



DET TEKNISK-NATURVITENSKAPELIGE FAKULTET


BACHELOROPPGAVE

Studieprogram/spesialisering: Teknisk
planlegging

Vårsemesteret, 2022

Forfatter: Vithurshan Subramaniam
Candiah

Åpen / Konfidensiell


.....
(signatur forfatter)

Fagansvarlig:

Veileder(e): Ari Krisna Mawira Tarigan

Tittel på bacheloroppgaven: Redusering av avrenningskoeffisient på område ved bruk av naturbaserte løsninger

Engelsk tittel:

Studiepoeng: 20 stp

Emneord: Naturbasert løsning,
tradisjonell løsning, Overvann,
avrenningskoeffisient

Sidetall: 54

+ vedlegg/annet: 8

Stavanger, 13.05/2022
dato/år

Abstract

Klimaendringene som har pågått i Norge i betydelig tid har ført til økt nedbørsmengde. På grunn av dette vil det være et betydelig med vannvolum på overflaten, noe som vil føre til skader på omkringliggende konstruksjoner og veier. For å dempe skadevirkningene benyttes det av en rekke forskjellige overvannshåndterings tiltak. Nedbøren i Norge vil bli hyppigere og mer intens som følge av den globale oppvarmingen. En betydelig del av økningen har skjedd på Vestlandet i Norge og oppgavens case vil ta for seg to scenarioer på to forskjellige områder som befinner seg på Vestlandet i Norge. Denne bacheloroppgaven vil gå gjennom ulike overvannshåndteringstiltak og avsluttes med to saker som vil bevise beregningsbruken av tradisjonelle og naturbaserte løsninger i forbindelse med temaet overvann og overflateavrenning.

Climate change that has been going on in Norway for considerable time has led to increased rainfall. Due to this, there will be a significant volume of water on the surface, which will lead to damage surrounding structures and roads. To mitigate the harmful effects, a number of different stormwater management measures are used. Precipitation in Norway will be more frequent and more intense as a result of global warming. A significant part of the increase has taken place in the Western side of Norway and the case of the thesis will address two scenarios in two different areas located in Western Norway. This bachelor thesis will go through various surface water management measures and end with two cases that will prove the calculation of the use of traditional and nature-based solutions in connection with the topic of stormwater management and surface water runoff.

Forord

Denne Bacheloroppgaven er skrevet ved Universitet i Stavanger, våren 2022. Oppgaven er skrevet i forbindelse med byggingeniørlinjen med retning teknisk planlegging. Temaet som det skal settes et dypere søkelys på er overvannshåndtering og forskjellige tiltak som må til for reduksjon av overflateavrenning. Bachelor temaets inspirasjon kommer fra de pågående klimaproblemene, håndtering av overvannsproblemer på en bærekraftig måte med minimalt vedlikehold vil komme godt i bruk i dagens samfunn og de pågående klima problemene. Oppgavens mål er å bevise at det vil lønne seg å ta for seg en naturbasert løsning når det skal installeres overvannssystemer på et område og dette bevises ved bruk av forskjellige permeable dekker.

Jeg vil utnevne min takknemlighet til min veileder og professor Ari Krisna Mawira Tarigan, som har vært der for meg gjennom hele prosjektet og har hjulpet meg når det er nødvendig i utfordrende situasjoner. Han er en stor grunn for valget av oppgaven, ettersom dette er en del av pensum i BYG125-Vann og avløp, som er emnet til Ari Krisna Mawira Tarigan på UIS. Av den grunn så er han en viktig faktor i beslutningen om å gå med på dette spesielle oppgaveemnet.

I tillegg vil jeg utnevne min takknemlighet til familie og venner som har motivert meg og sørget for at jeg kom meg til målstreken under dette semesteret.

Innholdsfortegnelse

Abstract	2
Forord	2
Innledning	6
1. Naturbasert og tradisjonell løsning	6
1.1. Naturbaserte løsninger	6
1.2 tradisjonelle løsninger	9
1.3 Sammenligning av naturbaserte og tradisjonelle løsninger	9
2 Teori	9
2.1 Treleddstrategi	9
2.2 LOD-tiltak	10
2.3 Permeable dekker	11
2.4 Permeable flater (Grus, singel og gressarmert dekke)	14
2.5 Grønne tak	16
2.6 Regnbed	19
2.7 Infiltrasjonsbasseng	21
2.8 Grønne vegger	22
2.9 Terrengforsenkning	24
2.10 Vadi	24
2.11 Fordrøyningsbasseng	26
2.12 Flomveier	27
3 Lover og regler	28
3.1 Vannressursloven	28
3.2 EU's vanndirektiv	29
3.3 Forurensningsloven	30
3.4 Generelt om Plan- og bygningsloven	31
4 Beregning av overvannsmengder	32
4.1 Generelt	32
4.2 Gjentakintervaller	33
4.3 Avrenningskoeffisient	34
4.4 IVF-kurve	36
4.5 Manuelle avrenningsberegninger	37
Klimafaktor	37
4.6 Konsetrasjonstid	38
5 Case- studie	39
case 1 – Hillevågsholmen (Paradis)	39

Paradis- Tradisjonell løsning.....	41
Paradis- Naturbasert løsning.....	43
Case 2	44
Lervig- Tradisjonell løsning.....	46
Paradis- Naturbasert løsning.....	48
Diskusjon	50
Begrensinger i Oppgaven	50
Konklusjon	51
Referanseliste.....	51

Innledning

Hva er overvann?

Overvann er vannet som renner av bakken når det regner eller smelter. Når det regner mye og befolkningen vokser, kan det være vanskelig fordi mye vann kan renne av raskt og skade bygninger, veier, folks helse og miljø. (Miljødirektoratet, 2017)

I løpet av de neste tiårene, må vi være forberedt på store endringer i klimaet i Norge. Disse endringene vil by på store utfordringer på landet vårt, det vil si at vi må være forberedt på disse problemene. Endringer vi vil se er økt nedbør, overvann, flom, økning av havnivå, stormflo, temperaturstigning, skred og tørke. For at Norge skal komme seg gjennom disse utfordringene, så må de være forberedt. Klimatilpasning er en ting som vil fokuseres mye på de neste årene og en av mange måter vi kan ta imot disse klimaendringene er ved hjelp av naturbaserte løsninger. Norge har mye i vente og den eneste måten landet kan komme seg gjennom denne mulig skadelige perioden er å være forberedt på alle mulige situasjoner som kan oppstå ved den kommende globale oppvarmingen. (*Vurdere naturbaserte løsninger - Miljødirektoratet, 2017*)

I fremtiden så vil den Norske befolkningen trekke seg unna de landlige områdene og trekke seg innover mot tettsteder og byer, dette vil ikke direkte ha en påvirkning på de fremtidige overvannsproblemene, men dette vil forårsake en mindre miljøvennlig og mest sannsynlig en mer forurenset by. Av den grunn så vil dette være ekstremt skadelig for byene våre, med tanke på at en kombinasjon av forurensning og overvann vil resultere i forurenset overvann som vil være ekstremt skadelig for miljøet den norske befolkning skal leve i.

1. Naturbasert og tradisjonell løsning

1.1. Naturbaserte løsninger

Hva er en naturbasert løsning?

En naturbasert løsning er en løsning som i hovedsak tar bruk av områdets naturlige utforming og bruker eller restaurerer eksisterende naturtyper og økosystemer eller etterligner disse. (Vurdere naturbaserte løsninger - Miljødirektoratet, 2017) Dersom vi bygger en løsning som innebærer naturlige midler, så vil vi også kalle dette en naturbasert løsning, eksempler på dette er grønne tak og vegger.

Naturbaserte løsninger vil gi oss flere gode løsninger, ettersom det vil tilføye oss med mange ekstra fordeler, som b.la. rekreasjon og bevaring av naturen rundt oss, det vil være med på å utvikle det sosiale, med tanke på at det vil gjøre byen grønnere og skape flere grønne fellesområder, åpning av bekker og naturlige strømminger vil være en fordel for priser av eiendom i området de bygges ut. De fleste naturbaserte løsninger vil løse forskjellige klimautfordringer på samme tid.

Alt tatt i betraktning så vil vi se på naturbaserte løsninger som en positiv og effektiv løsning, men det er noen ulemper ved bruk av naturbaserte løsninger. Ulempene vil være at det vil ta kreve stor arealbruk, det vil være usikkerheter om kostnader, det tar ofte lengre tid å etablere de fullt ut og en naturbasert løsning krever som oftest mye mer vedlikehold enn de tradisjonelle løsningene. (*Vurdere naturbaserte løsninger - Miljødirektoratet, 2017*)

1.2 tradisjonelle løsninger

Tradisjonelle løsninger kan også bli kalt tekniske løsninger, disse løsningene løser for det meste kun et problem og har ingen tilleggseffekter og hjelper ikke til med løsninger av de mulige klimautfordringene. Ettersom det er sagt så er de ganske effektive for å svekke problemet løsningen er installert for. En fordel ved bruk av tradisjonelle løsninger er at de er svært kostnadseffektive, ettersom de ikke krever like mye vedlikehold. Grunnen til dette er på grunn av løsningens investeringskostnader er svært høye. (Magnussen, 2017)

1.3 Sammenligning av naturbaserte og tradisjonelle løsninger

Når det kommer til sammenligning av naturbaserte og tradisjonelle løsninger fokuseres det i hovedsak på det mest kostnadseffektive og de ekstra godene ved bruk av en av løsningene. Altså hvilke av løsningene som vil være billige, kreve minst vedlikehold og hvem av løsningene som vil tilføye ekstra goder på for eksempel miljøet vi lever i. Dette er viktige ting vi må se på når vi tar valget om bruken av en av disse løsningene. Dersom det skal installeres noe, så må vi ta område i betraktning, i et urbant miljø med mindre naturlige ressurser vil det være svært vanskelig å ta i bruk naturbaserte løsninger, i dette tilfellet vil en tradisjonell løsning være enklere å ta i bruk. Men hvis området er preget av natur og på samme tid har urbane trekk så vil vi kunne bruke naturbaserte løsninger, noe som er ganske mye mer attraktivt med tanke på det estetiske bruken av overvannsløsningen. Det vi ser ved sammenligningen av disse er at vi må bruke begge løsningene og vi må vurdere hvilken som skal brukes etter situasjonen. En løsning som er brukt i flere situasjoner er en kombinert løsning av tradisjonell og naturbasert løsning, noe vi kaller for en hybrid løsning. Denne løsningen ligger på høye kostnader, men den tilføyer som oftest med tilleggseffekter. (Magnussen, 2017)

2 Teori

2.1 Treleddsstrategi

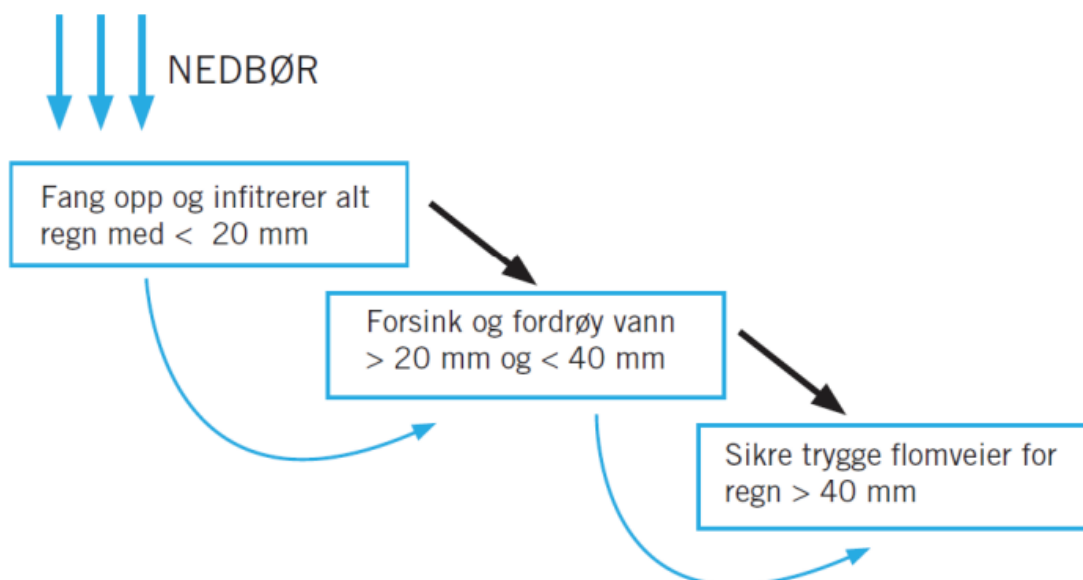
Treleddsstrategien til norsk vann går ut på en strategi som håndterer overvann på en bærekraftig og effektiv måte, ved å separere dem i tre ledd ut ifra mengden nedbør i situasjonen. I figur () under har vi en forklaring på hvordan treleddsstrategien virker.

