kr/m
Diverse	15000 kr
Kulvert kostnad	16932 kr
Grøftegraving meterpris	300 kr/m
Grøftegraving oppmøte	1667 kr
Grøftekostnad	4667 kr
Tilkoblingskostnad	21599 kr

Grøftegraving taes ikke med i sammenligning, grøft må graves uansett ved nybygg

Iterasjon Pumpetrykk			
Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans	
Pumpe utløpstrykk	1		1 Bar
Friksjonstap i tilførsel	0	0	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0	0	0 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	1		1 Bar
Trykk i varmeveksler	0,5	0	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	0,5		1 Bar
Friksjonstap i retur	0	0	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0	0	0 Bar
Trykk ved innløp til kjel	0,5		1 Bar
Trykk i kjel	0,5	0	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	0		1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1	0	0 Bar
Laveste trykk	0	1	1 Bar
Høyeste trykk	1	1	1 Bar
Nødvendig pumpetrykk	2,51		Bar

Kjel driftstid med gitt effekt og varmetap	
Kjeleffekt	4,68 kW
Driftstid per år	2632,3 T / år
Andel av år	30,0 % av året
Driftstid per dag gitt likt dagsforbruk	7,2 T / dag
Energiproduksjon per dag	33,7 kWh/dag
Maksimalproduksjon	112,2 kWh/dag

Fordeling av energi i kulvertanlegg





Generelle data	
Rørstrekk	10m
Høydeforskjell	0m
Turtemperatur	50 C
Returtemperatur	30 C
Densitet	988 kg/m <sup>3</sup>
Kinematisk viskositet	5,53E-007 m <sup>2</sup> /s
Plastrør absolutt ruhet	0,00E+000 m
Rørdiameter	20 mm
Kulvertisolasjon	0,1790 W/m-K
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varnebehov	
Årlig totalt behov	11341 kWh
Andel av behov dekket av varmeanlegg	100 %
Avgitt varme fra varmeanlegg	11341 kWh / år

Standard	Byggestandard 1984
Plassering	I gardsrom
Temperatur	Lavtemperatur system

Resultater	
Dimensjonerende effektbehov	4,68 Kw
Maks effekt levert av varmeanlegg	4,68 Kw
Temperaturdifferanse	20 C
Transportert vannmengde	0,06 kg/s
Transportert vannmengde	200,4 kg/h
Transportert vannmengde	0,2 m <sup>3</sup> /h
Vannhastighet	0,2 m/s

Friksjonstap – colebrook	
Reynolds tall	6412 <b>Transient</b>
Rørfriksjonstall – Colebrook iterasjon	0,00000
Friksjonstap – colebrook	0 Pa/m

Friksjonstap tilnærming (for vann ved 80 grader)	
For plastrør	28,02 Pa/m

Høyeste friksjonsverdi brukes for trykktpap

Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans	
Pumpe utløpstrykk	2,52		1 Bar
Friksjonstap i tilførsel	0	0	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0	0	0 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	2,51		1 Bar
Trykktpap i varmeveksler	0,5	0	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	2,01		1 Bar
Friksjonstap i retur	0	0	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0	0	0 Bar
Trykk ved innløp til kjel	2,01		1 Bar
Trykktpap i kjel	0,5	0	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	1,51		1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1,01		0 Bar
Laveste trykk	1,51		1 Bar
Høyeste trykk	2,52		1 Bar

Pumpekrav	
Løftehøyde	10,1 m
Minste pumpeeffekt	0,01 Kw
Årlig energibehov pumpe	106,1 kWh
Driftskostnad gitt 79,9øre/kwh	84,8 Kr / år

Varmetap	
Jordtemperatur	4,9 C
Kulvertisolasjon	0,1790 W/m-K
Varmetap turledning	40 W
Varmetap returledning	22 W
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmetap per lengdemeter	6,28 W / lm
Årlig varmetap	546,6 kWh

System	
Tapt /brukt energi	652,7 kWh
Avgitt energi	11341,1 kWh
Tilført energi	11993,9 kWh
Systemvirkningsgrad	94,56 %

Kulvertkostnader	
Kulvert meterpris	156,6 kr/m
Diverse	15000 kr
Kulvert kostnad	16566 kr
Grøftegraving meterpris	300 kr/m
Grøftegraving oppmøte	1667 kr
Grøftekostnad	4667 kr
Tilkoblingskostnad	21233 kr

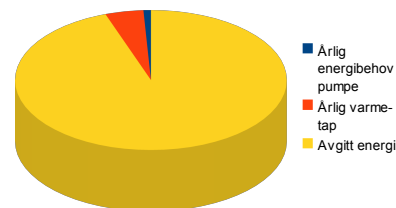
Grøftegraving taes ikke med i sammenligning, grøft må graves uansett ved nybygging

Colebrook rørfriksjonstall for turbulent strømning, iterasjon				
1,00000	1,000	=	6,815	0,15
0,14674	2,610	=	5,981	0,44
0,06404	3,951	=	5,621	0,7
0,04502	4,713	=	5,468	0,86
0,03880	5,077	=	5,404	0,94
0,03645	5,237	=	5,376	0,97
0,03551	5,307	=	5,365	0,99
0,03512	5,336	=	5,360	1
0,03496	5,348	=	5,358	1
0,03490	5,353	=	5,357	1
0,03487	5,355	=	5,357	1
0,03486	5,356	=	5,357	1
0,03485	5,357	=	5,357	1
0,03485	5,357	=	5,357	1

Iterasjon Pumpetrykk			
Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans	
Pumpe utløpstrykk	1		1 Bar
Friksjonstap i tilførsel	0	0	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0	0	0 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	1		1 Bar
Trykktpap i varmeveksler	0,5	0	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	0,5		1 Bar
Friksjonstap i retur	0	0	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0	0	0 Bar
Trykk ved innløp til kjel	0,49		1 Bar
Trykktpap i kjel	0,5	0	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	-0,01		1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1,01		0 Bar
Laveste trykk	-0,01		1 Bar
Høyeste trykk	1		1 Bar
Nødvendig pumpetrykk	2,52		Bar

Kjel driftstid med gitt effekt og varmetap	
Kjelleffekt	4,68 kW
Driftstid per år	2542,3 T / år
Andel av år	29,0 % av året
Driftstid per dag gitt likt dagsforbruk	7,0 T / dag
Energiproduksjon per dag	32,6 kWh/dag
Maksimalproduksjon	112,2 kWh/dag

Fordelig av energi i kulvertanlegg





Generelle data	
Rørstrekk	10m
Høydeforskjell	0m
Turtemperatur	50 C
Returtemperatur	30 C
Densitet	988 kg/m <sup>3</sup>
Kinematisk viskositet	5,53E-007 m <sup>2</sup> /s
Plastrør absolutt ruhet	0,00E+000 m
Rørdiameter	25 mm
Kulvertisolasjon	0,1850 W/m-K
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varnebehov	
Årlig totalt behov	11341 kWh
Andel av behov dekket av varmeanlegg	100 %
Avgitt varme fra varmeanlegg	11341 kWh / år

Standard	Byggestandard 1984
Plassering	I gardsrom
Temperatur	Lavtemperatur system

Resultater	
Dimensjonerende effektbehov	4,68 Kw
Maks effekt levert av varmeanlegg	4,68 Kw
Temperaturdifferanse	20 C
Transportert vannmengde	0,06 kg/s
Transportert vannmengde	200,4 kg/h
Transportert vannmengde	0,2 m <sup>3</sup> /h
Vannhastighet	0,1 m/s

Frikjonstap – colebrook	
Reynolds tall	5130 <b>Transient</b>
Rørfrikjonstall – Colebrook iterasjon	0,00000
Frikjonstap – colebrook	0 Pa/m

Frikjonstap tilnærming (for vann ved 80 grader)	
For plastrør	9,94 Pa/m

Høyeste frikjonsverdi brukes for trykktap

Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans
Pumpe utløpstrykk	2,51	1 Bar
Frikjonstap i tilførsel	0	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0	0 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	2,51	1 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	2,01	1 Bar
Frikjonstap i retur	0	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0	0 Bar
Trykk ved innløp til kjel	2,01	1 Bar
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	1,51	1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1	0 Bar
Laveste trykk	1,51	1 Bar
Høyeste trykk	2,51	1 Bar

Pumpekrav	
Løftehøyde	10,0 m
Minste pumpeeffekt	0,01 Kw
Årlig energibehov pumpe	105,9 kWh
Driftskostnad gitt 79,9øre/kwh	84,6 Kr / år

Varmetap	
Jordtemperatur	4,9 C
Kulvertisolasjon	0,1850 W/m-K
Varmetap turledning	42 W
Varmetap returledning	23 W
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmetap per lengdemeter	6,49 W / lm
Årlig varmetap	564,9 kWh

System	
Tapt /brukt energi	670,8 kWh
Avgitt energi	11341,1 kWh
Tilført energi	12011,9 kWh
Systemvirkningsgrad	94,42 %

Kulvertkostnader	
Kulvert meterpris	193,2 kr/m
Diverse	15000 kr
Kulvert kostnad	16932 kr
Grøftegraving meterpris	300 kr/m
Grøftegraving oppmøte	1667 kr
Grøftekostnad	4667 kr
Tilkoblingskostnad	21599 kr

