



Universitetet  
i Stavanger

**DET TEKNISK-NATURVITENSKAPELIGE FAKULTET**

# **BACHELOROPPGAVE**

Studieprogram/spesialisering: Byggingeniør, studieretning By- planlegging	Vårsemesteret 2023  Åpen
Forfatter: Hammoud Alshikh Mossa	
Fagansvarlig: Ari Krisna Mawira Tarigan	
Veileder(e): John Charles Grønli / Guzman Cruz Rodriguez	
Tittel på bacheloroppgaven: Trykkfordelende belegningsstein med mulighet for tekniske installasjoner	
Engelsk tittel: Pressure distributing paving stone with possibility of technical installations	
Studiepoeng: 20	
Emneord:  Belegningsstein	Sidetail: 97 + vedlegg/annet: 7 Stavanger 13/05/2023

## Forord

Som den avsluttende delen av min bachelorgrad i By-planlegging, har jeg arbeidet med en oppgave som fokuserer på en spesiell type belegningsstein som jeg har funnet svært spennende og som kan åpne nye muligheter innenfor norsk veibygging. Selv om oppgaven har krevd en betydelig innsats fra min side, har jeg gjennom hele prosessen opplevd stor glede og læring. Selv om mangelen på riktig utstyr og maskiner gjorde gjennomføringen litt vanskeligere enn forventet, er jeg likevel meget fornøyd med sluttresultatet. Jeg håper at funnene jeg har gjort kan bidra til å kaste lys over steinens egenskaper og at den kan være til nytte for veibyggingen i fremtiden.

Jeg ønsker å rette en stor takk til mine veiledere, John Charles Grønli og Guzman Cruz Rodriguez, for å ha gitt meg oppgaven og for all den verdifulle hjelpen de har gitt meg underveis. Jeg vil også takke Universitetet i Stavanger for tre fine år og for den fantastiske ressursbruken de har gjort tilgjengelig for meg i forbindelse med arbeidet med denne oppgaven. Videre vil jeg takke Samdar Kakay og Andreas Skaare for den gode hjelpen de har gitt meg på verkstedet og for utlån av utstyr. Til slutt vil jeg takke studieverkstedet på UiS for hjelp med tekniske spørsmål knyttet til skriving av oppgaven. Jeg vil også uttrykke min dype takknemlighet til min familie for den støtten og tilretteleggingen de har gitt meg for å kunne skrive oppgaven på best mulig måte.

Jeg vil presisere at alle bilder, grafer, tabeller, figurer og lignende i oppgaven er produsert av meg selv, med mindre annet er oppgitt i teksten. Jeg har brukt AutoCAD 2023 og Nova Point til å lage henholdsvis tegninger og grafer. Innholdet i oppgaven kan fritt brukes til videre undersøkelser, hvis det skulle være ønskelig. Jeg vil imidlertid ta forbehold om eventuelle feil i teksten.

Hammoud Alshikh Mossa

Stavanger, 10. mai 2023

## Innholdsfortegnelse

### Innhold

Forord .....	2
Innholdsfortegnelse .....	3
Begrepsforklaringer .....	5
Oppgavens oppbygning .....	7
Bacheloroppgave .....	9
Tidligere funn .....	10
Funn i Stavens oppgave .....	10
Funn i Torgrimsen oppgave .....	12
Funn Eikeskog sin oppgave: .....	15
Fra tidligere funn .....	18
Problemstilling og oppgavens innhold .....	19
Introduksjon .....	20
Bruksområder .....	21
Fordeler med belegningsstein .....	23
Ulemper med belegningsstein .....	24
Mønstre og låsestein: .....	25
Fundament: .....	27
Dekke: .....	27
Belegningssteinlaget: .....	27
Settelaget: .....	28
Bærelag: .....	28
Forsterkningslag: .....	29
Fiberduk og frostsikring: .....	31
Undergrunn: .....	32
Fuger: .....	32
Vannhåndtering: .....	33
Produksjon av vanligbelegningsstein .....	35
Legging av belegningsstein .....	36
Vedlikehold: .....	36
Utførelse: .....	37
Patentet belegningsstein: .....	38
Silisiumkarbid: .....	39
Sankt Hans gate .....	42
Beregninger .....	43
Stigning: .....	44