Det første leddet går ut på at nedbørsmengder på 20mm skal fanges opp og infiltreres på det lokale område, som for eksempel boliger, parkeringsplasser, torg eller lignende. Disse

nedbørsmengdene vil hjelpe med å vedlikeholde vann balansen og garantere at strømming av bekker og vassdrag vil fortsette.

Gitt at nedbøren er større enn 20mm og mindre enn 40mm, så må andre tiltak til i situasjonen, det som vil skje da er at vannet vil fordrøyes og forsinkes på overflatene, dette er da prosessen som vil gjennomføres i andre ledd av treleddsstrategien.

Det tredje og siste leddet i treleddsstrategien går ut på at vi skal sikre trygge flomveier for nedbørsmengder på over 40mm. Overskuddet fra de to første leddene skal videre føres til bekk, innsjø eller havner på en trygg måte. Dette leddet forsikrer oss om at flommene gjør minst mulig skade på bygninger, veier eller offentlige områder. (Knutsen & Egeland, 2020)



Figur (2) (Paus, 2020), Treleddstrategi

2.2 LOD-tiltak

LOD- tiltak er en forkortelse for lokal overvannsdiskonserings tiltak, på grunn av klimaendringer. Klimaendringene fører til at vi får et villere og våtere vær, det betyr at vi må tenke nytt og spennende for å finne løsninger på overvannsproblemene. Vi tar derfor i bruk planter, vekstmedier og materialer som vi er kjente med og som vi jobber med til daglig, med en annerledes tankegang lærer vi oss mer og mer å ta i bruk disse på en ny og effektiv måte. LOD-tiltak faller innenfor første og andre ledd i tredelstrategien. Vi bruker disse plantene,

vekstmediene og materialene til nye spennende tiltak som; («Grøntanleggslære med LOD», 2019)

- Grønne tak
- Regnbed
- Permeable dekker
- fordrøyningsbasseng
- Infiltrasjonsbasseng
- Grønne vegger
- flomveier
- vadi
- terrengforsenkning
- grønne vegger

(«Grøntanleggslære med LOD», 2019)

2.3 Permeable dekker

Permeable dekker er en enkel og langvarig løsning som er laget av betongstein, denne type dekkeoverflate tåler både trafikk og brukes som et dreneringssystem. Det kan bli brukt i offentlige områder, åpne plasser, fortau og gangstier. Tradisjonelle dreneringssystemer er nå ikke like effektive som infiltrasjon av overvann, det sist nevnte er en løsning som vil spare oss plass, tid og hjelper oss med å rette søkelyset mot det bærekraftige. Dette er en løsning som er egnet for urbane og tette områder. Permeable dekker er en god løsning ettersom den vil dekke to viktige krav for tettbygde områder, den vil kunne skape et område hvor man vil kunne kombinere parkeringsområder og håndtere overvann på det samme området.

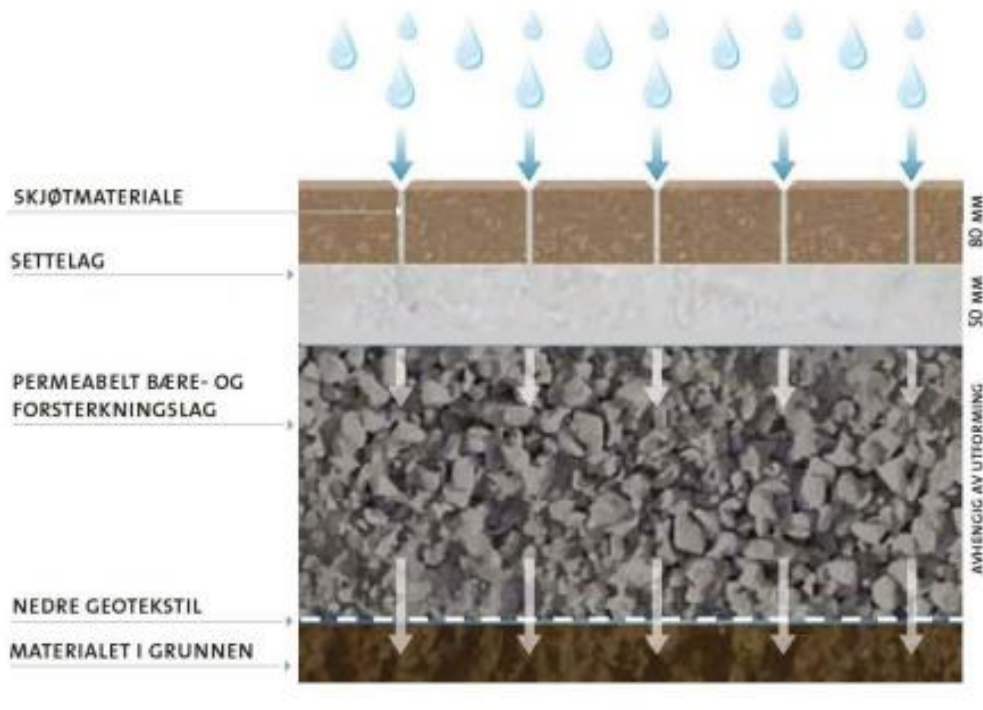
Permeable dekket tar for seg hele overvannshåndteringen, det består av en overflate som er laget for å ta til seg nedbør/vann, «*De lar vannet renne gjennom overflaten (mellom hver stein) og ned i det permeable underlaget som består av enten grove steinmaterialer og/eller hydraulisk bundet grove steinmaterialer, hvor det oppbevares og slippes sakte ut, ned i grunnen*» (1)

(Asak miljøstein, 2015)

Dersom det skal gjøres en overvannshåndtering med permeable dekker så må det skilles mellom tre ulike prinsipper;

System A- total infiltrasjon

Når grunnen under dekket har en god infiltrasjonskapasitet, så tar vi i bruk total infiltrasjon på grunn av at grunnen vil absorbere vannet som skal håndteres og som passerer gjennom det permeable dekket. Etersom jorda under steinen er så porøs og grunnvannet høyde er så lav, så har vi ingen grunn til å ta hensyn til magasinering av overvann i konstruksjonen. Som et resultat, faller denne metoden under det første trinnet i treleddsstrategien. (Edvard Sivertsen, 2018)

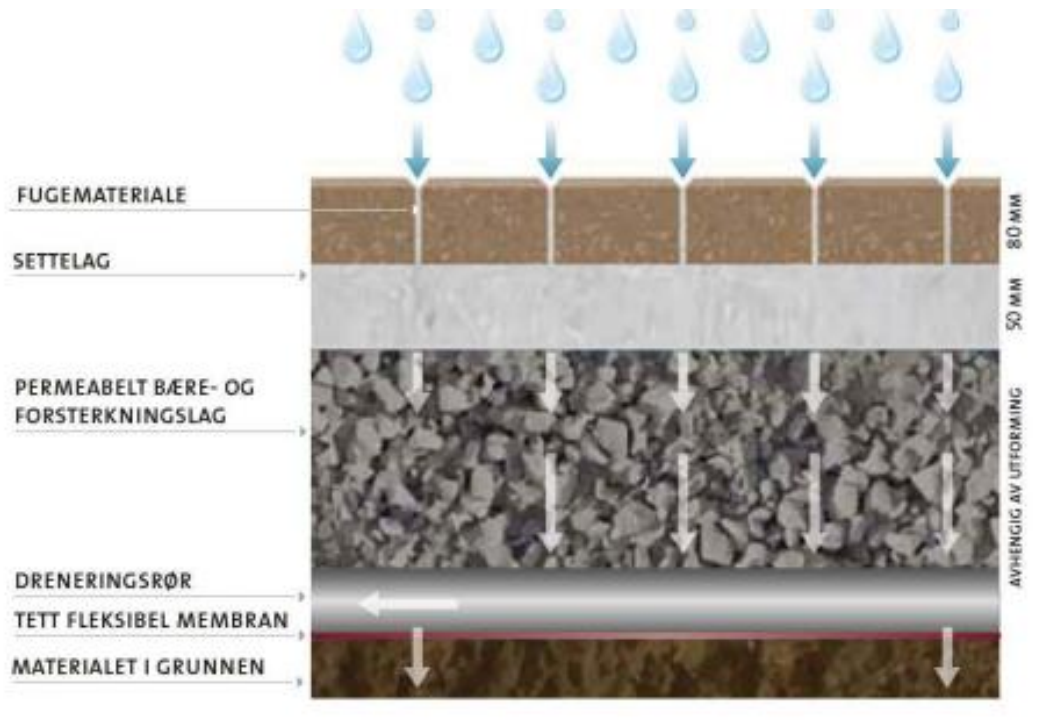


figur (3) (Kjell myhr & Aaltvedt Betong, 2013), Total infiltrasjon

System B- Delvis infiltrasjon

Når grunnen under dekket er for tett til å at unna alt vannet som går gjennom det permeable dekket eller hvor grunnvannet står for høyt og står i veien for at vannet ikke renner over tar vi i bruk delvis infiltrasjon. I denne type infiltrasjon tar vi bruk både naturlig infiltrasjon og en annen type dreneringsløsning som går ut på at vi «drenerer vannet som ikke infiltreres til

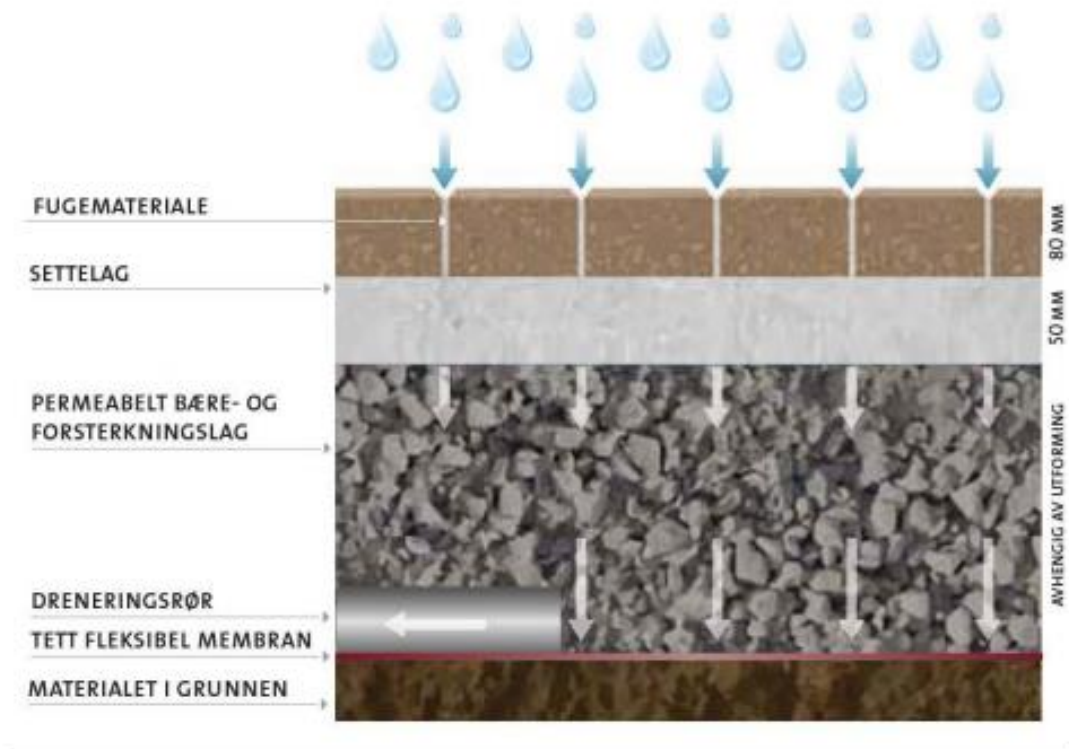
nærmeste ledningsnett, grøft eller annen resipient» . Dette utgjør at delvis infiltrasjon er en del av både første og andre trinn i treleddsstrategien. (Edvard Sivertsen, 2018)