Grøftegraving taes ikke med i sammenligning, grøft må graves uansett ved nybygg

Colebrook rørfrikjonstall for turbulent strømning, iterasjon				
1,00000	1,000	=	6,621	0,15
0,15104	2,573	=	5,800	0,44
0,06701	3,863	=	5,447	0,71
0,04752	4,587	=	5,298	0,87
0,04115	4,930	=	5,235	0,94
0,03875	5,080	=	5,209	0,98
0,03779	5,144	=	5,198	0,99
0,03740	5,171	=	5,194	1
0,03723	5,182	=	5,192	1
0,03717	5,187	=	5,191	1
0,03714	5,189	=	5,191	1
0,03713	5,190	=	5,191	1
0,03712	5,190	=	5,191	1
0,03712	5,190	=	5,190	1

Iterasjon Pumpetrykk		
Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans
Pumpe utløpstrykk	1	1 Bar
Frikjonstap i tilførsel	0	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0	0 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	1	1 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	0,5	1 Bar
Frikjonstap i retur	0	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0	0 Bar
Trykk ved innløp til kjel	0,5	1 Bar
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	0	1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1	0 Bar
Laveste trykk	0	1 Bar
Høyeste trykk	1	1 Bar
Nødvendig pumpetrykk	2,51	Bar

Kjel driftstid med gitt effekt og varmetap	
Kjeleffekt	4,68 kW
Driftstid per år	2546,2 T / år
Andel av år	29,1 % av året
Driftstid per dag gitt likt dagsforbruk	7,0 T / dag
Energiproduksjon per dag	32,6 kWh/dag
Maksimalproduksjon	112,2 kWh/dag

Generelle data	
Rørstrekk	10m
Høydeforskjell	0m
Turtemperatur	80C
Returtemperatur	50C
Densitet	971,8 kg/m <sup>3</sup>
Kinematisk viskositet	3,67E-007 m <sup>2</sup> /s
Plastrør absolutt ruhet	0,00E+000m
Rørdiameter	15mm
Kulvertisolasjon	0W/m-K
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmebehov	
Årlig totalt behov	12452 kWh
Andel av behov dekket av varmeanlegg	100%
Avgitt varme fra varmeanlegg	12452 kWh / år

<b>Standard</b>	<b>Byggestandard 1984</b>
<b>Plassering</b>	<b>I gardsrom</b>
<b>Temperatur</b>	<b>Høytemperatur system m/varmtvann</b>

Resultater	
Dimensjonerende effektbehov	4,68 Kw
Maks effekt levert av varmeanlegg	4,68 Kw
Temperaturdifferenase	30C
Transportert vannmengde	0,04 kg/s
Transportert vannmengde	133,6 kg/h
Transportert vannmengde	0,14 m <sup>3</sup> /h
Vannhastighet	0,2 m/s

Friksjonstap – colebrook	
Reynolds tall	8589 <b>Transient</b>
Rørfriksjonstall – Colebrook iterasjon	0,00000
Friksjonstap – colebrook	0 Pa/m

Friksjonstap tilnærming (for vann ved 80 grader)	
For plastrør	53,33 Pa/m

Høyeste friksjonsverdi brukes for trykktap

Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans
Pumpe utløpstrykk	2,52	1 Bar
Friksjonstap i tilførsel	0,01	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0	0 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	2,52	1 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	2,02	1 Bar
Friksjonstap i retur	0,01	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0	0 Bar
Trykk ved innløp til kjel	2,01	1 Bar
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	1,51	1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1,01	0 Bar
Laveste trykk	1,51	1 Bar
Høyeste trykk	2,52	1 Bar

Pumpekrav	
Løftehøyde	10,1 m
Minste pumpeeffekt	0,01 Kw
Årlig energibehov pumpe	72,2 kWh
Driftskostnad gitt 79,9øre/kwh	57,7 Kr / år

Varmetap	
Jordtemperatur	4,9C
Kulvertisolasjon	0,1700 W/m-K
Varmetap turledning	64 W
Varmetap returledning	38 W
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmetap per lengdemeter	10,22 W / lm
Årlig varmetap	888,9 kWh

System	
Tapt /brukt energi	961,1 kWh
Avgitt energi	12452,2 kWh
Tilført energi	13413,3 kWh
Systemvirkningsgrad	92,84%

Kulvertkostnader	
Kulvert meterpris	140 kr/m
Diverse	15000 kr
Kulvert kostnad	16400 kr
Grøftegraving meterpris	300 kr/m
Grøftegraving oppmøte	1667 kr
Grøftekostnad	4667 kr
Tilkoblingskostnad	21067 kr

Grøftegraving taes ikke med i sammenligning, grøft må graves uansett ved nybygg

Colebrook rørfriksjonstall for turbulent strømning, iterasjon					
1,00000	1,000	=	7,069	0,14	
0,14147	2,659	=	6,219	0,43	
0,06048	4,066	=	5,850	0,7	
0,04204	4,877	=	5,692	0,86	
0,03602	5,269	=	5,625	0,94	
0,03374	5,444	=	5,597	0,97	
0,03282	5,520	=	5,585	0,99	
0,03244	5,552	=	5,580	1	
0,03228	5,566	=	5,577	1	
0,03221	5,572	=	5,577	1	
0,03218	5,574	=	5,576	1	
0,03217	5,575	=	5,576	1	
0,03217	5,576	=	5,576	1	
0,03217	5,576	=	5,576	1	

Iterasjon Pumpetrykk			
Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans	
Pumpe utløpstrykk	1	1	Bar
Friksjonstap i tilførsel	0,01	0	Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0	0	Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	0,99	1	Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0	Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	0,49	1	Bar
Friksjonstap i retur	0,01	0	Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0	0	Bar
Trykk ved innløp til kjel	0,49	1	Bar
Trykktap i kjel	0,5	0	Bar
Trykk i innløp til pumpe	-0,01	1	Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1,01	0	Bar
Laveste trykk	-0,01	1	Bar
Høyeste trykk	1	1	Bar
Nødvendig pumpetrykk	2,52		Bar

Kjel driftstid med gitt effekt og varmetap	
Kjeleffekt	4,68 kW
Driftstid per år	2853,1 T / år
Andel av år	32,6% av året
Driftstid per dag gitt likt dagsforbruk	7,8 T / dag
Energiproduksjon per dag	36,6 kWh/dag
Maksimalproduksjon	112,2 kWh/dag

Generelle data	
Rørstrekk	10m
Høydeforskjell	0m
Turtemperatur	80C
Returtemperatur	50C
Densitet	971,8 kg/m <sup>3</sup>
Kinematisk viskositet	3,67E-007 m <sup>2</sup> /s
Plastrør absolutt ruhet	0,00E+000 m
Rørdiameter	20 mm
Kulvertisolasjon	0,1790 W/m-K
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varnebehov	
Årlig totalt behov	12452 kWh
Andel av behov dekket av varmeanlegg	100%
Avgitt varme fra varmeanlegg	12452 kWh / år

<b>Standard</b>	<b>Byggestandard 1984</b>
<b>Plassering</b>	<b>I gardsrom</b>
<b>Temperatur</b>	<b>Høytemperatur system m/varmtvann</b>

Resultater	
Dimensjonerende effektbehov	4,68 Kw
Maks effekt levert av varmeanlegg	4,68 Kw
Temperaturdifferenase	30C
Transportert vannmengde	0,04 kg/s
Transportert vannmengde	133,6 kg/h
Transportert vannmengde	0,14 m <sup>3</sup> /h
Vannhastighet	0,1 m/s

Colebrook rørfriksjonstall for turbulent strømning, iterasjon				
1,00000	1,000	=	6,819	0,15
0,14666	2,611	=	5,985	0,44
0,06399	3,953	=	5,625	0,7
0,04497	4,716	=	5,472	0,86
0,03876	5,079	=	5,407	0,94
0,03641	5,241	=	5,380	0,97
0,03547	5,310	=	5,368	0,99
0,03508	5,339	=	5,364	1
0,03492	5,351	=	5,362	1
0,03485	5,357	=	5,361	1
0,03482	5,359	=	5,361	1
0,03481	5,360	=	5,360	1
0,03481	5,360	=	5,360	1
0,03481	5,360	=	5,360	1

Friksjonstap – colebrook	
Reynolds tall	6442 <b>Transient</b>
Rørfriksjonstall – Colebrook iterasjon	0,00000
Friksjonstap – colebrook	0 Pa/m

Friksjonstap tilnærming (for vann ved 80 grader)	
For plastrør	14,03 Pa/m

Høyeste friksjonsverdi brukes for trykktap

Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans
Pumpe utløpstrykk	2,51	1 Bar
Friksjonstap i tilførsel	0	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0	0 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	2,51	1 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	2,01	1 Bar
Friksjonstap i retur	0	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0	0 Bar
Trykk ved innløp til kjel	2,01	1 Bar
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	1,51	1 Bar
Trykddifferanse over pumpe	1	0 Bar
Laveste trykk	1,51	1 Bar
Høyeste trykk	2,51	1 Bar

Pumpekrav	
Løftehøyde	10,0 m
Minste pumpeeffekt	0,01 Kw
Årlig energibehov pumpe	71,8 kWh
Driftskostnad gitt 79,9øre/kwh	57,4 Kr / år

Varmetap	
Jordtemperatur	4,9C
Kulvertisolasjon	0,1790 W/m-K
Varmetap turledning	67 W
Varmetap returledning	40 W
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmetap per lengdemeter	10,76 W / lm
Årlig varmetap	935,9 kWh

System	
Tapt /brukt energi	1007,7 kWh
Avgitt energi	12452,2 kWh
Tilført energi	13460,0 kWh
Systemvirkningsgrad	92,51%

Kulvertkostnader	
Kulvert meterpris	156,6 kr/m
Diverse	15000 kr
Kulvert kostnad	16566 kr
Grøftegraving meterpris	300 kr/m
Grøftegraving oppmøte	1667 kr
Grøftekostnad	4667 kr
Tilkoblingskostnad	21233 kr

Grøftegraving taes ikke med i sammenligning, grøft må graves uansett ved nybygg

Iterasjon Pumpetrykk	Under drift	Stans
Trykk i rørstrekk	1	1 Bar
Pumpe utløpstrykk	1	1 Bar
Friksjonstap i tilførsel	0	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0	0 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	1	1 Bar
Trykktap i varmeveksler	0,5	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	0,5	1 Bar
Friksjonstap i retur	0	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0	0 Bar
Trykk ved innløp til kjel	0,5	1 Bar
Trykktap i kjel	0,5	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	0	1 Bar
Trykddifferanse over pumpe	1	0 Bar
Laveste trykk	0	1 Bar
Høyeste trykk	1	1 Bar
Nødvendig pumpetrykk	2,51	Bar

Kjel driftstid med gitt effekt og varmetap	
Kjeleffekt	4,68 kW
Driftstid per år	2863,2 T / år
Andel av år	32,7% av året
Driftstid per dag gitt likt dagsforbruk	7,8 T / dag
Energiproduksjon per dag	36,7 kWh/dag
Maksimalproduksjon	112,2 kWh/dag

Generelle data	
Rørstrekk	10m
Høydeforskjell	0m
Turtemperatur	80 C
Returtemperatur	50 C
Densitet	971,8 kg/m <sup>3</sup>
Kinematisk viskositet	3,67E-007 m <sup>2</sup> /s
Plastrør absolutt ruhet	0,00E+000 m
Rørdiameter	25 mm
Kulvertisolasjon	0,1850 W/m-K
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmebehov	
Årlig totalt behov	12452 kWh
Andel av behov dekket av varmeanlegg	100 %
Avgitt varme fra varmeanlegg	12452 kWh / år

Standard	Byggestandard 1984
Plassering	I gardsrom
Temperatur	Høytemperatur system m/varmtvann

Resultater	
Dimensjonerende effektbehov	4,68 Kw
Maks effekt levert av varmeanlegg	4,68 Kw
Temperaturdifferanse	30 C
Transportert vannmengde	0,04 kg/s
Transportert vannmengde	133,6 kg/h
Transportert vannmengde	0,14 m <sup>3</sup> /h
Vannhastighet	0,1 m/s

Friksjonstap – colebrook	
Reynolds tall	5153 <b>Transient</b>
Rørfriksjonstall – Colebrook iterasjon	0,00000
Friksjonstap – colebrook	0 Pa/m

Friksjonstap tilnærming (for vann ved 80 grader)	
For plastrør	4,98 Pa/m
Høyeste friksjonsverdi brukes for trykkta	

Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans
Pumpe utløpstrykk	2,51	1 Bar
Friksjonstap i tilførsel	0	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0	0 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	2,51	1 Bar
Trykk i varmeveksler	0,5	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	2,01	1 Bar
Friksjonstap i retur	0	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0	0 Bar
Trykk ved innløp til kjel	2,01	1 Bar
Trykk i kjel	0,5	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	1,51	1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1	0 Bar
Laveste trykk	1,51	1 Bar
Høyeste trykk	2,51	1 Bar

Pumpekrav	
Løftehøyde	10,0 m
Minste pumpeeffekt	0,01 Kw
Årlig energibehov pumpe	71,7 kWh
Driftskostnad gitt 79,9øre/kwh	57,3 Kr / år

Varmetap	
Jordtemperatur	4,9 C
Kulvertisolasjon	0,1850 W/m-K
Varmetap turledning	69 W
Varmetap returledning	42 W
Driftstid for varmeanlegg	8700 Timer / år
Varmetap per lengdemeter	11,12 W / lm
Årlig varmetap	967,3 kWh

System	
Tapt /brukt energi	1039,0 kWh
Avgitt energi	12452,2 kWh
Tilført energi	13491,2 kWh
Systemvirkningsgrad	92,3 %

Kulvertkostnader	
Kulvert meterpris	193,2 kr/m
Diverse	15000 kr
Kulvert kostnad	16932 kr
Grøftegraving meterpris	300 kr/m
Grøftegraving oppmøte	1667 kr
Grøftekostnad	4667 kr
Tilkoblingskostnad	21599 kr

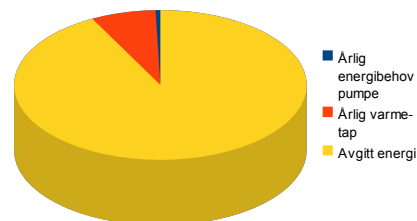
Grøftegraving taes ikke med i sammenligning, grøft må graves uansett ved nybygging

Colebrook rørfriksjonstall for turbulent strømning, iterasjon				
1,00000	1,000	=	6,625	0,15
0,15095	2,574	=	5,804	0,44
0,06694	3,865	=	5,451	0,71
0,04747	4,590	=	5,301	0,87
0,04110	4,933	=	5,239	0,94
0,03870	5,083	=	5,213	0,98
0,03774	5,148	=	5,202	0,99
0,03735	5,175	=	5,197	1
0,03719	5,186	=	5,195	1
0,03712	5,190	=	5,194	1
0,03709	5,192	=	5,194	1
0,03708	5,193	=	5,194	1
0,03707	5,194	=	5,194	1
0,03707	5,194	=	5,194	1

Iterasjon Pumpetrykk		
Trykk i rørstrekk	Under drift	Stans
Pumpe utløpstrykk	1	1 Bar
Friksjonstap i tilførsel	0	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0	0 Bar
Trykk ved innløp til varmeveksler	1	1 Bar
Trykk i varmeveksler	0,5	0 Bar
Trykk ved utløp av varmeveksler	0,5	1 Bar
Friksjonstap i retur	0	0 Bar
Høydeforskjell i rørstrekk	0	0 Bar
Trykk ved innløp til kjel	0,5	1 Bar
Trykk i kjel	0,5	0 Bar
Trykk i innløp til pumpe	0	1 Bar
Trykkdifferanse over pumpe	1	0 Bar
Laveste trykk	0	1 Bar
Høyeste trykk	1	1 Bar
Nødvendig pumpetrykk	2,51	Bar

Kjel driftstid med gitt effekt og varmetap	
Kjeleffekt	4,68 kW
Driftstid per år	2869,9 T / år
Andel av år	32,8 % av året
Driftstid per dag gitt likt dagsforbruk	7,9 T / dag
Energiproduksjon per dag	36,8 kWh/dag
Maksimalproduksjon	112,2 kWh/dag

Fordeling av energi i kulvertanlegg



**Vedlegg AR – Beregning av lønnsomhet for flisfyringsanlegg, reell**

År	Kapitalkostnad	Driftskostnad	Innsparing	Årsresultat	Nåverdi	Akk. kontantstrøm	Akk. Nåverdi
	kr	kr	kr	kr	kr	kr	kr
0					0	0	0
1	57161	21256	58711	-19706	-18079	-19706	-18079
2	57161	21256	58711	-19706	-16586	-39413	-34666
3	57161	21256	58711	-19706	-15217	-59119	-49883
4	57161	21256	58711	-19706	-13960	-78825	-63843
5	57161	21256	58711	-19706	-12808	-98532	-76651
6	57161	21256	58711	-19706	-11750	-118238	-88401
7	57161	21256	58711	-19706	-10780	-137944	-99181
8	57161	21256	58711	-19706	-9890	-157651	-109071
9	57161	21256	58711	-19706	-9073	-177357	-118144
10	57161	21256	58711	-19706	-8324	-197063	-126469
11	57161	21256	58711	-19706	-7637	-216770	-134105
12	57161	21256	58711	-19706	-7006	-236476	-141112
13	57161	21256	58711	-19706	-6428	-256182	-147539
14	57161	21256	58711	-19706	-5897	-275889	-153437
15	57161	21256	128711	50294	13808	-225595	-139629
<b>SUM</b>	<b>857413</b>	<b>318841</b>	<b>950659</b>	<b>-225595</b>	<b>-139629</b>		

<b>Varmeproduksjon</b>	
Kjeleffekt	50 kW
Årlig oppvarmingsbehov	77808 kWh
Kjel virkningsgrad	90 %
Tilført energi i flis	86453 kWh

<b>Finansiering</b>	
Investering	529321 kr
Utrangeringsverdi	70000 kr
Låneandel	100 %
Lån	529321 kr
Tilbakebetalingstid	15 år
Lånerente	9 %
Kalkuljonsrente	9 %
Annuitetsfaktor	0,124
Avdrag m/renter	65667 Kr / år
Renter	30379 Kr / år
Skattefradrag	28 %
Avdrag	57161 Kr / år

<b>Flis</b>	
Energiinnhold flis 35%	790 kWh/lm3
Årlig mengde flis	109,4 lm3
Pris for flis	0,17 kr/kWh
<b>Årlig fliskostnad</b>	<b>14697 Kr / år</b>

<b>Driftskostnader</b>	
Pumpekraft	559 Kr / år
Strøm til kjel	1200 Kr / år
Vedlikehold kjel	4800 Kr / år
<b>Sum driftskostnader</b>	<b>21256 Kr / år</b>