Figur (4) (Kjell myhr & Aaltvedt Betong, 2013), Delvis infiltrasjon

System C- Ingen infiltrasjon

når grunnen består av tett leire, eller grunnvannet ikke tillater infiltrasjon på grunn av at det står så høyt eller når overvannet er så forurenset at infiltrering av vannet ned i grunnen er uønsket så bruker vi ingen infiltrasjon. For å separere overvannet fra grunnvannet, legges det en tett membran mellom grunnen og forsterkningslaget. En metode som drenerer overvannet til det nærmeste ledningsnett, må også bli brukt i denne metoden. (Edvard Sivertsen, 2018)



Figur(5) (Kjell myhr & Aaltvedt Betong, 2013), Ingen infiltrasjon

2.4 Permeable flater (Grus, singel og gressarmert dekke)

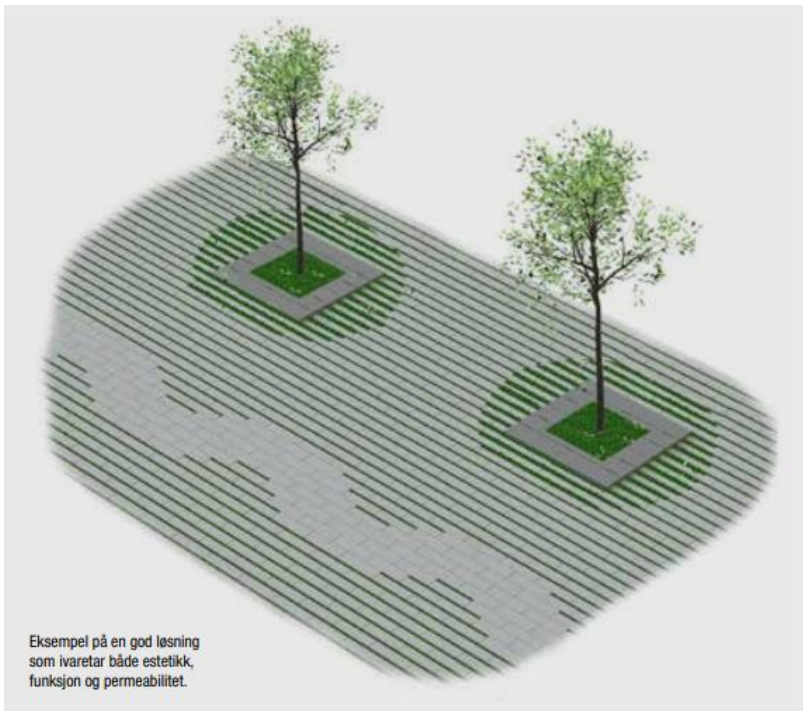
Permeable flater tillater noe grunnvannsinfiltrasjon. Det finnes en lang rekke materialer som kan brukes til denne typen overflate: grus, permeabel asfalt og belegningsstein som kan brukes til å håndtere overflatevann.

Disse overflatene egner seg for utendørs oppholdsrom, de har visse infiltrasjonsevner og gir en dampende effekt, men de er først og fremst uegnet som plante- og insektshabitat.

(Blågrønn faktor- Oslo kommune, 2020)



figur (6) (Asak miljøstein offentlig uterom, 2013), Permeable dekker



figur (7) (Asak miljøstein, 2015), permeable dekker

2.5 Grønne tak

Byers fortetting og byvekst øker prosentandelen av tette flater i nedbørsfelt. Tette overflater fremmer avrenning ved å redusere jords og planters evne til å holde på vann. Vegetasjon på tak vil kunne hindre avrenning fra tak ved tyngre regnskyll. Grønne tak vil også sørge for en mer appellerende syn på bygningen « Grønne tak er en eldgammel teknologi i Norge.

Taktekking med torv og gress går hundrevis av år tilbake i norsk byggeskikk. I moderne tid er det imidlertid utviklet nye taktyper, og vi deler i dag grønne vegetasjons dekkende tak i tre hoved grupper»; (B. C. Braskerud, 2016)

Ekstensiv tak

Ekstensiv tak er et tynt lag med jord eller vekstmediumsmatter som er plantet på et tak, denne typen tak er det mest brukte grønt tak i Norge. Grunnen til at det er den mest brukte er på grunn av at den er billig og krever lite arbeid som vi ser i figuren under. Planteartene som tas i bruk på ekstensive tak er sedum, moser og andre lignende urter og gress typer.

Ekstensiv tak har en byggehøyde på 30-90mm og veier alt fra 35-90kg/m², den veier 35-50kg/m² under tørr tilstand og 50-90kg/m² under vannmettet tilstand.

Semi- intensiv tak

Mellom intensive og ekstensive tak finner vi semi- intensive tak. De brukes i områder hvor det er synlig, ettersom de er brukt til å øke den estetiske følelsen til et område. De tar i bruk planter som busker, gress, forbs og lignende. Vedlikeholds nivået til semi- intensive er høyt og trenger regelmessig vedlikehold. Denne type tak veier 120-250kg/m² og har en byggehøyde på 120-250mm.

intensive tak

Intensive tak har en vegetasjon som består av gress, busker, trær, ikke innfødt vegetasjon og kan være en takhage. Ordet «intensive tak» er en fin måte å forstå bruken og vedlikehold situasjonen til tak typen. Intensive tak trenger vedlikehold regelmessig, de veier 500-2000kg/m² og har en byggehøyde på 150-400mm

(B. C. Braskerud, 2016) (Vegetal I.D, 1999)

Grønne tak	Ekstensive grønne tak	Semi-intensive grønne tak	Intensive grønne tak/takhager
Byggehøyde (mm)	30-90mm	120-250mm	150-400mm
Vekt (tørr tilstand) Kg/m²	35-50kg/m ²		
Vannmettet tilstand	50-90kg/m ²	120-250kg/m ²	200-1000kg/m ²
kostnader	\$	\$\$	\$\$\$
Tilgjengelighet	ingen	begrenset	Full tilgjengelighet
Vedlikehold		høyt	Regelmessig

Figur (8) (Vegetal I.D, 1999) oversiktlig tabell over grønne tak



Figur (9)(Bent architecture, 2018), Extensive green roofs



Figur (10)(Urban green-blue grids, 2016), Intensive green roof

2.6 Regnbed

Et regnbed er et lavtliggende landområde med en mangfoldig og tett beplantet vegetasjon som er spesielt designet for å filtrere og avlede avrenning. Blågrønne trekk ved bedet bidrar til et mer miljøvennlig byliv. På grunn av deres høye arealeffektivitet og positive innvirkning på grunnvannsbalansen, er regnbed et utmerket valg for urbane områder med høy tetthet.

Overløpsdybde er vanligvis mellom 15 og 30cm.

Planter som er tolerante mot planter og trær kan settes i regnbedet. Dersom de skal brukes må det sørges for at jorda er godt drenert og at bedet får tørke helt ut mellom vanningsperiodene. Det biologiske mangfoldet forsterkes av tilstedeværelsen av planter, som gir habitat for insekter, som igjen tiltrekker seg fugler og andre skapninger. Ved hjelp av insekter og fugler kan andre økosystemer i nærområdet beskyttes og styrkes. Erosjonen reduserer og vann- og luftkvaliteten forbedres som følge av plantene.

Ved å samle seg i en forsenkning og deretter raskt trenge inn i filtermediet og til slutt nå bakken, tjener overflatevann en viktig hensikt. Som et resultat er det aldri noe vann i regnbedet. Naturlige prosesser i regnbedet bidrar til rensing av overvannsforurensninger i tillegg til å redusere belastningen på nedstrøms overvannsnett gjennom forsinkelse og drenering av overvann. (Blågrønn faktor- Oslo kommune, 2020)

Regnbed er en metode som brukes for å disponere overvann lokalt. Et regnbed er en forsenkning i terrenget, som består av vegetasjon. Den mottar overvann fra tette flater og infiltrerer det videre til grunnen eller overvannsnett (B. Braskerud, 2016)

Forsenkningen av regnbedet må være romslig ettersom den må ha plass til å infiltrere vannet til grunnflaten og ikke renne videre fra regnbedet. Arealet av regnbedet skal være 5-10% av arealet det skal lagres vann fra (Oddvar Lindholm, 2018). Denne type LOD-tiltak er veldig mye brukt i USA og ikke Norge, ettersom det estetisk tiltalende. Regnbed blir mer og mer brukt i Europa fremover og begynner å bli et populært LOD-tiltak.

Resultater som er tatt i Oslo og Melhus viser at regnbed kan dempe flomvannføringen med over 70%. God infiltrasjonsevne er avgjørende for god flomdemping, og vil også bidra til redusert tilfrysing av regnbedet om vinteren. Skulle en fullstendig tilfrysing av regnbedet oppstå, vil regnbedet ha en viss flomdempende virkning. Simulering av avrenningssituasjonen i et større nedbørsfelt før og etter installasjon av regnbed viste at det var mulig å unngå kjelleroversvømmelser. (B. Braskerud et al., 2012)



figur (11) (Merkesdal, 2020), Regnbed

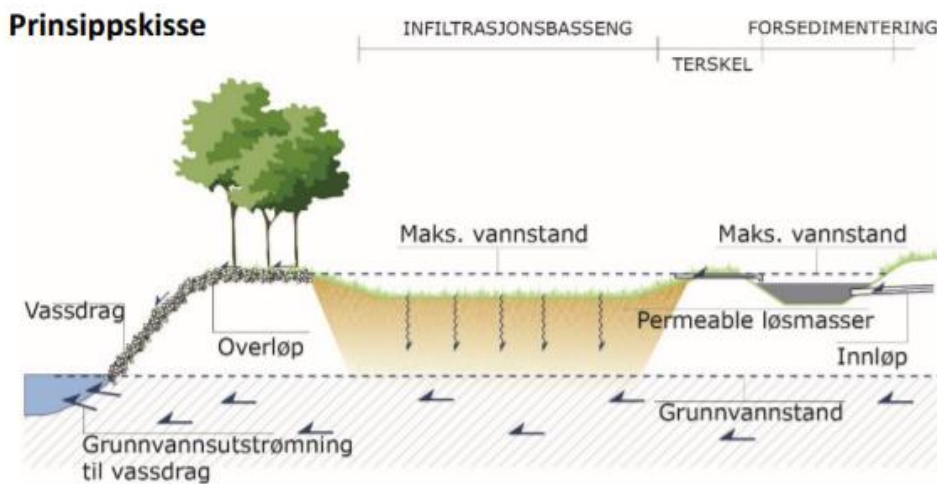


figur (12) (De beer, 2018), Regnbed

2.7 Infiltrasjonsbasseng

Et åpent basseng som kombinerer lagring av overvann og påfølgende infiltrasjon i jorden er det vi kaller et infiltrasjonsbasseng. Under infiltrasjonsprosessen blir oppløste og partikulære stoffer fjernet. Ned i jorda brytes organiske stoffer. Filtrering, sorpsjon til jordpartikler og mikrobiell nedbrytning er de tre hoved rensesprosessene som tas i bruk. (Magnussen et al., 2015)

Anlegget graver seg ned i naturlige masser som har god infiltrasjon. Grunnvann bør helst nå en dybde på 1-4 meter. De oppgravde massenes gjørmes blandes inn med bassengets overflate. Denne type masse har en høy forurensningsbindende evne og bidrar til etablering av gressplanter. Gresset bidrar til å hindre at bassengets overflate blir tilstoppet. Ved flom skal bassenget ha kontrollert overløp. Bassengets design er skreddersydd til det omkringliggende miljøet, og gir det et utseende som et naturlig landskapselement. Infiltrasjonskapasiteten bør være mellom 0,5 og 2,0m/døgn for å passe etterspørselen etter overvannsbehandling. (Tønsberg kommune, 2022) Infiltrasjonsbassengets kostnader er lave, det er ganske så likt som regnbed, men med lavere kostnader. (Magnussen, 2017)



Figur (13) (Tønsberg kommune, 2022), infiltrasjonsbasseng



Figur(14) (Tønsberg kommune, 2022), infiltrasjonsbasseng

2.8 Grønne vegger

Grønne vegger er også et tiltak som brukes, dette tiltaket er mindre brukt. Grunnen til dette er høye kostnader, grønne vegger er planter som er festet til vegger for å trekke til seg overvann og håndtere det lokalt (*Grønne vegger med wire*, 2008). Disse veggene er med vegetasjon av flere forskjellige urter som; (sedum-arter og stauder), mose og lignende. (Magnussen, 2017)

Grønne vegger er en fornuftig, plassbesparende funksjon som fungerer godt i trafikkerte byområder. Høye grønne vegger er synlige på avstand og bidrar til et byroms grønne aspekt. Grønne fasader gir oss fordeler ved bruk av grønne planter på steder hvor det ikke er mye grønt på bakken. Klatreplanters jordvolum i grunn eller på veggkonstruksjoner vil begrenses, og tiltakets potensiale for å bidra til overvannshåndtering vil være begrenset sammenlignet med andre terreng- og overflatetiltak. Når det gjelder menneskelig bruk, er tiltaket heller ikke multifunksjonelt, selv om det har noen positive egenskaper, som økt biologisk mangfold og forbedre ute- og byroms estetikk. Måleverdien blir satt på et svært lavt nivå.

Grønne vegger kan hjelpe til med de samme formålene som trær og busker, for eksempel vannlagring, fordampning, habitat for insekter, fugler og dyr, forurensningsbinding og lydreduksjon. Klatreplanter trenger gunstige vekstforhold, som jorddybder på minst 30 cm og tilstrekkelig volum. Vekstmediet for veggmonterte installasjoner er typisk 5-15cm tykt. Plantevalg og veggarealtildeling henger sammen. Automatisk vanning ved bruk av takvann fra tanken kan anbefales under tette forhold for å gi nok og jevn vanning. Når du planter i tykke kasser, er dette veldig viktig. (Blågrønn faktor- Oslo kommune, 2020)



Figur (15) (Rebecka, 2018), grønn vegg



Figur (16) (Dæhlen, 2021)

2.9 Terrengforsenkning

Dette tiltaket foretar seg en forsenkning i bakken. Forsenkningen er utmerket for innbyggere å bruke som et utendørs oppholdsrom, men det hjelper også i håndteringen av mye regn og flom. Forsenkningen funksjon er å forsinke vann på grunn av kraftig regn, ideelt sett gjennom infiltrasjon i jorden.

Kun områder av det forsenkede området som er minst under 20 cm under overløpet kan inkluderes i regnearket, som vanligvis opprettes på grønt terreng og hustak. Det vil si at forsenkninger dypere enn 20 cm ikke anses å ha særlig påvirkning, uavhengig av utbredelse.

En terrengforsenkning kan være konstruert på forskjellige måter som bl.a ved å gresskle den, eller konstruere et permeabelt tak, ideelt sett med jord under for lagringen av vann.

Forsenkningen kan også gjøres med permanent dekke dersom dekkets sluk eller dren ledes til ytterligere blågrønne tiltak på egen grunn eller til byens sammenfiltrede ledningsnett.

(Blågrønn faktor- Oslo kommune, 2020)

2.10 Vadi

En såkalt grønn flomvei er også kjent som en vadi, er en grønn terrengforsenkning, vanligvis i form av en grønn grøft. Den regionale fordelingen av vadiens er tatt i betraktning. Når det gjelder biologisk mangfold, opplevelse og vannrensing, mangler en vadi egenskapene til et regnbed. Dette er de viktigste årsakene bak tiltakets lavere verdi. Vadi og regnbed er et kombinasjonsalternativ, med vadi som leder vann til og fra regnbed. I en vadi kan du også ha et litt mer diversifisert vekstalternativ.

Vadi kan bygges og tilrettelegges som et attraktivt og biologisk verdifullt byromselement i både grøntområder og langs gater og veier. Den har gode vannhåndterings- og rengjøringsevner, og den kan brukes som en del av en flomvei hvis den bygges i en skråning. Vadiens kvaliteter for infiltrasjon er for eksempel avhengig av grunnforholdene. Trangt terreng nødvendigvis gjør utskrifting av masser samt mulig drenering. Gress klippes sjelden, og gress har en forventet levetid på minst 50 år. (Blågrønn faktor- Oslo kommune, 2020)



Figur (17) (Andrew A, 2018), Vadi

2.11 Fordrøyningsbasseng

Fodrøyningsbassenger er en stor dam som vanligvis er tomme, men dersom de er fylt med vann skyldes det en flomsituasjon. Vi har muligheter til å lage mindre fordrøyningsbassenger i små forsenkninger i terrenget. Denne type løsning er en naturlig og vil holde ut i flere år. Løsningen krever mye vedlikehold, med tanke på fjerning av søppel og sedimenter. Åpne bassenger og dammer kan også brukes som fordrøyningsmagasiner (SINTEF, 2012) . Fordrøyningsmagasiner har tradisjonelt vært benyttet for å gi ekstra kapasitet til overvannsnettet. Nedbør i store rørledninger under jorden eller bassenger forsinkes i tid i disse reservoarene før den styres videre inn i overvannsnettet. Overvannsforsyningen til det offentlige avløpssystemet bør derimot reduseres, og vannet bør trekkes minst mulig ut av sitt naturlige kretsløp.

Et eksempel på en type anlegg som kan fordrøye og infiltrere regnvann er swales. Vannet blir håndtert synlig på overflaten, i motsetning til nedgravde fordrøyningsmagasin. Swales er vannoppsamlende grønne grøfter eller forsenkninger. Swales er ment til å oppmuntre til vanninfiltrasjon i jorden, mens de fleste grøfter er bygget for å avlede vann. Swales blir ofte plassert i skånende terreng, og det er avgjørende at de graves ut i en jevn høydelinje, dvs. altså et terreng uten helning. Vannet i grøfta går ikke bort, men fyller det heller opp slik et badekar gjør. Vannstrømmen stopper helt opp og infiltrerer den bløte jorda rundt den.

(Venvik, 2018)



Figur (18) (Venvik, 2018), Fordrøyningsbasseng

2.12 Flomveier

Flomvei er en overflatevei eller en kanal for flomvann. Når avrenningen overstiger avløpsnettets og LOD-anleggenes kapasitet så aktiveres flomveien, dette vil også skje dersom det er noe som stopper det ordinære systemet. De siste årene har behovet for åpne og trygge flomveier vokst i storbyer. Dette er konsekvensene av klimaendringer, en betydelig økning i tette overflater, begrenset kapasitet i avløpsledningsnett og det faktum at det er ganske kostbart å utvide kapasiteten til dagens avløpssystem. Rekreasjon, økologisk variasjon og mulig gjenåpning av tidligere blokkerte bekker er blant fordelene med åpne veier. Flomveier kan føre til unike byveier, men disse må kunne akseptere et visst volum vann som er estimert på forhånd. På kortere strekninger kan det hende du må redusere gatenivået, heve kantsteinene og lage ledkanter for å hindre at vann renner ned iblant underjordiske garasjer. Det må også installeres kantføringer som leder vannet i riktig retning. Det kan være mulig å flytte flomvannet til offentlige friområder som parker, turveier, kirkegårder, rekreasjons- og idrettsområder og så videre, hvor vannet kan renne eller stå uten å forårsake for store forstyrrelser. Områder som er utsatt skal gjøres erosjonssikre, sette på tilbakeslagsventiler på ledninger til utsatte bygninger, gjøre utsatte bygninger flomsikre til f.eks. 1 meter over gatenivå og lignende. Det er alltid viktig å holde berørte naboer informert om situasjonen og hvordan de skal reagere i en flom.

Flomveier blir bestemt ved bruk av datastyrt terrengmodeller. Programvaren i modellen brukes så til å vurdere dreneringslinjer i landskapet. Dreneringslinjene viser stiene som overflatevannet tar når det kommer inn i land. GIS- programvaren er nyttig for å vurdere flomveier. Flomveien skal utredes helt frem til en sikker mottaker, og beregningen må gjelde hele nedbørsfeltet. Det har vært tilfeller der flomkontrollteknikker i de øvre delene av en flomvei har resultert i utilsiktede flomskader lenger ned i avrenningsfeltet. Flomveier bør undersøkes og eventuelt dimensjoneres for nedbør med minst 100års gjentakintervall. (Tønsberg kommune, 2022)

3 Lover og regler

3.1 Vannressursloven

Koblingen mellom vannressursloven og plan- og bygningsloven (pbl) må fastsettes i hver situasjon, etter de satte reglene, skal saken ha tillatelse etter minst en av lovene og at man har til hensikt å hindre dobbeltbehandling. Hovedformålet bak denne loven er «å sikre en samfunnsmessig forsvarlig bruk og forvaltning av vassdrag og grunnvann». I vannressursloven er det flere administrerende bak vassdraget og dette er både de offentlige myndighetene og brukere/eier av vassdraget. For det meste av vannressursforvaltningen er det Norges vassdrag og elektrisitetsvesen (NVE-link) som er myndighet og/ eller saksbehandler (*Vannressursloven*, 2012). Vassdragstiltak skal utformes og utføres på en slik måte at de medfører minst mulig skade og vanskeligheter for de involverte parter og deres interesser. Dette kravet gjelder bare hvis den kan oppfylles uten å pådra seg unødige utgifter eller problemer. Vassdragsmyndigheten kan ved forskrift fastsette nærmere retningslinjer for utbygging, utførelse og drift av konkrete vassdragstiltak. Vassdragstiltak må oppfylle alle rimelige standarder for beskyttelse mot skade på personer, miljø eller eiendom (*Lov om vassdrag og grunnvann (vannressursloven)*, 2022).

I vannressurslov (§7) sies det at ingen må hindre vannets løp i vassdrag uten hjemmel. I paragrafen står det forklart at utbygging og annen arealbruk bør gjøres på en slik måte at nedbør fortsatt kan tas opp i jorden via infiltrasjon. Dersom det kan gjøres uten at det påføres uforsvarlige utgifter, kan vassdragsmyndigheten gi pålegg om tiltak for å bedre infiltrasjonen i jorda. (*Lov om vassdrag og grunnvann (vannressursloven)*, 2022)

I forhold til tidligere vassdragslov er vannressurslovens virkeområde utvidet. Det som er annerledes er det nå inneholder grunnvannsregler. Det åpner også for konsesjon av tiltak som har innvirkning på vassdraget, men som ikke er en del av vassdraget. En lisens er en tidsbegrenset tillatelse til å utnytte vannressurser, for eksempel et vannkraftverk i en elv, på bestemte vilkår. Andre tillegg til tidligere lovverk inkluderer muligheten til å innkalle til konsesjonsbehandling av tidligere konsesjonsfrie tiltak (§66), samt muligheter til å endre

vilkårene for tidligere utstedte konsesjoner (§28). Lovforslaget inneholder også strengere straffer og mulighet til å ilegge tvangsmulkt (*Vannressursloven*, 2012).

3.2 EU's vanndirektiv

I Norge har vi tilstrekkelig med tilgang til vann, i motsetning til mange andre europeiske nasjoner. Det er avgjørende at vi forvalter vår felles naturarv godt for at dette skal fortsette å være tilfelle i overskuelig fremtid. Dette er også hjertet i EUs vannrammedirektiv, og Norge har forpliktet seg til å iverksette vanndirektivet under EØS- avtalen. Vannforskriften er vedtatt i norsk lovverk, hvor klima- og miljødepartementet har nasjonal koordineringsmyndighet for å innlemme andre departementer med underliggende etater med formelt ansvar og faglig ansvar knyttet til forskriften (Dagestad & Jæger, 2015).