<b>Innsparing</b>	
Erstattet mva pliktig stømforbruk	50766 kWh
Erstattet mva fritatt stømforbruk	10207 kWh
Spotpris	0,41 kr/kWh
Netteteie	0,39 kr/kWh
Grønne sertifikater	0 kr/kWh
mva	25 %
Innsparing mva pliktig	50576 kr
Innsparing mva fritatt	8135 kr
Tilskudd grønne sertifikater	0 kr
<b>Sum innsparing</b>	<b>58711 kr</b>

<b>Strøm innkjøp</b>	
Innkjøpt strøm	50223 kWh
Andel mva fritt	74,4 %
Strømutgifter mva fritt	29781 Kr / år
Strømutgifter inkl. Mva	12809 Kr / år
<b>Samlet strømutgift</b>	<b>42590 Kr / år</b>

**Vedlegg AS – Beregning av lønnsomhet for flisfyringsanlegg, nødvendig**

År	Kapitalkostnad	Driftskostnad	Innsparing	Årsresultat	Nåverdi	Akk. kontantstrøm	Akk. Nåverdi
	kr	kr	kr	kr	kr	kr	kr
0					0	0	0
1	57161	21256	76537	-1880	-1725	-1880	-1725
2	57161	21256	76537	-1880	-1583	-3761	-3308
3	57161	21256	76537	-1880	-1452	-5641	-4760
4	57161	21256	76537	-1880	-1332	-7522	-6092
5	57161	21256	76537	-1880	-1222	-9402	-7314
6	57161	21256	76537	-1880	-1121	-11282	-8435
7	57161	21256	76537	-1880	-1029	-13163	-9464
8	57161	21256	76537	-1880	-944	-15043	-10408
9	57161	21256	76537	-1880	-866	-16924	-11273
10	57161	21256	76537	-1880	-794	-18804	-12068
11	57161	21256	76537	-1880	-729	-20684	-12796
12	57161	21256	76537	-1880	-669	-22565	-13465
13	57161	21256	76537	-1880	-613	-24445	-14078
14	57161	21256	76537	-1880	-563	-26326	-14641
15	57161	21256	146537	68120	18701	41794	4060
<b>SUM</b>	<b>857413</b>	<b>318841</b>	<b>1218048</b>	<b>41794</b>	<b>4060</b>		

<b>Varmeproduksjon</b>	
Kjeleffekt	50 kW
Årlig oppvarmingsbehov	77808 kWh
Kjel virkningsgrad	90 %
Tilført energi i flis	86453 kWh

<b>Finansiering</b>	
Investering	529321 kr
Utrangeringsverdi	70000 kr
Låneandel	100 %
Lån	529321 kr
Tilbakebetalingstid	15 år
Lånerente	9 %
Kalkuljonsrente	9 %
Annuitetsfaktor	0,124
Avdrag m/renter	65667 Kr / år
Renter	30379 Kr / år
Skattefradrag	28 %
Avdrag	57161 Kr / år

<b>Flis</b>	
Energiinnhold flis 35%	790 kWh/lm <sup>3</sup>
Årlig mengde flis	109,4 lm <sup>3</sup>
Pris for flis	0,17 kr/kWh
<b>Årlig fliskostnad</b>	<b>14697 Kr / år</b>

<b>Driftskostnader</b>	
Pumpekraft	559 Kr / år
Strøm til kjel	1200 Kr / år
Vedlikehold kjel	4800 Kr / år
<b>Sum driftskostnader</b>	<b>21256 Kr / år</b>

<b>Innsparing</b>	
Erstattet mva pliktig stømforbruk	50766 kWh
Erstattet mva fritatt stømforbruk	10207 kWh
Spotpris	0,5 kr/kWh
Netteteie	0,39 kr/kWh
Grønne sertifikater	0,18 kr/kWh
mva	25 %
Innsparing mva pliktig	56477 kr
Innsparing mva fritatt	9084 kr
Tilskudd grønne sertifikater	10975 kr
<b>Sum innsparing</b>	<b>76537 kr</b>

<b>Strøm innkjøp</b>	
Innkjøpt strøm	50223 kWh
Andel mva fritt	74,4 %
Strømutgifter mva fritt	33256 Kr / år
Strømutgifter inkl. Mva	14304 Kr / år
<b>Samlet strømutgift</b>	<b>47559 Kr / år</b>



## Vedlegg AT – Beregning av lønnsomhet for flisfyringsanlegg uten tømmervogn med kjøpt flis, nødvendig

År	Kapitalkostnad	Driftskostnad	Innsparing	Årsresultat	Nåverdi	Akk. kontantstrøm	Akk. Nåverdi
	kr	kr	kr	kr	kr	kr	kr
0					0	0	0
1	38803	28446	65561	-1687	-1548	-1687	-1548
2	38803	28446	65561	-1687	-1420	-3375	-2968
3	38803	28446	65561	-1687	-1303	-5062	-4271
4	38803	28446	65561	-1687	-1195	-6749	-5466
5	38803	28446	65561	-1687	-1097	-8436	-6563
6	38803	28446	65561	-1687	-1006	-10124	-7569
7	38803	28446	65561	-1687	-923	-11811	-8492
8	38803	28446	65561	-1687	-847	-13498	-9339
9	38803	28446	65561	-1687	-777	-15185	-10115
10	38803	28446	65561	-1687	-713	-16873	-10828
11	38803	28446	65561	-1687	-654	-18560	-11482
12	38803	28446	65561	-1687	-600	-20247	-12082
13	38803	28446	65561	-1687	-550	-21934	-12632
14	38803	28446	65561	-1687	-505	-23622	-13137
15	38803	28446	115561	48313	13264	24691	126
<b>SUM</b>	<b>582041</b>	<b>426689</b>	<b>1033421</b>	<b>24691</b>	<b>126</b>		

<b>Varmeproduksjon</b>	
Kjeleffekt	50 kW
Årlig oppvarmingsbehov	77808 kWh
Kjel virkningsgrad	90 %
Tilført energi i flis	86453 kWh

<b>Finansiering</b>	
Investering	359321 kr
Utrangeringsverdi	50000 kr
Låneandel	100 %
Lån	359321 kr
Tilbakebetalingstid	15 år
Lånerente	9 %
Kalkuljonsrente	9 %
Annuitetsfaktor	0,124
Avdrag m/renter	44577 Kr / år
Renter	20622 Kr / år
Skattefradrag	28 %
Avdrag	38803 Kr / år

<b>Flis</b>	
Energiinnhold flis 35%	790 kWh/lm <sup>3</sup>
Årlig mengde flis	109,4 lm <sup>3</sup>
Pris for flis	200 kr/lm <sup>3</sup>
<b>Årlig fliskostnad</b>	<b>21887 Kr / år</b>

<b>Driftskostnader</b>	
Pumpekraft	559 Kr / år
Strøm til kjel	1200 Kr / år
Vedlikehold kjel	4800 Kr / år
<b>Sum driftskostnader</b>	<b>28446 Kr / år</b>

<b>Innsparing</b>	
Erstattet mva pliktig stømforbruk	50766 kWh
Erstattet mva fritatt strømförbruk	10207 kWh
Spotpris	0,50 kr/kWh
Netteteie	0,39 kr/kWh
Grønne sertifikater	0 kr/kWh
mva	25 %
Innsparing mva pliktig	56477 kr
Innsparing mva fritatt	9084 kr
Tilskudd grønne sertifikater	0 kr

**Vedlegg AU – Beregning av lønnsomhet for biogassanlegg, reell**

År	Kapitalkostnad	Driftskostnad	Innsparing	Årsresultat	Nåverdi	Akk. kontantstrøm	Akk. Nåverdi
	kr	kr	kr	kr	kr	kr	kr
0					0	0	0
1	174767	50000	104791	-119976	-110070	-119976	-110070
2	174767	50000	104791	-119976	-100982	-239952	-211051
3	174767	50000	104791	-119976	-92644	-359929	-303695
4	174767	50000	104791	-119976	-84994	-479905	-388689
5	174767	50000	104791	-119976	-77976	-599881	-466666
6	174767	50000	104791	-119976	-71538	-719857	-538203
7	174767	50000	104791	-119976	-65631	-839833	-603835
8	174767	50000	104791	-119976	-60212	-959810	-664047
9	174767	50000	104791	-119976	-55240	-1079786	-719287
10	174767	50000	104791	-119976	-50679	-1199762	-769966
11	174767	50000	104791	-119976	-46495	-1319738	-816461
12	174767	50000	104791	-119976	-42656	-1439714	-859117
13	174767	50000	104791	-119976	-39134	-1559690	-898250
14	174767	50000	104791	-119976	-35902	-1679667	-934153
15	174767	50000	254791	30024	8243	-1649643	-925910
<b>SUM</b>	<b>2621500</b>	<b>750000</b>	<b>1721858</b>	<b>-1649643</b>	<b>-925910</b>		

<b>Finansiering</b>		
Investering	1618374	kr
Utrangeringsverdi	150000	kr
Låneandel	100	%
Lån	1618374	kr
Tilbakebetalingstid	15	år
Lånerente	9	%
Kalkulsjonsrente	9	%
Annuitetsfaktor	0,124	
Avdrag m/renter	200774	Kr / år
Renter	92882	Kr / år
Skattefradrag	28	%
Avdrag	174767	Kr / år