Vanndirektivets hovedmål er å garantere bevaring og bærekraftig bruk av vannmiljøet, samt å iverksette forebyggende og forbedrende miljøtiltak etter behov for å sikre miljøets status i ferskvann, grunnvann og kystvann (Veileder for lokal overvannshåndtering, 2014). Hensikten med vannforskriften er å garantere at våre vannressurser er tilstrekkelig beskyttet og brukt på en bærekraftig måte. Alt overflatevann, inkludert elver, bekker, innsjøer, kystvannveier og grunnvann er underlagt vannreglene (*Vanndirektivet*, 2012).

Miljømålet bak dette er at alle vannforekomster som elver, bekker, innsjøer, kystvassdrag og grunnvann skal være i utmerket eller meget god kjemisk og økologisk tilstand. Tilstanden til alt vann i Norge skal kartlegges via grundig informasjon samling, deretter vil dette vurderes som grunnlag for å avgjøre hva som skal til for å ivareta og/eller forbedre den økologiske situasjonen.

Vannforskriften åpner også for at måloppnåelsesdatoer kan utsettes eller settes mindre strenge miljømål. Unntaks kriterier gjelder elver, innsjøer eller strender dersom den samfunnsøkonomiske nytten av negativ miljøpåvirkning er så stor at kostnadene ved å iverksette miljøforbedrende tiltak er uforlignelige. Dette kan f.eks. brukes til vannkraftbegrensninger i elven. Under disse omstendigheter er målet som regel å oppnå «utmerket økologisk potensial» (*Vanndirektivet*, 2012).

Grunnlovens §22 sier i forurensningsloven at: «Forurensningsmyndigheten kan pålegge eier av tilhørende stikkledning å foreta en sammenlignbar omlegging eller utbedring ved omlegging eller utbedring av avløp. Når uvanlige forhold tilsier det, kan forurensningsmyndigheten også gi pålegg om omlegging eller utbedring av stikkledninger». (Riise, 2015)

Søker må gjennomføre og bekoste konsekvensanalyser ved søknader om større nye forurenser på et nytt sted eller ved større utvidelser av dagens virksomhet. Både lokalmiljøet og forventede virkninger av det tiltenkte utslippet må vurderes. Forurensningsmyndighetene har satt konkrete kriterier for som skal inngå i rapporten. Det er også verdt å huske at ikke all forurensning er skadelig. (*Forurensningsloven*, 2012)

3.4 Generelt om Plan- og bygningsloven

Plan- og bygningsloven legger føringer for hvordan landets grunn skal utnyttes og forvaltes. For at regioner skal utnyttes effektivt og rasjonelt, arealplanlegging avgjørende. Prosedyrene for håndtering av byggesaker skal sikre at byggearbeid er gjennomført og overvåket forsvarlig. Loven fastsetter spesifikke byggematerialekriterier og gir makt til bygningstekniske forskrifter, som inkluderer ytterligere restriksjoner.

En plandel og byggesaksdel inngår i vedtekten. Plandelen inneholder retningslinjer for blant annet statlige arealplaner, regionale planer, kommuneplaner og reguleringsplaner. Lovverket fastsetter retningslinjer for hvordan de håndteres og hvilken innvirkning de ha på nåværende og fremtidig bruk. Byggesaksdelen inneholder regler om hvordan byggesaker skal behandles, når det er søknadsplikt, hvilke tiltak som skal iverksettes av et foretak med ansvarsrett, hvilke søknadskrav som skal oppfylles, og kommunens ansvar for å føre tilsyn med byggearbeider.

Lovverket presiserer også utbyggernes og tiltakshaverens ansvar, samt offentlig plikt, herunder erstatningsansvar, og offentlige myndigheters regulering av tiltak og byggevirksomhet. Lovens bestemmelser er sammensatte, og den pålegger en lang rekke plikter og ansvar for den som søker å sette lovens bestemmelser ut i livet, samt de som på vegne av det offentlige regulerer og overvåker at lov og forskrifter følges og planene følges. (*Lov om planlegging og byggesaksbehandling §1-1*, 2009)

4 Beregning av overvannsmengder

4.1 Generelt

Ved dimensjonering av overvann og fellesbruk skal alle mulige situasjoner skaper endringer i fremtiden vurderes:

- Tilknyttede arealer (utvidet nedbørsfelt)
- Andel tette flater (økt urbanisering)
- Klima (forventet større nedbørsmengder)

Ved planlegging og utbygging av anlegg skal hendelser som overstiger dimensjonerende avrenning alltid ivaretas med på risiko og konsekvenser. Overvannsmengden kan bestemmes ved hjelp av rasjonell teknikk for relativt beskjedne og enkle nedbørsfelt. Bruken av den rasjonelle teknikken er satt til maksimalt 50 ha i denne standarden. Alternative strategier må utforskes dersom feltet/feltene har uregelmessig utforming og- eller betydelig varierende konsentrasjonstider eller avrenningskoeffisienter (tid-areal metoden, summasjonskurvemethoden). Hydrauliske EDB-modeller må benyttes for større nedbørsfelt ($A > 50$ ha). Slike modeller må også benyttes for områder mindre enn 50 ha når det foreligger vanskelige forhold, som for eksempel et komplekst nedbørsfelt eller hvis konsekvensene av feil dimensjonering er alvorlige. Dette må bekreftes tidlig i planprosessen ved å kontakte VA-etaten i forbindelse med planbehandling/ forhåndskonferanse.

Alle beregninger skal gjennomføres av ansatte som har vist sin kompetanse i faget.

Vannmengdeberegninger, magasinvolumberegninger, infiltrasjonskapasitetsberegninger og lignende, vedlegg om forhåndstillatelse av disse beregninger skal søkes om. (Bergen kommune, 2005)

4.2 Gjentakintervaller

Faren og konsekvensene av hendelser som overskrider dimensjonerende grenser må hele tiden ivaretas ved planlegging og utbygging av anlegg.

En flomvei vil bli bygget for å håndtere vannmengder som overstiger kapasiteten til ledningssystemet, samt overbelastning, blokkering eller skade på ledningssystemet. Flomveger skal ha en kapasitet på minst 100 års flom med klimafaktor, med større kapasitetskrav dersom regionen har betydelig skaderisiko. Flomveien er et overflatedreneringssystem som lar overvann renne bort uten å forårsake betydelig skade; flomveien må avklares helt til større vassdrag eller sjø.

Veiene kan være nyttige som flomvei/del av flomvei dersom vannet blir liggende på veien og ikke forårsaker skader på vei eller nabokonstruksjoner eller private tomter. Dersom faren ligger der, må dette registreres. (dimensjonering av overvannsmengder, 2016)

Gruppe	Plassering	Frekvens
1	Landbruksområder og utmark med svært liten fare for skader ved eventuelle oversvømmelser	10 år
2	Alle områder som ikke omfattes av gruppe 1 eller 3	20 år
3	Områder der oversvømmelse gir spesielt store økonomiske og/eller samfunnsmessige ulemper	50 år

figur(20) (Karmøy Kommune, 2017)

Tallene vist ovenfor er det absolutte minimum. Når risikoen for skade er høy, kreves det lengre gjentakelsesintervaller. Dersom flom forventes å forårsake betydelige utgifter eller skader, bør et lengre gjentakintervall enn det som er angitt i tabellen ovenfor vurderes. Hvis kostnadene ved å ta i bruk lengre gjentakintervaller er ubetydelige, kan det samme argumenteres.

Eksempler på konstruksjoner som trenger et høyere gjentaksintervall er spesielle konstruksjoner som flomforebygging, elvekulverter, kritiske underganger og lignende. Ved dimensjonering av slike anlegg benyttes ofte 100-års repetisjonsperioden. Det må tas egne hensyn til gjentaksintervall og dimensjonerende fundament. (Bergen kommune, 2005)

4.3 Avrenningskoeffisient

Sammenhengen mellom avrenning fra et nedbørsfelt og nedbør over samme område er vist ved hjelp av avrenningskoeffisienten.

Avrenningskoeffisienter kan brukes som vist i tabellen, men de må vurderes basert på lokale forhold (Bergen kommune, 2005). Det må tas i betraktning at størrelse, helning, mark type, grunnvannsnivå osv., vil spille en rolle i bruken av avrenningskoeffisient. Om vinteren kan en frossen eller isdekket overflate gi avrenning tilsvarende tette flater. (dimensjonering av overvannsmengder, 2016)

Flatetype	Avrenningskoeffisient
Tette flater	0,85-0,95
Bykjerne	0,70-0,90
Rekkehus-/leilighetsområde	0,60-0,80
Eneboligområde	0,50-0,70
Grusvei/-plasser	0,70-0,80
Industriområde	0,70-0,90
Plen, park, eng, skog, dyrket mark osv.	0,30-0,50

Figur (21) (dimensjonering av overvannsmengder, 2016), avrenningskoeffisienter

Avrenningskoeffisienten varierer fra 0 for steder med utmerket infiltrasjon til 1 for overflater som er helt tette. I visse tilfeller kan en overflate som i det vesentlige er permeabel, for eksempel

en vannmettet gressplen eller is, være helt tykk. Selv om avrenningstilstanden er over 1, er avrenningen mer enn nedbøren i en region i visse tilfeller. Dette kan skje om vinteren, når vann holdes på bakken som snø med et islag bak, og snøen smeltes av varmt vær og regn. Som et resultat kan avrenningskoeffisienten for et gitt område endres avhengig av driftsholdere. (311.015 Vann i by - håndtering av overvann i bebygde områder - Byggforskserien, 2012)

Avrenningskoeffisienten som velges må ta hensyn til mulighetene for fremtidige endringer i arealets overflatetype. Som et resultat av utbygging kan andelen av tette overflater vokse, noe som resulterer i en større avrenningskoeffisient. Dersom det ikke foreligger bevis eller andre meget sterke grunner for å velge lavere verdier for avrenningskoeffisient, antas det at verdier i øvre del av det som er angitt verdipennen brukes i beregninger av predikerte avrenningsmengder på grunn av urbanisering av overflaten. (dimensjonering av overvannsmengder, 2016)

-Spiss og volumavrenning

Med økt nedbørsvarehet øker avrenningskoeffisienten. Det er avgjørende å skille mellom avrenningskoeffisienter for kortsiktige nedbørshendelser ved beregning av dreneringssystemets transportkapasitet og avrenningskoeffisienter for langsiktige nedbørshendelser ved beregning av avledningsbassenger og dammer.

- mildere avrenning

Den gjennomsnittlige avrenningskoeffisienten for store nedbørsfelt med mindre delfelt med forskjellige avrenningskoeffisienter beregnes ved å bruke denne formelen:

$$\varphi_{midl} = \frac{\varphi_1 A_1 + \varphi_2 A_2 + \varphi_3 A_3 + \dots \dots \dots \varphi_n + A_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots \dots \dots A_n}$$

$A = \text{areal overflate}$

$\varphi = \text{avrenningskoeffisient for arealet}$

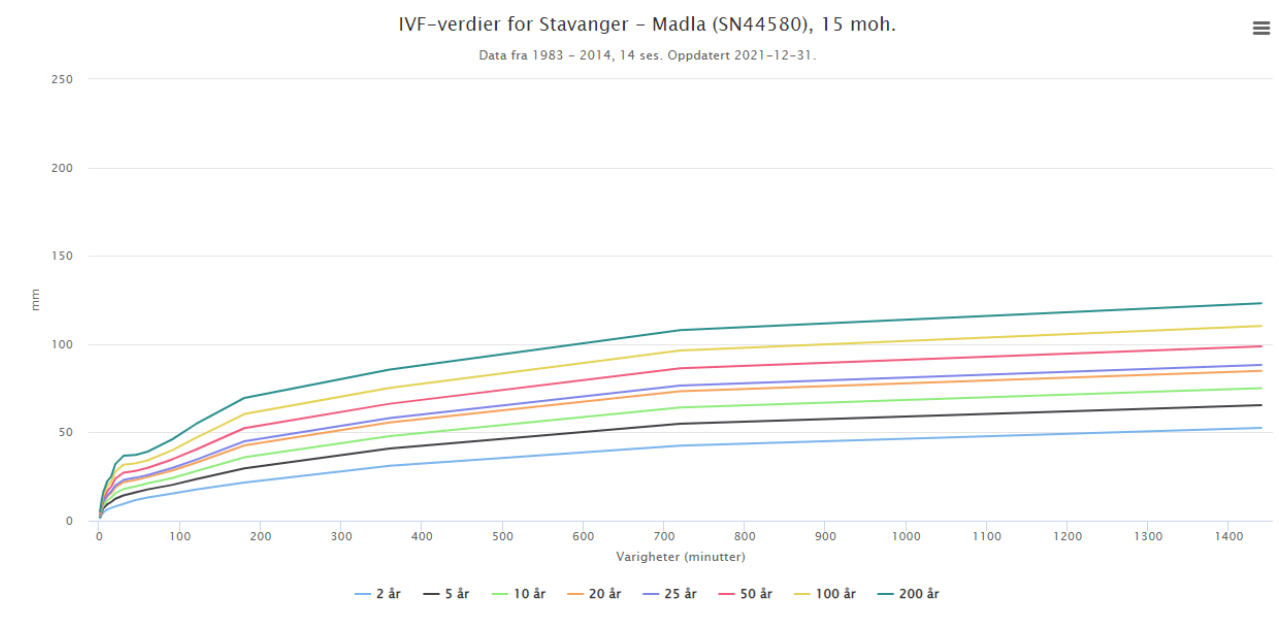
(dimensjonering av overvannsmengder, 2016)

4.4 IVF-kurve

Ved en bestemt nedbørsfrekvens viser IVF-kurven sammenhengen mellom intensiteten og varigheten av en nedbørshendelse (dimensjonering av overvannsmengder, 2016). IVF er en forkortelse for intensitet, varighet og frekvens. Lokale verdier for dimensjonering av nedbørsintensitet bestemmes vanligvis ved hjelp av IVF-kurver fra meteorologisk institutt.