<b>Strømpris</b>		
Spotpris	0,41	kr/kWh
Netteteie	0,39	kr/kWh
Salgsavgift	0,05	kr/kWh
Grønne sertifikater	0	kr/kWh
mva	25	%

<b>Termisk energi</b>		
Produksjon	100000	kWh
Årlig oppvarmingsbehov	77808	kWh
Kjel virkningsgrad	90	%
Tilført energi i gass	86453	kWh
Overskuddsvarme	13547	kWh
Erstattet mva pliktig stømforbruk	50766	kWh
Erstattet mva fritatt strømförbruk	10207	kWh
Innsparing mva pliktig	50576	kr
Innsparing mva fritatt	8135	kr
<b>Sum termisk innsparing</b>	<b>58711</b>	<b>kr</b>

<b>Elektrisk energi</b>		
Produksjon	60000	kWh
Strømförbruk	50223	kWh
Andel mva fritt	74,4	%
Strøminnsparing mva fritt	29781	kr
Strøminnsparing inkl. Mva	12809	kr
Solgt strøm	9777	kWh
Inntekter solgt strøm	3490	kr
<b>Sum inntekter elektrisk energi</b>	<b>46080</b>	<b>kr</b>

<b>Driftskostnader</b>		
Driftskostnader	20000	kr
Vedlikehold	30000	kr
<b>Sum driftskostnader</b>	<b>50000</b>	<b>kr</b>

**Vedlegg AV – Beregning av lønnsomhet for biogassanlegg, nødvendig**

År	Kapitalkostnad	Driftskostnad	Innsparing	Årsresultat	Nåverdi	Akk. kontantstrøm	Akk. Nåverdi
	kr	kr	kr	kr	kr	kr	kr
0					0	0	0
1	174767	50000	220473	-4294	-3939	-4294	-3939
2	174767	50000	220473	-4294	-3614	-8588	-7554
3	174767	50000	220473	-4294	-3316	-12882	-10869
4	174767	50000	220473	-4294	-3042	-17176	-13911
5	174767	50000	220473	-4294	-2791	-21470	-16702
6	174767	50000	220473	-4294	-2560	-25764	-19263
7	174767	50000	220473	-4294	-2349	-30058	-21612
8	174767	50000	220473	-4294	-2155	-34352	-23767
9	174767	50000	220473	-4294	-1977	-38646	-25744
10	174767	50000	220473	-4294	-1814	-42940	-27558
11	174767	50000	220473	-4294	-1664	-47234	-29222
12	174767	50000	220473	-4294	-1527	-51528	-30748
13	174767	50000	220473	-4294	-1401	-55822	-32149
14	174767	50000	220473	-4294	-1285	-60116	-33434
15	174767	50000	370473	145706	40002	85590	6568
<b>SUM</b>	<b>2621500</b>	<b>750000</b>	<b>3457090</b>	<b>85590</b>	<b>6568</b>		

<b>Finansiering</b>		
Investering	1618374	kr
Utrangeringsverdi	150000	kr
Låneandel	100	%
Lån	1618374	kr
Tilbakebetalingstid	15	år
Lånerente	9	%
Kalkulsjonsrente	9	%
Annuitetsfaktor	0,124	
Avdrag m/renter	200774	Kr / år
Renter	92882	Kr / år
Skattefradrag	28	%
Avdrag	174767	Kr / år

<b>Strømpris</b>		
Spotpris	0,5	kr/kWh
Netteteie	0,39	kr/kWh
Salgsavgift	0,05	kr/kWh
Grønne sertifikater	0,81	kr/kWh
mva	25	%

<b>Termisk energi</b>		
Produksjon	100000	kWh
Årlig oppvarmingsbehov	77808	kWh
Kjel virkningsgrad	90	%
Tilført energi i gass	86453	kWh
Overskuddsvarme	13547	kWh
Erstattet mva pliktig stømforbruk	50766	kWh
Erstattet mva fritatt strømforbruk	10207	kWh
Innsparing mva pliktig	107878	kr
Innsparing mva fritatt	17352	kr
<b>Sum termisk innsparing</b>	<b>125230</b>	<b>kr</b>

<b>Elektrisk energi</b>		
Produksjon	60000	kWh
Strømforbruk	50223	kWh
Andel mva fritt	74,4	%
Strøminnsparing mva fritt	63522	kr
Strøminnsparing inkl. Mva	27321	kr
Solgt strøm	9777	kWh
Inntekter solgt strøm	4400	kr
<b>Sum inntekter elektrisk energi</b>	<b>95243</b>	<b>kr</b>

<b>Driftskostnader</b>		
Driftskostnader	20000	kr
Vedlikehold	30000	kr
<b>Sum driftskostnader</b>	<b>50000</b>	<b>kr</b>

**Vedlegg AW – Beregning av lønnsomhet for gårdsvarmepumpe, reell**

År	Kapitalkostnad	Driftskostnad	Innsparing	Årsresultat	Nåverdi	Akk. kontantstrøm	Akk. Nåverdi
	kr	kr	kr	kr	kr	kr	kr
0					0	0	0
1	24734	26198	41467	-9466	-8684	-9466	-8684
2	24734	26198	41467	-9466	-7967	-18931	-16651
3	24734	26198	41467	-9466	-7309	-28397	-23960
4	24734	26198	41467	-9466	-6706	-37863	-30666
5	24734	26198	41467	-9466	-6152	-47328	-36818
6	24734	26198	41467	-9466	-5644	-56794	-42462
7	24734	26198	41467	-9466	-5178	-66260	-47640
8	24734	26198	41467	-9466	-4750	-75725	-52391
9	24734	26198	41467	-9466	-4358	-85191	-56749
10	24734	26198	41467	-9466	-3998	-94657	-60747
11	24734	26198	41467	-9466	-3668	-104122	-64416
12	24734	26198	41467	-9466	-3365	-113588	-67781
13	24734	26198	41467	-9466	-3087	-123054	-70869
14	24734	26198	41467	-9466	-2833	-132519	-73701
15	24734	26198	41467	-9466	-2599	-141985	-76300
16	24734	26198	41467	-9466	-2384	-151451	-78684
17	24734	26198	41467	-9466	-2187	-160916	-80871
18	24734	26198	41467	-9466	-2007	-170382	-82878
19	24734	26198	41467	-9466	-1841	-179848	-84719
20	24734	26198	78467	27534	4913	-152313	-79806
<b>SUM</b>	<b>494683</b>	<b>523965</b>	<b>866334</b>	<b>-152313</b>	<b>-79806</b>		

<b>Varmeproduksjon</b>	
Kjeleffekt	15 kW
Årlig oppvarmingsbehov	49123 kWh
COP	3,8
Tilført energi strøm	12927 kWh

<b>Finansiering</b>	
Varmepumpe	266321 kr
Utrangeringsverdi	37000 kr
Låneandel	100 %
Lån	266321 kr
Tilbakebetalingstid	20 år
Lånerente	9 %
Kalkuljonsrente	9 %
Annuitetsfaktor	0,110
Avdrag m/renter	29175 Kr / år
Renter	15858 Kr / år
Skattefradrag	28 %
Avdrag	24734 Kr / år

<b>Driftskostnader</b>	
Pumpekraft	266 Kr / år
Strøm til varmpumpe	10303 Kr / år
Vedlikehold varmpumpe 2%	5326 Kr / år
<b>Sum driftskostnader</b>	<b>26198 Kr / år</b>

<b>Innsparing</b>	
Erstattet mva pliktig stømforbruk	34818 kWh
Erstattet mva fritatt strømforbruk	8506 kWh
Spotpris	0,41 kr/kWh
Netteteie	0,39 kr/kWh
Grønne sertifikater	0 kr/kWh
mva	25 %
Innsparing mva pliktig	34687 kr
Innsparing mva fritatt	6779 kr
Tilskudd grønne sertifikater	0 kr
<b>Sum innsparing</b>	<b>41467 kr</b>

<b>Strøm innkjøp</b>	
Innkjøpt strøm	80799 kWh
Andel mva fritt	57,56 %
Strømutgifter mva fritt	37067 Kr / år
Strømutgifter inkl. Mva	34163 Kr / år
<b>Samlet strømutgift</b>	<b>71229 Kr / år</b>



**Vedlegg AX – Beregning av lønnsomhet for gårdsvarmepumpe, nødvendig**

År	Kapitalkostnad	Driftskostnad	Innsparing	Årsresultat	Nåverdi	Akk. kontantstrøm	Akk. Nåverdi
	kr	kr	kr	kr	kr	kr	kr
0					0	0	0
1	24734	28603	52689	-648	-595	-648	-595
2	24734	28603	52689	-648	-545	-1296	-1140
3	24734	28603	52689	-648	-500	-1944	-1641
4	24734	28603	52689	-648	-459	-2592	-2100
5	24734	28603	52689	-648	-421	-3241	-2521
6	24734	28603	52689	-648	-386	-3889	-2907
7	24734	28603	52689	-648	-355	-4537	-3262
8	24734	28603	52689	-648	-325	-5185	-3587
9	24734	28603	52689	-648	-298	-5833	-3886
10	24734	28603	52689	-648	-274	-6481	-4159
11	24734	28603	52689	-648	-251	-7129	-4410
12	24734	28603	52689	-648	-230	-7777	-4641
13	24734	28603	52689	-648	-211	-8425	-4852
14	24734	28603	52689	-648	-194	-9074	-5046
15	24734	28603	52689	-648	-178	-9722	-5224
16	24734	28603	52689	-648	-163	-10370	-5387
17	24734	28603	52689	-648	-150	-11018	-5537
18	24734	28603	52689	-648	-137	-11666	-5675
19	24734	28603	52689	-648	-126	-12314	-5801
20	24734	28603	89689	36352	6486	24038	686