IVF-kurvene er et resultat av en statistisk studie av nedbørsdata som går mange tiår tilbake. Ettersom intensiteten av nedbøren øker, vil de nåværende IVF-kurvene undervurdere fremtidig nedbør. Eventuelle IVF-kurver for det aktuelle planområdet bør forespørres av kommunen. Vinter og sommerkurver kan variere og begge disse forholdene bør beregnes og sammenlignes for å se hva som gir mest avrenning og dermed dimensjonerende hendelser.

Beregning av volumet av overflatevann har mye usikkerhet, blant annet fordi det er typisk er store lokale avvik. Det brukes ofte 20-års returtid for å bestemme dimensjonering av nedbørintensitet (*311.015 Vann i by - håndtering av overvann i bebygde områder - Byggforskserien*, 2012). Hver IVF-kurve består av mange separate kurver som korrelerer med ulike typer nedbørsfrekvenser. En 100-års nedbørsfrekvens vil for eksempel forekomme en gang hvert 100 år statistisk sett (dimensjonering av overvannsmengder, 2016).



Figur 22() (Grinde, 2021), IVF-kurve

4.5 Manuelle avrenningsberegninger

For små regioner kan manuelle avrenningsberegninger benyttes. Den enkleste måten er den såkalte rasjonelle metoden, denne definerer forholdet mellom avrenning, nedbør, areal av nedbørfelt og avrenningskoeffisienten. Denne teknologien er kun egnet for nedbørfelt med en størrelse på opptil 20 hektar.

Formel:

$$Q = A * \varphi * I * K_f$$

$$Q \left(\text{Dimensjonerende vannføring} \frac{l}{s} \right)$$

→ mengden av vann som et overvannssystem må håndtere som følge av feltavrenning

φ (avrenningskoeffisienten)

→ prosentandelen av nedbør som resulterer i avrenning, mellom 0 og 1

$$I \left(\text{nedbørsintensitet} \left(l * \frac{s}{ha} \right) \right)$$

→ Intensiteten til nedbøren, dette måles i; $\left(\frac{\text{volum}}{\text{tidsenhet}} \right) / \text{areal}$

A (areal av nedslagsfelt(ha)) → arealet på nedbørsfeltet

K_f → Klimafaktor

Klimafaktor

Overvannsanleggene for en utbyggingsregion (infiltrasjon, avledning og levering til kommunalt ledningsnett/bekk) skal alltid utformes for å imøtekomme den forventede nedbørsmengden. I alle beregninger skal klimafaktoren 1,4 brukes. Denne skal redegjøre for spådde fremtidige klimaendringer når det gjelder vannmengder.

Forventet brukstid VA anlegg	klimafaktor
100 år	1,4

Figur (23) (dimensjonering av overvannsmengder, 2016), klimafaktor

4.6 Konsentrasjonstid

Konsentrasjonstiden er tiden det tar før avrenningsvann går fra et vannskille til et nedbørfelts dimensjoneringspunkt. Hele nedslagsfeltet vil bidra til maksimal vannføring ved dimensjonspunktet når konsentrasjonstiden brukes i en logisk formel. Varigheten av nedbøren som gir maksimal vannføring er lik nedslagsfeltets konsentrasjonstid (t_k). Summen av innstrømningstider for ulike deler av strømningskanalen brukes til å beregne konsentrasjonstiden. Dette inkluderer tilløpstider på jordoverflaten samt strømningsstider i rør, kanaler og andre ledninger.

Formel:

$$T_k = T_s + T_t$$

$T_t \rightarrow$ Tiden vannet beveger seg på overflaten

$T_s \rightarrow$ Strømningsstiden i rør. $\left(\frac{\text{lengde}}{\text{fart}}\right)$

Strømningsstiden i ledningen:

$$T_s \rightarrow L/v$$

$L \rightarrow$ Lengden av ledningen fram til punktet. (m)

$V \rightarrow$ Vannhastigheten i ledningen. $\left(\frac{m}{s}\right)$

(dimensjonering av overvannsmengder, 2016)

5 Case- studie

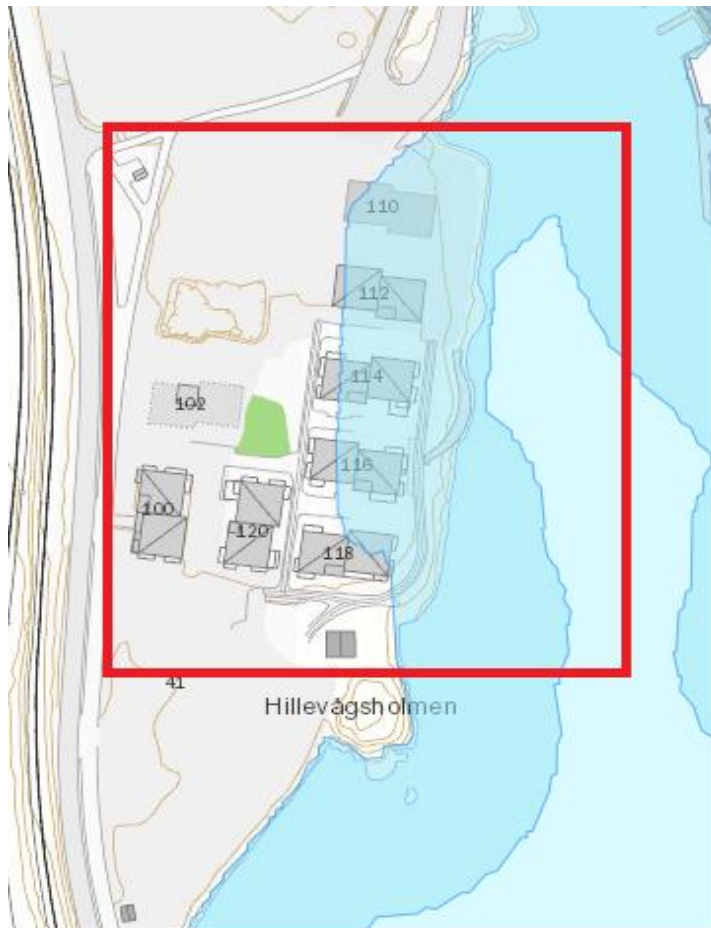
Områdene som skal analyseres og testes med tradisjonelle og naturbaserte overvannsløsninger er Hillevågsholmen og Lervig. Begge stedene befinner seg i Stavanger kommune og er områder som er preget av mye nedbør, på grunn av dette vil en naturbasert løsning som reduserer den midlere avrenningskoeffisienten komme i god bruk på disse områdene. Case 'e går ut på at de tradisjonelle og naturbaserte løsningene skal sammenlignes, den naturbaserte løsningen vil i hovedsak ha et fokus på naturbaserte permeable dekker. Sammenligningen skal til slutt bevise at det vil lønne seg å ta i bruk naturbaserte løsninger ettersom den vil redusere avrenningskoeffisienten og videre utgjøre en mindre overflateavrenning fra feltet.

case 1 – Hillevågsholmen (Paradis)

Området i Case 1 befinner seg i Stavanger kommune i Rogaland fylke. Bilde under gir oss en visuell oversikt over det nye boligområdet. Det totale arealet på case området er 4695,82m².

Området består blant annet av boliger, veier, tette flater og befinner seg i nærheten av vannet.

Tabell () viser oss at tette flater utgjør 3180.15m² av området og de resterende 1515,67 m² består av rekkehus og leilighetsområder. Avrenning koeffisientene som brukes er 0.9 på tette flater og 0.7 på rekkehus og leilighetsområder.



Figur (24), kart-Hillevågsholmen, Paradis

Flatetype	Størrelse (m ²)	Avrenningskoeffisient (φ)
Tette flater	277,15 + 2903	0,9
Bykjerne	0	0,70-0,90
Rekkehus- /leilighetsområde	1515,67	0,7
Eneboligområde	0	0,50-0,70
Grusvei-/plasser	0	0,70-0,80
Industriområde	0	0,70-0,90
Plen,park, eng, skog, dyrket mark osv.	0	0,30-0,50
Sum	4695,82m ²	

Figur (25) (Tarigan, 2021), avrenningskoeffisienter-tradisjonell

Rasjonell formel for overflateavrenning fra feltet

$$Q = A * \varphi * I * K_f$$

Midlere Avrenningskoeffisient

$$\varphi_{midl} = \frac{\varphi_1 A_1 + \varphi_2 A_2 + \varphi_3 A_3 + \dots \dots \dots \varphi_n + A_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots \dots \dots A_n}$$

$$\varphi_{midl} = \frac{((277,15 + 2903) * 0,9) + (1515,67 * 0,7)}{(277,15 + 2903 + 1515)}$$

$$\varphi_{midl} = 0,8354 \approx 0,84$$

Konsentrasjonstid

$$t_k = k * L_f * \Delta h^{-0,5}$$

t_k = konsentrasjonstid

k = koeffesient

L_f = Nedbørfeltets lengde → 188m

Δh = Høydeforskjell i feltet → 2,82m

K-verdier

Overflate	Areal (m ²)	k-verdi
Tett skog	0	0,60
Høy vegetasjon og busker	0	0,40
Plen og kort gress	1515,67	0,25

Bart berg	0	0,12
Asfalt og betong	3180,15	0,08

Figur (26) (Statens vegvesen, 2020), k-verdier

$$k_{midl} = \frac{(0,08 * 3180) + (0,25 * 1515,67)}{4695,82} = 0,13$$

$$t_k = k * L_f * \Delta h^{-0,5} = 0,13 * 188 * 2,82^{-0,5} = 15,1 \text{ min}$$

Tabell 4 IVF-kurve for 44580 Stavanger - Madla

År	Varighet [min]													
	1	2	3	5	10	15	20	30	45	60	90	120	180	360
2	291,7	252,9	221,7	172,5	120,4	95,2	79,7	62,3	46,9	40,2	30,4	26,1	21,2	13,7
5	378	327,1	287,5	226,4	156,5	125,3	112,9	88,6	63,9	53,2	40,8	37,5	29,1	16,6
10	435,2	376,3	331	262	180,3	145,2	134,9	106,1	75,2	61,8	47,7	45	34,3	18,5
20	490	423,5	372,8	296,2	203,2	164,2	156	122,8	86	70,1	54,3	52,2	39,3	20
25	507,4	438,5	386,1	307,1	210,5	170,3	162,7	128,1	89,5	72,7	56,4	54,4	40,9	21
50	560,9	484,6	426,9	340,5	232,9	188,9	183,4	144,5	100	80,8	62,9	61,5	45,7	
100	614,1	530,4	467,4	373,7	255,1	207,4	203,8	160,7	110,5	88,8	69,3	68,4	50,6	
200	667,1	576	507,8	406,8	277,3	225,9	224,3	176,9	121	96,8	75,8	75,4	55,4	

Tabell viser nedbørsintensitet med benevnning l/(s*ha)

figur (27) (Tarigan, 2021)

Bruker Gjentakintervall på 20 år som utgjør at jeg tar i bruk varighetene 15 og 20min →

$I = \text{nedbørsintensitet}$

$$I = 156 + ((164,2 - 156)/5) * (20 - 15,1) = 164,036 \frac{l}{s} * ha$$

Klimafaktor

«Klimapåslaget angir hvor mye dagens dimensjonerende verdie (altså en ekstremverdi, som for eksempel 200-årsverdien) bør økes for å ta høyde for fremtidige klimaendringer. Begrepet «klimapåslag på 20%» brukes på samme måte som «klimafaktor på 1,2».» (Grinde, 2021)

→ $K_f = 1,2$

Overflateavrenning fra feltet

$$Q = A * \varphi * I * K_f$$

$$A = 4,695ha$$

$$\varphi = 0,84$$

$$I = 164,036 \left(\frac{l}{s} * ha \right)$$

$$K = 1,2$$

$$Q = 4,695 * 0,84 * 164.036 * 1,2 = 776,3l/s$$

Overflateavrenningen på Hillevågsholmen ved bruk av den tradisjonelle løsningen er 776,3l/s

Paradis- Naturbasert løsning

Areal	Overflatetype, intenst regn	Avrenningskoeffisient, C
Impermeable områder	Flate tak, betong, tette urbane områder, asfalt	0,9-1,0
Semi-permeable områder	Spredt bebyggelse, grusveier, komprimerte overflater	0,3-0,9
Permeable områder	Parker, skog, permeable dekker, områder med høy infiltrasjon	0,2-0,3

Figur(28) (Leca, 2021), avrenningskoeffisient ved bruk av naturbasert løsning

$$Vei_{tot} + Hus_{tot} \rightarrow 277,15m^2 + 1515,67m^2 \rightarrow \text{semi-permeable områder}$$

$$Annet_{tot} \rightarrow 2903m^2 \rightarrow \text{Impermeable områder}$$

$$Areal_{tot} = 4695,82$$

$$\varphi_{midl} = \frac{\varphi_1 A_1 + \varphi_2 A_2 + \varphi_3 A_3 + \dots \dots \dots \varphi_n + A_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots \dots \dots A_n}$$

$$\varphi_{midl} = \frac{(277,15 + 1515,67) * 0,35 + (2903 * 0,9)}{(277,15 + 2903 + 1515)} = 0,69$$

$$k = 0,13$$

$$t_k = 15,1 \text{ min}$$

$$K_f = 1,2$$

$$I = 164,036 \left(\frac{l}{s} * ha \right)$$

$$A = 4,695ha$$

$$\varphi = 0,69$$

Tallene som er oppgitt ovenfor er tidligere funnet i den tradisjonelle løsningen.

$$Q = A * \varphi * I * K_f$$

$$Q = 4,695 * 0,69 * 164,036 * 1,2 = 637,9l/s$$

Overflateavrenningen på Hillevågsholmen ved bruk av den naturbaserte løsningen er 637,9 l/s

Overflateavrenning (l/s)

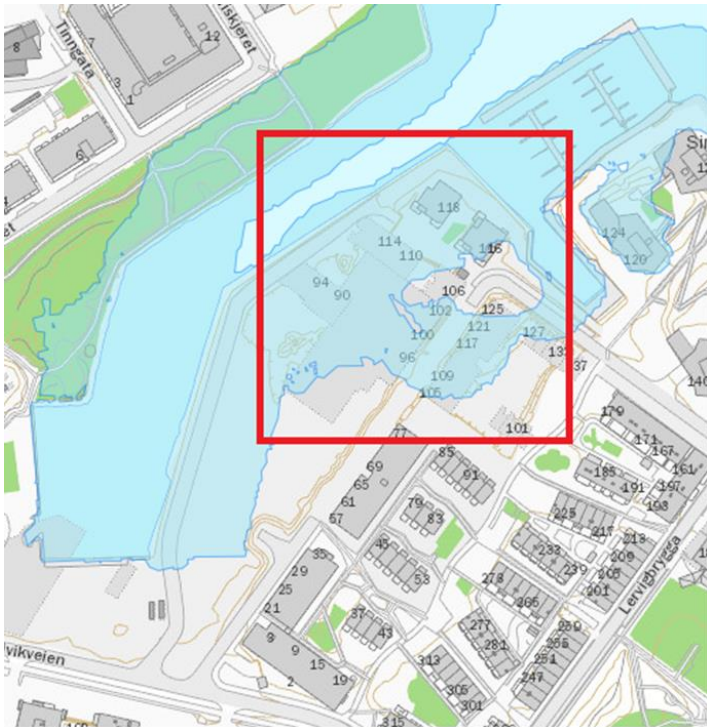
Tradisjonell løsning = 776,31 l/s

Naturbasert løsning = 637,91l/s

Dette beviser oss at en naturbasert overvanns løsning på et Hillevågsholmen vil redusere overflate avrenningen på området. Den lave avrenningskoeffisienten på permeable dekker er med på å redusere den totale avrenningskoeffisienten. Som utgjør en lavere Overflateavrenning.

Case 2 - Lervig

Området i Case 2 finner vi også i Stavanger kommune i Rogaland fylke. Bilde under gir oss en visuell oversikt over det store boligområdet. Det totale arealet på dette case området er 4695,82m². Området består blant annet av boliger, veier, tette flater og befinner seg i nærheten av vannet.



figur (29), kart- Lervig

Flatetype	Størrelse (m ²)	Avrenningskoeffisient (φ)
Tette flater	2317,74+3537,04	0,9
Bykjerne	0	0,70-0,90
Rekkehus- /leilighetsområde	4174,60	0,7
Eneboligområde	0	0,50-0,70
Grusvei-/plasser	0	0,70-0,80
Industriområde	0	0,70-0,90
Plen,park, eng, skog, dyrket mark osv.	55,69	0,5
Sum	10085,07	

Figur (30) (Tarigan, 2021), avrenningskoeffisienter-tradisjonell

Lervig- Tradisjonell løsning

Rasjonell formel for overflateavrenning fra feltet

$$Q = A * \varphi * I * K_f$$

Midlere Avrenningskoeffisient

$$\varphi_{midl} = \frac{\varphi_1 A_1 + \varphi_2 A_2 + \varphi_3 A_3 + \dots \dots \dots \varphi_n + A_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots \dots \dots A_n}$$

$$\varphi_{midl} = \frac{((2317,74 + 3537,04) * 0,9) + (4174,60 * 0,7) + (55,69 * 0,5)}{(10085,07)}$$

$$\varphi_{midl} = 0,81$$

Konsentrasjonstid

$$t_k = k * L_f * \Delta h^{-0,5}$$

t_k = konsentrasjonstid

k = koeffesient

L_f = Nedbørfeltets lengde → 150m

Δh = Høydeforskjell i feltet → 4,15m

K-verdier

Overflate	Areal (m ²)	k-verdi
Tett skog	0	0,60
Høy vegetasjon og busker	0	0,40
Plen og kort gress	1515,67	0,25
Bart berg	0	0,12
Asfalt og betong	3180,15	0,08

Figur (31) (Statens vegvesen, 2020), k-verdier

$$k_{midl} = \frac{((2317,74 + 3537,04) * 0,08) + (55,69 * 0,25) + (4174,60 * 0,5)}{10085,07} = 0,25$$

$$t_k = k * L_f * \Delta h^{-0,5} = 0,25 * 150 * 4,15^{-0,5} = 18,4 \text{ min}$$

Tabell 4 IVF-kurve for 44580 Stavanger - Madla

År	Varighet [min]													
	1	2	3	5	10	15	20	30	45	60	90	120	180	360
2	291,7	252,9	221,7	172,5	120,4	95,2	79,7	62,3	46,9	40,2	30,4	26,1	21,2	13,7
5	378	327,1	287,5	226,4	156,5	125,3	112,9	88,6	63,9	53,2	40,8	37,5	29,1	16,6
10	435,2	376,3	331	262	180,3	145,2	134,9	106,1	75,2	61,8	47,7	45	34,3	18,5
20	490	423,5	372,8	296,2	203,2	164,2	156	122,8	86	70,1	54,3	52,2	39,3	20
25	507,4	438,5	386,1	307,1	210,5	170,3	162,7	128,1	89,5	72,7	56,4	54,4	40,9	21
50	560,9	484,6	426,9	340,5	232,9	188,9	183,4	144,5	100	80,8	62,9	61,5	45,7	
100	614,1	530,4	467,4	373,7	255,1	207,4	203,8	160,7	110,5	88,8	69,3	68,4	50,6	
200	667,1	576	507,8	406,8	277,3	225,9	224,3	176,9	121	96,8	75,8	75,4	55,4	

Tabell viser nedbørsintensitet med benevning l/(s*ha)

Figur(32) (Tarigan, 2021)

Bruker Gjentakintervall på 20 år som utgjør at jeg tar i bruk varighetene 15 og 20min →

$I = \text{nedbørsintensitet}$

$$I = 156 + ((164,2 - 156)/5) * (20 - 18,4) = 158,624 \frac{l}{s} * ha$$

Overflateavrenning fra feltet

$$Q = A * \varphi * I * K_f$$

$$A = 10,085ha$$

$$\varphi = 0,81$$

$$I = 158,624 \left(\frac{l}{s} * ha \right)$$

$$K = 1,2 \text{ (grunn til 1,2 } k_f \text{ står forklart i case 1)}$$

$$Q = 10,085 * 0,84 * 158.624 * 1,2 = 1612,5l/s$$

Overflateavrenningen på Lervig ved bruk av den tradisjonelle løsningen er 1612,5l/s

Paradis- Naturbasert løsning

Areal	Overflatetype, intenst regn	Avrenningskoeffisient, C
Impermeable områder	Flate tak, betong, tette urbane områder, asfalt	0,9-1,0
Semi-permeable områder	Spredt bebyggelse, grusveier, komprimerte overflater	0,3-0,9
Permeable områder	Parker, skog, permeable dekker, områder med høy infiltrasjon	0,2-0,3

Figur(33) (Leca, 2021), avrenningskoeffisient ved bruk av naturbasert løsning

$$Vei_{total} + Hus_{total} \rightarrow 2317,74m^2 + 4174,60m^2 \rightarrow \text{semi-permeable områder}$$

$$Annet_{total} \rightarrow 3537,04m^2 \rightarrow \text{Impermeable områder}$$

$$Grøntområde_{total} \rightarrow 55,69m^2 \rightarrow \text{permeable områder}$$

Areal_{total} = 10085,07

$$\varphi_{midl} = \frac{\varphi_1 A_1 + \varphi_2 A_2 + \varphi_3 A_3 + \dots \dots \dots \varphi_n + A_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots \dots \dots A_n}$$

$$\varphi_{midl} = \frac{((2317,74 + 4174,60) * 0,35) + (3537,04 * 0,9) + (55,69 * 0,25)}{10085,07} = 0,54$$

$k = 0,2501$

$t_k = 18,4 \text{ min}$

$K_f = 1,2$

$I = 158,624 \left(\frac{l}{s} * ha\right)$

$A = 10,085ha$

$\varphi = 0,54$

Tallene som er oppgitt ovenfor er tidligere funnet i den tradisjonelle løsningen på case 1

$$Q = A * \varphi * I * K_f$$

$$Q = 10,085 * 0,54 * 158,624 * 1,2 = 1036,6l/s$$

Overflateavrenningen på Lervig ved bruk av den naturbaserte løsningen er 1036,6 l/s

Overflateavrenning (l/s)

Tradisjonell løsning = 1612,5 l/s

Naturbasert løsning = 1036,6 l/s

Case 2 beviser oss at en naturbasert overvanns løsning på et område vil redusere overflate avrenningen på området. Den lave avrenningskoeffisienten på permeable dekker er med på å redusere den totale avrenningskoeffisienten. Som utgjør en lavere Overflateavrenning.