<b>SUM</b>	<b>494683</b>	<b>572053</b>	<b>1090774</b>	<b>24038</b>	<b>686</b>		
------------	---------------	---------------	----------------	--------------	------------	--	--

<b>Varmeproduksjon</b>	
Kjeleffekt	15 kW
Årlig oppvarmingsbehov	49123 kWh
COP	3,8
Tilført energi strøm	12927 kWh

<b>Finansiering</b>	
Varmepumpe	266321 kr
Utrangeringsverdi	37000 kr
Låneandel	100 %
Lån	266321 kr
Tilbakebetalingstid	20 år
Lånerente	9 %
Kalkuljonsrente	9 %
Annuitetsfaktor	0,110
Avdrag m/renter	29175 Kr / år
Renter	15858 Kr / år
Skattefradrag	28 %
Avdrag	24734 Kr / år

<b>Driftskostnader</b>	
Pumpekraft	266 Kr / år
Strøm til varmpumpe	11505 Kr / år
Vedlikehold varmpumpe 2%	5326 Kr / år
<b>Sum driftskostnader</b>	<b>28603 Kr / år</b>

<b>Innsparing</b>	
Erstattet mva pliktig stømforbruk	34818 kWh
Erstattet mva fritatt strømforbruk	8506 kWh
Spotpris	0,5 kr/kWh
Netteteie	0,39 kr/kWh
Grønne sertifikater	0,21 kr/kWh
mva	25 %
Innsparing mva pliktig	38735 kr
Innsparing mva fritatt	7570 kr
Tilskudd grønne sertifikater	6383 kr
<b>Sum innsparing</b>	<b>52689 kr</b>

<b>Strøm innkjøp</b>	
Innkjøpt strøm	80799 kWh
Andel mva fritt	57,56 %
Strømutgifter mva fritt	41392 Kr / år
Strømutgifter inkl. Mva	38149 Kr / år
<b>Samlet strømutgift</b>	<b>79541 Kr / år</b>

**Vedlegg AY – Beregning av potensiale for solceller på redskapshuset****Photovoltaic Geographical Information System**

European Commission  
Joint Research Centre  
Ispra, Italy

**Performance of Grid-connected PV****PVGIS estimates of solar electricity generation**

Location: 58°46'6" North, 5°57'27" East, Elevation: 139 m a.s.l.,

Nominal power of the PV system: 14.6 kW (CIS)

Estimated losses due to temperature: 5.9% (using local ambient temperature)

Estimated loss due to angular reflectance effects: 3.3%

Other losses (cables, inverter etc.): 15.0%

Combined PV system losses: 22.6%

Fixed system: inclination=28 deg., orientation=20 deg.				
Month	Ed	Em	Hd	Hm
Jan	4.49	139	0.39	11.9
Feb	14.60	408	1.21	34.0
Mar	28.40	879	2.39	74.2
Apr	44.60	1340	3.86	116
May	54.90	1700	4.87	151
Jun	58.90	1770	5.33	160
Jul	53.80	1670	4.91	152
Aug	43.00	1330	3.90	121
Sep	31.30	938	2.77	83.0
Oct	16.70	517	1.44	44.6
Nov	6.39	192	0.55	16.5
Dec	2.70	83.6	0.24	7.39
Year	30.00	914	2.66	80.9
Total for year		11000		971

Ed: Average daily electricity production from the given system (kWh)

Em: Average monthly electricity production from the given system (kWh)

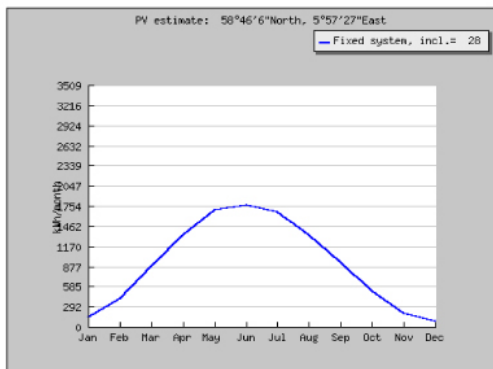
Hd: Average daily sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m<sup>2</sup>)

Hm: Average sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m<sup>2</sup>)

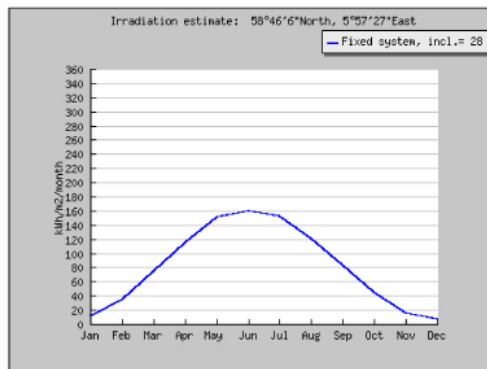


Photovoltaic Geographical Information System

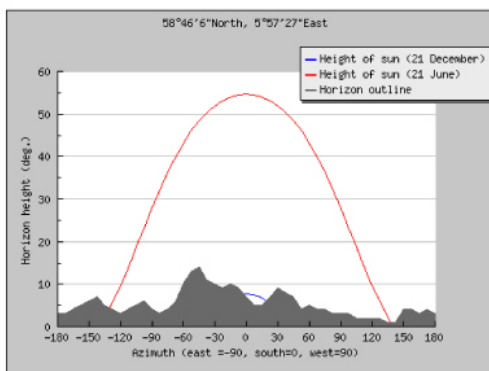
European Commission  
 Joint Research Centre  
 Ispra, Italy



Monthly energy output from fixed-angle PV system



Monthly in-plane irradiation for fixed angle



Outline of horizon with sun path for winter and summer solstice

PVGIS (c) European Communities, 2001-2010  
 Reproduction is authorised, provided the source is acknowledged.  
<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>

Disclaimer:

The European Commission maintains this website to enhance public access to information about its initiatives and European Union policies in general. However the Commission accepts no responsibility or liability whatsoever with regard to the information on this site.

This information is:

- of a general nature only and is not intended to address the specific circumstances of any particular individual or entity;
- not necessarily comprehensive, complete, accurate or up to date;
- not professional or legal advice (if you need specific advice, you should always consult a suitably qualified professional).

Some data or information on this site may have been created or structured in files or formats that are not error-free and we cannot guarantee that our service will not be interrupted or otherwise affected by such problems. The Commission accepts no responsibility with regard to such problems incurred as a result of using this site or any linked external sites.

## Vedlegg AZ – Beregning av potensiale for solceller på fjøset



## Photovoltaic Geographical Information System

European Commission  
Joint Research Centre  
Ispra, Italy

## Performance of Grid-connected PV

## PVGIS estimates of solar electricity generation

Location: 58°46'6" North, 5°57'27" East, Elevation: 139 m a.s.l.,

Nominal power of the PV system: 30.6 kW (CIS)

Estimated losses due to temperature: 6.1% (using local ambient temperature)

Estimated loss due to angular reflectance effects: 3.0%

Other losses (cables, inverter etc.): 15.0%

Combined PV system losses: 22.7%

Fixed system: inclination=39 deg., orientation=20 deg.				
Month	Ed	Em	Hd	Hm
Jan	10.10	314	0.41	12.7
Feb	33.20	930	1.32	36.9
Mar	62.10	1930	2.50	77.6
Apr	94.30	2830	3.91	117
May	113.00	3500	4.80	149
Jun	120.00	3590	5.18	155
Jul	110.00	3400	4.79	149
Aug	89.40	2770	3.88	120
Sep	67.50	2020	2.85	85.6
Oct	37.30	1160	1.53	47.5
Nov	14.60	437	0.59	17.8
Dec	5.99	186	0.25	7.75
Year	63.20	1920	2.67	81.3
Total for year		23100		976

Ed: Average daily electricity production from the given system (kWh)

Em: Average monthly electricity production from the given system (kWh)

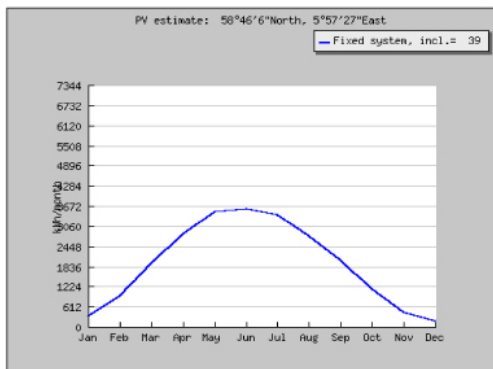
Hd: Average daily sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m<sup>2</sup>)

Hm: Average sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m<sup>2</sup>)

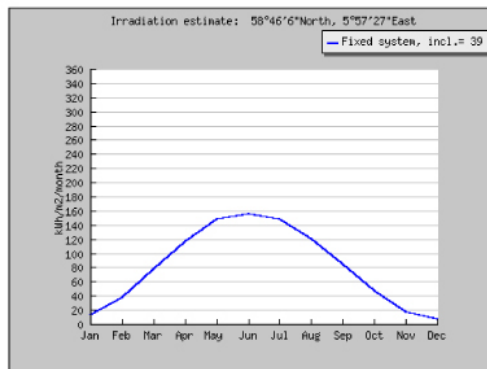


Photovoltaic Geographical Information System

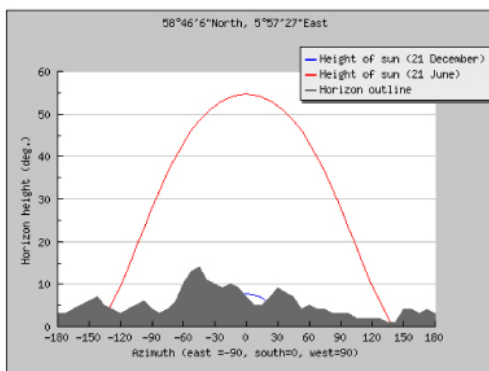
European Commission  
 Joint Research Centre  
 Ispra, Italy



Monthly energy output from fixed-angle PV system



Monthly in-plane irradiation for fixed angle



Outline of horizon with sun path for winter and summer solstice

PVGIS (c) European Communities, 2001-2010  
 Reproduction is authorised, provided the source is acknowledged.  
<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>

Disclaimer:

The European Commission maintains this website to enhance public access to information about its initiatives and European Union policies in general. However the Commission accepts no responsibility or liability whatsoever with regard to the information on this site.