Diskusjon

Gjennom oppgaven har det blitt forklart om løsninger som vil skape en reduksjon i overvannsmengden, en kort forklaring på hvorfor disse løsningene vil sørge for denne reduksjonen er på grunn av at den vil kunne ta imot vannet og infiltrere den inn i planten/jorden. Dette sørger for at vannet infiltreres ned i jorden, fremfor at det skal ende opp som overvann i byer og tettsteder.

Oppgaven som ble løst i teksten var vellykket, ettersom beregningene ga oss et bevis på at det vil sørge for en reduksjon i avrenning dersom det tas i bruk naturbaserte løsninger for håndtering av overvann. Grunnen til at det ble gjort en analyse på disse to områdene er fordi at dette er to populære boligområder i Stavanger kommune, et populært område fører som oftest til en befolkningsvekst, og denne faktoren er en av de største årsakene til hvorfor overvann ender opp med å skade områder mye mer enn det egentlig skulle gjort. En økning i befolkning vil som oftest føre til en økning i forsøpling og ødeleggelse av miljø, noe som er en katastrofal situasjon dersom dette kombineres med overvann. Forsøpling og økning i befolkning er ikke noe som vi kan kontrollere, men reduksjon av overvann er det og derfor vil disse type overvannstiltak brukes for å redusere skaden på miljøet vårt.

Begrensinger i Oppgaven

Oppgaven skulle i hovedsak ta for seg en blågrønn faktor analyse på tjensvollkrysset i Stavanger kommune. På grunn av en utdatert reguleringsplan, arealplankart og landskapsplan skapte dette store utfordringer for denne BGF analysen. Plankartene jeg ble tilsendt av Irene Hegre i Statens vegvesen var fra april 2006 og siden den tid har det skjedd mange endringer på området som ikke samsvarer med kartene som skulle vedlegges. En BGF var i stor grunn den store tanken om denne oppgaven, med tanke på hvor relevant det for dagens byområder og er et svært populært emne innenfor teknisk planlegging, bærekraftige tanker og løsninger.

Konklusjon

Oppgavens hovedformål var å bevise at det vil lønne seg med naturbaserte løsninger, dersom det skal være en reduksjon i avrenningskoeffisient og overflateavrenning. Dette gjøres ved bruk av beregninger i case scenarioene. Denne type løsning vil i stor grad komme godt i bruk i Norske kommuner, særlig kommunene på Vestlandet i Norge med tanke på den hyppige nedbørmengden. En naturbasert løsning vil ikke bare hjelpe området i det tekniske aspektet, den vil også garantere at området får en mer behagelig estetisk opplevelse totalt sett.

Overvannshåndtering er en problemstilling som vil spille en sentral rolle i fremtiden, og overvannshåndteringstiltak er noe som vil bli tatt i bruk over hele kloden, med andre ord er dette viktig for verdens fremtid. En god håndtering av overvann vil sørge for tryggere omgivelser, med tanke på skadene overvann kan gjøre dersom det ikke gjøres noe med.

Beregningene som er gjort i oppgaven beviser at det vil lønne seg med en naturbasert løsning for en sikker reduksjon av overflateavrenningen.

Referanseliste

311.015 Vann i by—Håndtering av overvann i bebygde områder—Byggforskserien. (2012, mai).

https://www.byggforsk.no/dokument/2562/vann_i_by_haandtering_av_overvann_i_bebygde_omraader

Andrew A, S. (2018). *Wadi Qortuba Oasis Compound*. Behance.

<https://www.behance.net/gallery/91530127/Wadi-Qortuba-Oasis-Compound>

Asak miljøstein. (2015). *File:///C:/Users/virth/Downloads/Permaeble_dekker.pdf*. ASAK. <file:///C:/Users/249195/Downloads/ASAK+Brosjyre+Permeable+dekker.pdf>

asak miljøstein offentlig uterom. (2013, oktober 30). *Permeable dekker | Asak Miljøstein*. <https://www.asak.no/Offentlig-uterom/Permeable-dekker>

Bent architecture. (2018). *What's the Difference Between an Intensive Green Roof and an Extensive Green Roof | Articles*. Bent Architecture.

<https://www.bentarchitecture.com.au/articles/2019/whats-the-difference-between-an-intensive-green-roof-and-an-extensive-green-roof>

Bergen kommune. (2005). *Retningslinjer for overvannshåndtering i Bergen kommune*.
file:///C:/Users/249195/Downloads/Retningslinjer%20for%20overvannsh%20håndtering%20(3).pdf

Blågrønn faktor- Oslo kommune. (2020). *Blågrønn faktor for boliger i Oslo- Brukerveiledning for norm*. Oslo kommune.
<https://www.oslo.kommune.no/getfile.php/13334983-1581085630/Tjenester%20og%20tilbud/Plan%20og%20bygg%20og%20eiendom/Byggesaksveiledere%20normer%20og%20skjemaer/Blågrønnfaktor%20Brukerveiledningfor%20blågrønnfaktor.pdf>

Braskerud, B. (2016). *Regnbed for lokal flomdemping*. 4.

Braskerud, B. C. (2016). *Grønne tak for flomdemping*. 4.

Braskerud, B., Kihlgren, K. S., & Saks, V. (2012). *Hydrologisk testing av regnbed for bruk som LOD-tiltak i småhusbebyggelse*. 14.

Dagestad, A., & Jæger, Ø. (2015, februar 18). *EUs vanndirektiv | Norges geologiske undersøkelse*. <https://www.ngu.no/emne/eus-vanndirektiv>

De beer, J. (2018, april 17). *Regnbed | Norges geologiske undersøkelse*. Norges geologiske undersøkelse. <https://www.ngu.no/grunnvanninorge/arealforvaltning/klimatilpasning/regnbed>

dimensjonering av overvannsmengder. (2016). *Overvannsveileder-Teknsik ingeniørvesenet, Kristiansand kommune*. 13 mars 2014, 15.

Dæhlen, M. (2021, desember 10). *Kan vi spare strøm med grønne vegger i iskalde Norge?*
<https://forskning.no/arkitektur-energi-klima/kan-vi-spare-strom-med-gronne-vegger-i-iskalde-norge/1949545>

Edvard Sivertsen. (2018, oktober 2). *Permeable dekker med belegningsstein i betong håndterer overvann*. SINTEF. <https://www.sintef.no/community/fagblogg/poster/permeable-dekker-med-belegningsstein-i-betong-handterer-overvann/>

Forurensingsloven. (2012, august 18). Miljøjuss - Ta vare på naturen og miljøet med loven i hånd. <http://miljojuss.no/lovverket/forurensingsloven/>

Grinde, L. (2021, desember 31). *Klimaservicesenter*.
<https://klimaservicesenter.no/ivf?locale=nb&locationId=SN44580>

Grønne vegger med wire. (2008). Bergknapp - Sedum og grønne løsninger.
<https://www.bergknapp.no/wire>

Grøntanleggslære med LOD. (2019). [Vea-fs.no]. *Norges grønne fagskole Vea*.
<https://www.vea-fs.no/studium/grontanleggslaere-med-lod/>

Karmøy Kommune. (2017). *Kommunaltekniske normer for*.
https://www.karmoy.kommune.no/content/uploads/2018/12/Vedlegg9_VAnorm_overvannshandtering.pdf

Kjell myhr & Aaltvedt Betong. (2013). Dimensjonering og bruk av permeable dekker med belegningsstein. *oktober 2013*, 14.

Knutsen, R., & Egeland, Ø. N. (2020). Overvannshåndtering på «Prærien» Stormwater management on «Prærien». *Høyskolen på vestlandet*, 65.

Leca. (2021). *Overvannshåndtering- teknisk veiledning*.
https://www.leca.no/sites/leca.no/files/pdf/Technical%20guideline%20-%20Water%20management_NO_2021_vr6.pdf

Lov om planlegging og byggesaksbehandling (plan- og bygningsloven)—Lovdata. (2009, mai 8). <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2008-06-27-71>

Lov om vassdrag og grunnvann (vannressursloven)—Lovdata. (2022, mars 29). <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2000-11-24-82>

Magnussen, K. (2017). *Naturbaserte løsninger for klimatilpasning*.
<https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/m830/m830.pdf>

Magnussen, K., Wingstedt, A., & Rasmussen, I. (2015). *Vista analyse-COWI*. <https://vista-analyse.no/site/assets/files/5632/kostnaderognyttevedovervannstiltakm305.pdf>

Merkesdal, I. A. (2020, september 1). *Regnbed: Spesialkonstruert vekstmedium*. Vannfakta. <https://vannfakta.no/spesialkonstruert-vekstmedium-i-regnbed/>

Miljødirektoratet. (2017). *Overvann—Miljødirektoratet*. Miljødirektoratet/Norwegian Environment Agency. <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/vann-hav-og-kyst/overvann/>

Oddvar Lindholm. (2018). *Håndtering av overvann- LOD*.
https://www.tonsberg.kommune.no/_f/p1/id620b641-8a7a-40f2-9bdc-d41fb0bfac33/va-miljobladd-nr-125-handtering-av-overvann-lod.pdf

Paus, K. (2020). *Risikoakseptnivåer og tre-trinnsstrategi*. <https://www.nve.no/media/9873/6-kim-helgeland-paus.pdf>

Rebecka. (2018, desember 18). Grønne vegger—Grønne tak. *Operasjonduppeditt.no*.
<http://operasjonduppeditt.no/gronne-vegger-gronne-tak/>

Riise, E. (2015, juli 21). *Pålegg om tiltak på private avløpsledninger etter kommunal omlegging/separering / va-jus [Va-jus]*. <https://va-jus.no/ufaqs/palegg-om-tiltak-pa-private-avlopsledninger-etter-kommunal-omlegging-separering/>

SINTEF. (2012, mai). *514.114 Løsning for lokal håndtering av overvann i bebygde områder—Byggforskserien*. Byggforsk 311.015.
https://www.byggforsk.no/dokument/246/loesning_for_lokal_haandtering_av_overvann_i_bebygde_omraader#fig52b

Statens vegvesen. (2020). *Vannhåndtering- Flomberegninger og hydraulisk dimensjonering*. Vegdirektoratet. <https://www.vegvesen.no/globalassets/fag/handboker/hb-v240-vannhandtering.pdf>

Tarigan, A. (2021). *Konte eksamen 2021- UIS*. UIS.
file:///C:/Users/virth/Downloads/BYG125%20Eksamen_07.09.2021_V2.pdf

Tønsberg kommune. (2022). *Infiltrasjonsbasseng i stedegne masser*.
https://www.tonsberg.kommune.no/_f/p1/ib3d9c31d-c0d0-4c2b-b356-41b5614a9e5a/temablad-06_infiltrasjonsbasseng.pdf

Urban green-blue grids. (2016). *Intensive green roofs | Urban green-blue grids*.
<https://www.urbangreenbluegrids.com/measures/green-roofs/intensive-green-roofs/>

Vanndirektivet. (2012, september 13). Miljøjuss - Ta vare på naturen og miljøet med loven i hånd. <http://miljojuss.no/lovverket/vanndirektivet/>

Vannressursloven. (2012, september 27). Miljøjuss - Ta vare på naturen og miljøet med loven i hånd. <http://miljojuss.no/lovverket/vannressursloven/>

Vegetal I.D. (1999). *Concepts for green roofs—Vegetal i.D* [Green innovation for smart cities]. Vegetalid. <http://www.vegetalid.com/solutions/green-roofs/what-is-an-extensive-green-roof/concepts.html>

Veileder for lokal overvannshåndtering. (2014). Veileder for lokal overvannshåndtering i Asker kommune. *Asker kommune*, 33.

Venvik, G. (2018, april 17). *Fordrøyningsbasseng | Norges geologiske undersøkelse*. Norges geologiske undersøkelse - Fordrøyningsbasseng.
<https://www.ngu.no/grunnvanninorge/arealforvaltning/klimatilpasning/fordroyningsbasseng>

Vurdere naturbaserte løsninger—Miljødirektoratet. (2017). Miljødirektoratet/Norwegian Environment Agency. <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/klima/for-myndigheter/klimatilpasning/veiledning-til-statlige-planretningslinjer-for-klimatilpasning/vurdere-naturbaserte-losninger/>