This information is:

- of a general nature only and is not intended to address the specific circumstances of any particular individual or entity;
- not necessarily comprehensive, complete, accurate or up to date;
- not professional or legal advice (if you need specific advice, you should always consult a suitably qualified professional).

Some data or information on this site may have been created or structured in files or formats that are not error-free and we cannot guarantee that our service will not be interrupted or otherwise affected by such problems. The Commission accepts no responsibility with regard to such problems incurred as a result of using this site or any linked external sites.

**Vedlegg AÆ – Beregning av lønnsomhet for solcelleanlegg, reell**

År	Kapitalkostnad	Driftskostnad	Salgsinntekter	Årsresultat	Nåverdi	Akk. kontantstrøm	Akk. Nåverdi
	kr	kr	kr	kr	kr		
0					0	0	0
1	17238	2000	18713	-525	-482	-525	-482
2	17238	2000	18713	-525	-442	-1050	-923
3	17238	2000	18713	-525	-405	-1575	-1329
4	17238	2000	18713	-525	-372	-2099	-1700
5	17238	2000	18713	-525	-341	-2624	-2042
6	17238	2000	18713	-525	-313	-3149	-2355
7	17238	2000	18713	-525	-287	-3674	-2642
8	17238	2000	18713	-525	-263	-4199	-2905
9	17238	2000	18713	-525	-242	-4724	-3147
10	17238	2000	18713	-525	-222	-5249	-3368
11	17238	2000	18713	-525	-203	-5774	-3572
12	17238	2000	18713	-525	-187	-6298	-3758
13	17238	2000	18713	-525	-171	-6823	-3930
14	17238	2000	18713	-525	-157	-7348	-4087
15	17238	2000	18713	-525	-144	-7873	-4231
16	17238	2000	18713	-525	-132	-8398	-4363
17	17238	2000	18713	-525	-121	-8923	-4484
18	17238	2000	18713	-525	-111	-9448	-4596
19	17238	2000	18713	-525	-102	-9973	-4698
20	17238	2000	18713	-525	-94	-10497	-4791
21	17238	2000	18713	-525	-86	-11022	-4877
22	17238	2000	18713	-525	-79	-11547	-4956
23	17238	2000	18713	-525	-72	-12072	-5028
24	17238	2000	18713	-525	-66	-12597	-5095
25	17238	2000	68713	49475	5738	36878	643
<b>SUM</b>	<b>430953</b>	<b>50000</b>	<b>517831</b>	<b>36878</b>	<b>643</b>		

<b>Strømproduksjon</b>		
Årsproduksjon	34100	kWh

<b>Finansiering</b>		
Solcelleanlegg	164000	kr
Oppgradering av strømkabel	40000	kr
Utrangeringsverdi	50000	kr
Låneandel	100	%
Lån	204000	kr
Tilbakebetalingstid	25	år
Lånerente	9	%
Kalkuljonsrente	9	%
Annuitetsfaktor	0,102	
Avdrag m/renter	20768	Kr / år
Renter	12608	Kr / år
Skattefradrag	28	%
Avdrag	17238	Kr / år

<b>Strømpriser</b>		
Spotpris	0,41	kr/kWh
Nettlete	0,39	kr/kWh
Salgskostnad	0,05	kr/kWh
Grønne sertifikater	0	kr/kWh
mva	25	%

<b>Strømsalg</b>		
Energiproduksjon	34100	kWh
Samlet eget forbruk	99196	kWh
Andel produksjon til eget forbruk	30	%
Energiproduksjon eget forbruk	10230	kWh
Solgt energi	23870	kWh
<b>Sparte utgifter</b>	<b>10192</b>	<b>Kr / år</b>
<b>Salgsinntekter</b>	<b>8522</b>	<b>Kr / år</b>

<b>Strøm innkjøp</b>		
Innkjøpt strøm	88966	kWh
Andel mva fritt	47,96	%
Strømutgifter mva fritt	34006	Kr / år
Strømutgifter inkl. Mva	46124	Kr / år
<b>Samlet strømutgift</b>	<b>80131</b>	<b>Kr / år</b>



**Vedlegg AØ – Beregning av lønnsomhet for solcelleanlegg, nødvendig**

År	Kapitalkostnad	Driftskostnad	Salgsinntekter	Årsresultat	Nåverdi	Akk. kontantstrøm	Akk. Nåverdi
	kr	kr	kr	kr	kr		
0					0	0	0
1	127140	2000	128796	-345	-316	-345	-316
2	127140	2000	128796	-345	-290	-689	-606
3	127140	2000	128796	-345	-266	-1034	-872
4	127140	2000	128796	-345	-244	-1378	-1116
5	127140	2000	128796	-345	-224	-1723	-1340
6	127140	2000	128796	-345	-205	-2067	-1545
7	127140	2000	128796	-345	-188	-2412	-1734
8	127140	2000	128796	-345	-173	-2756	-1907
9	127140	2000	128796	-345	-159	-3101	-2065
10	127140	2000	128796	-345	-146	-3445	-2211
11	127140	2000	128796	-345	-134	-3790	-2344
12	127140	2000	128796	-345	-122	-4134	-2467
13	127140	2000	128796	-345	-112	-4479	-2579
14	127140	2000	128796	-345	-103	-4823	-2682
15	127140	2000	128796	-345	-95	-5168	-2777
16	127140	2000	128796	-345	-87	-5512	-2864
17	127140	2000	128796	-345	-80	-5857	-2943
18	127140	2000	128796	-345	-73	-6201	-3016
19	127140	2000	128796	-345	-67	-6546	-3083
20	127140	2000	128796	-345	-61	-6890	-3145
21	127140	2000	128796	-345	-56	-7235	-3201
22	127140	2000	128796	-345	-52	-7579	-3253
23	127140	2000	128796	-345	-47	-7924	-3301
24	127140	2000	128796	-345	-44	-8268	-3344
25	127140	2000	178796	49655	5758	41387	2414
<b>SUM</b>	<b>3178505</b>	<b>50000</b>	<b>3269893</b>	<b>41387</b>	<b>2414</b>		

<b>Strømproduksjon</b>		
Årsproduksjon	34100	kWh

<b>Finansiering</b>		
Solcelleanlegg	1464609	kr
Oppgradering av strømkabel	40000	kr
Utrangeringsverdi	50000	kr
Låneandel	100	%
Lån	1504609	kr
Tilbakebetalingstid	25	år
Lånerente	9	%
Kalkuljonsrente	9	%
Annuitetsfaktor	0,102	
Avdrag m/renter	153179	Kr / år
Renter	92994	Kr / år
Skattefradrag	28	%
Avdrag	127140	Kr / år

<b>Strømpriser</b>		
Spotpris	0,5	kr/kWh
Nettlete	0,39	kr/kWh
Salgskostnad	0,05	kr/kWh
Grønne sertifikater	2,91	kr/kWh
mva	25	%

<b>Strømsalg</b>		
Energiproduksjon	34100	kWh
Samlet eget forbruk	99196	kWh
Andel produksjon til eget forbruk	30	%
Energiproduksjon eget forbruk	10230	kWh
Solgt energi	23870	kWh
<b>Sparte utgifter</b>	<b>48593</b>	<b>Kr / år</b>
<b>Salgsinntekter</b>	<b>80203</b>	<b>Kr / år</b>

<b>Strøm innkjøp</b>		
Innkjøpt strøm	88966	kWh
Andel mva fritt	47,96	%
Strømutgifter mva fritt	37975	Kr / år
Strømutgifter inkl. Mva	51506	Kr / år
<b>Samlet strømutgift</b>	<b>89481</b>	<b>Kr / år</b>

**Vedlegg AÅ – Beregning av lønnsomhet for vindturbin, reell**

År	Kapitalkostnad kr	Driftskostnad kr	Salgsinntekter kr	Årsresultat kr	Nåverdi kr	Akk. kontantstrøm	Akk. Nåverdi
0					0	0	0
1	88230	1000	70106	-19124	-17545	-19124	-17545
2	88230	1000	70106	-19124	-16097	-38249	-33642
3	88230	1000	70106	-19124	-14767	-57373	-48409
4	88230	1000	70106	-19124	-13548	-76497	-61957
5	88230	6000	70106	-24124	-15679	-100621	-77636
6	88230	1000	70106	-19124	-11403	-119746	-89040
7	88230	1000	70106	-19124	-10462	-138870	-99501
8	88230	1000	70106	-19124	-9598	-157994	-109099
9	88230	1000	70106	-19124	-8805	-177119	-117904
10	88230	6000	70106	-24124	-10190	-201243	-128095
11	88230	1000	70106	-19124	-7411	-220367	-135506
12	88230	1000	70106	-19124	-6799	-239491	-142305
13	88230	1000	70106	-19124	-6238	-258616	-148543
14	88230	1000	70106	-19124	-5723	-277740	-154266
15	88230	6000	70106	-24124	-6623	-301864	-160889
16	88230	1000	70106	-19124	-4817	-320989	-165706
17	88230	1000	70106	-19124	-4419	-340113	-170125
18	88230	1000	70106	-19124	-4054	-359237	-174180
19	88230	1000	70106	-19124	-3719	-378361	-177899
20	88230	6000	120106	25876	4617	-352486	-173282
<b>SUM</b>	<b>1764596</b>	<b>40000</b>	<b>1452110</b>	<b>-352486</b>	<b>-173282</b>		

<b>Strømproduksjon</b>	
Turbineffekt	45 kW
Årsmiddelvind	7,5 m/s
Fullasttimer	2800 timer
Ising	100 timer
Årsproduksjon	121500 kWh

<b>Finansiering</b>	
Vindturbin	810000 kr
Installasjon	100000 kr
Oppgradering av strømkabel	40000 kr
Utrangeringsverdi	50000 kr
Låneandel	100 %
Lån	950000 kr
Tilbakebetalingstid	20 år
Lånerente	9 %
Kalkulsjonsrente	9 %
Annuitetsfaktor	0,110
Avdrag m/renter	104069 Kr / år
Renter	56569 Kr / år
Skattefradrag	28 %
Avdrag	88230 Kr / år

<b>Strømpriser</b>	
Spotpris	0,41 kr/kWh
Nettlete	0,39 kr/kWh
Salgskostnad	0,05 kr/kWh
Grønne sertifikater	0 kr/kWh
mva	25 %

<b>Strømsalg</b>	
Energiproduksjon	121500 kWh
Samlet eget forbruk	99196 kWh
Andel produksjon til eget forbruk	50 %
Energiproduksjon eget forbruk	60750 kWh
Solgt energi	60750 kWh
<b>Sparte utgifter</b>	<b>48418 Kr / år</b>
<b>Salgsinntekter</b>	<b>21688 Kr / år</b>

<b>Strøm innkjøp</b>	
Innkjøpt strøm	38446 kWh
Andel mva fritt	47,96 %
Strømutgifter mva fritt	14696 Kr / år
Strømutgifter inkl. Mva	19932 Kr / år
<b>Samlet strømutgift</b>	<b>34628 Kr / år</b>

**Vedlegg BA – Beregning av lønnsomhet for vindturbin, nødvendig**

År	Kapitalkostnad kr	Driftskostnad kr	Salgsinntekter kr	Årsresultat kr	Nåverdi kr	Akk. kontantstrøm	Akk. Nåverdi
0					0	0	0
1	88230	1000	89910	680	624	680	624
2	88230	1000	89910	680	573	1360	1197
3	88230	1000	89910	680	525	2041	1722
4	88230	1000	89910	680	482	2721	2204
5	88230	6000	89910	-4320	-2808	-1599	-604
6	88230	1000	89910	680	406	-919	-198
7	88230	1000	89910	680	372	-239	174
8	88230	1000	89910	680	341	442	515
9	88230	1000	89910	680	313	1122	828
10	88230	6000	89910	-4320	-1825	-3198	-996
11	88230	1000	89910	680	264	-2518	-733
12	88230	1000	89910	680	242	-1837	-491
13	88230	1000	89910	680	222	-1157	-269
14	88230	1000	89910	680	204	-477	-65
15	88230	6000	89910	-4320	-1186	-4797	-1251
16	88230	1000	89910	680	171	-4117	-1080
17	88230	1000	89910	680	157	-3436	-923
18	88230	1000	89910	680	144	-2756	-779
19	88230	1000	89910	680	132	-2076	-646
20	88230	6000	139910	45680	8151	43604	7504
<b>SUM</b>	<b>1764596</b>	<b>40000</b>	<b>1848200</b>	<b>43604</b>	<b>7504</b>		

<b>Strømproduksjon</b>	
Turbineffekt	45 kW
Årsmiddelvind	7,5 m/s
Fullasttimer	2800 timer
Ising	100 timer
Årsproduksjon	121500 kWh

<b>Finansiering</b>	
Vindturbin	810000 kr
Installasjon	100000 kr
Oppgradering av strømkabel	40000 kr
Utrangeringsverdi	50000 kr
Låneandel	100 %
Lån	950000 kr
Tilbakebetalingstid	20 år
Lånerente	9 %
Kalkulsjonsrente	9 %
Annuitetsfaktor	0,110
Avdrag m/renter	104069 Kr / år
Renter	56569 Kr / år
Skattefradrag	28 %
Avdrag	88230 Kr / år

<b>Strømpriser</b>	
Spotpris	0,5 kr/kWh
Nettlete	0,39 kr/kWh
Salgskostnad	0,05 kr/kWh
Grønne sertifikater	0,07 kr/kWh
mva	25 %

<b>Strømsalg</b>	
Energiproduksjon	121500 kWh
Samlet eget forbruk	99196 kWh
Andel produksjon til eget forbruk	50 %
Energiproduksjon eget forbruk	60750 kWh
Solgt energi	60750 kWh
<b>Sparte utgifter</b>	<b>58320 Kr / år</b>
<b>Salgsinntekter</b>	<b>31590 Kr / år</b>

<b>Strøm innkjøp</b>	
Innkjøpt strøm	38446 kWh
Andel mva fritt	47,96 %
Strømutgifter mva fritt	16410 Kr / år
Strømutgifter inkl. Mva	22258 Kr / år
<b>Samlet strømutgift</b>	<b>38669 Kr / år</b>

**Vedlegg BB – Beregning av lønnsomhet for vindturbin, med økt årsproduksjon**

År	Kapitalkostnad kr	Driftskostnad kr	Salgsinntekter kr	Årsresultat kr	Nåverdi kr	Akk. kontantstrøm	Akk. Nåverdi
0					0	0	0
1	88230	1000	91166	1936	1776	1936	1776
2	88230	1000	91166	1936	1630	3872	3406
3	88230	1000	91166	1936	1495	5809	4901
4	88230	1000	91166	1936	1372	7745	6273
5	88230	6000	91166	-3064	-1991	4681	4282
6	88230	1000	91166	1936	1154	6617	5436
7	88230	1000	91166	1936	1059	8553	6495
8	88230	1000	91166	1936	972	10490	7467
9	88230	1000	91166	1936	891	12426	8358
10	88230	6000	91166	-3064	-1294	9362	7064
11	88230	1000	91166	1936	750	11298	7815
12	88230	1000	91166	1936	688	13235	8503
13	88230	1000	91166	1936	632	15171	9135
14	88230	1000	91166	1936	579	17107	9714
15	88230	6000	91166	-3064	-841	14043	8873
16	88230	1000	91166	1936	488	15979	9360
17	88230	1000	91166	1936	447	17916	9808
18	88230	1000	91166	1936	410	19852	10218
19	88230	1000	91166	1936	377	21788	10595
20	88230	6000	141166	46936	8375	68724	18970
<b>SUM</b>	<b>1764596</b>	<b>40000</b>	<b>1873320</b>	<b>68724</b>	<b>18970</b>		

<b>Strømproduksjon</b>	
Turbineffekt	45 kW
Årsmiddelvind	7,5 m/s
Fullasttimer	2800 timer
Ising	100 timer
Årsproduksjon	158000 kWh

<b>Finansiering</b>	
Vindturbin	810000 kr
Installasjon	100000 kr
Oppgradering av strømkabel	40000 kr
Utrangeringsverdi	50000 kr
Låneandel	100 %
Lån	950000 kr
Tilbakebetalingstid	20 år
Lånerente	9 %
Kalkuljonsrente	9 %
Annuitetsfaktor	0,110
Avdrag m/renter	104069 Kr / år
Renter	56569 Kr / år
Skattefradrag	28 %
Avdrag	88230 Kr / år

<b>Strømpriser</b>	
Spotpris	0,41 kr/kWh
Nettlete	0,39 kr/kWh
Salgskostnad	0,05 kr/kWh
Grønne sertifikater	0 kr/kWh
mva	25 %

<b>Strømsalg</b>	
Energiproduksjon	158000 kWh
Samlet eget forbruk	99196 kWh
Andel produksjon til eget forbruk	50 %
Energiproduksjon eget forbruk	79000 kWh
Solgt energi	79000 kWh
<b>Sparte utgifter</b>	<b>62963 Kr / år</b>
<b>Salgsinntekter</b>	<b>28203 Kr / år</b>

<b>Strøm innkjøp</b>	
Innkjøpt strøm	20196 kWh
Andel mva fritt	47,96 %
Strømutgifter mva fritt	7720 Kr / år
Strømutgifter inkl. Mva	10471 Kr / år
<b>Samlet strømutgift</b>	<b>18190 Kr / år</b>