Energi: .....	44
friksjonskoeffisient.....	44
Beregning diskusjon: .....	45
Krav til gate .....	45
Høydeprofil .....	46
Vannhåndtering .....	48
Forslag til overvannshåndtering: .....	50
Varmeledning: .....	52
Konklusjon for Stank hans veien:.....	60
Støping av nye belegningssteiner .....	64
Utstyr .....	65
Resept: .....	66
Fremgangsmåte: .....	66
Konklusjon .....	71
Trykkstyrketest.....	73
Fremgangsmåten som ble fulgt er: .....	73
Etter 14 dager: .....	74
Resultatet til 14 dager:.....	74
Tetthet test: .....	74
Trykkfasthete test: .....	75
Resultatet til 28 dager:.....	76
Tetthet test: .....	76
Trykkfasthete test: .....	77
Konklusjon: .....	77
Sandblåsing: .....	80
Fremgangsmåte: .....	80
Resultat til sandblåsing:.....	82
Konklusjon: .....	85
Strekktest .....	87
Utstyr:.....	87
Utførelse: .....	87
Resultatet: .....	88
Konklusjon: .....	91
Oppgave konklusjon.....	92
Kilder:.....	96
Vedlegg .....	99

Begrepsforklaringer

**Belegg:**

I denne oppgaven brukes belegg som en samlebetegnelse når det er snakk om de harde materialer på byens gulv.

**Belegningsstein:**

et hardt, holdbart materiale som brukes til å dekke bakken eller gulv i utendørsområder

**Belegningsmønster:**

teknikk hvor belegningsstein blir lagt på en måte som danner et visuelt mønster eller en utforming på overflaten

**Egenskap:**

En egenskap er et kjennemerke som gjør en ting forskjellig fra andre (Tranøy, 2019).

**Kategori:**

Kategori brukes her som en betegnelse på faktorer og temaer relatert til belegningsmønstre og som er gruppert og sammensatt etter likhetstrekk.

**Mønster:**

Et systematisk oppsett som har et minimum av gjentakelser, kalt for frekvens. Et mønster kan være symmetrisk eller asymmetrisk (Mønster, u.å.).

**Visuell:**

Det som angår synet og synsinntrykk. Det visuelle er det som oppleves med synssansen (Svartdal, 2018).

**Kant:**

del av en belegningsstein der to flater møtes. Den kan være skjev, rund, faset, avrundet eller skrå (NS-EN 1338)

**Tykkelse:**

avstanden mellom overflaten og undersiden av belegningssteinen (NS-EN 1338)

**Overflate:**

den siden av belegningssteinen som skal sees når den er i bruk (NS-EN 1338)

**Aksellast:**

Total belastning fra et kjøretøys aksel på underlaget. (HB-N200)

**Asfalt:**

En ensartet blanding av *steinmaterialer* og *bitumen*. Det finnes en rekke ulike typer og varianter. (HB-N200)

**Avløpsledning:**

Rør med tette vegger som fører vann fra samlekommer for drensvann, overflatevann og spillvann til avløp. (HB-N200)

**Avvik:**

Mangel på oppfyllelse av spesifiserte krav. (HB-N200)

**Bindemiddel:**

et materiale som brukes til å binde sammen andre materialer og gi dem mekanisk styrke og holdbarhet.

**Bindlag:**

Nedre del av asfaltdekket når dette består av mer enn ett lag, dvs. lag mellom slitelag og bærelag. (HB-N200)

**Bærelag:**

Det øverste lag under vegdekket. Hovedfunksjonen til bærelaget er å oppta spenninger knyttet til ringtrykk og å fordele laster til underliggende lag. Deles ofte i nedre og øvre bærelag. Se også forsterkningslag. (HB-N200)

**Dekkelevetid:**

Tiden fra et nytt dekke legges til det får en tilstand som utløser dekkefornyelse. (HB-N200)

**Densitet:**

Masse pr. volumenhet. For bl.a. granulære materialer skilles det mellom bulkdensitet og partikkeldensitet. For hver av disse finnes det flere varianter avhengig av målemetode og materialtilstanden. (HB-N200)

**Friksjonskoeffisient:**

Ubenevnt tall som angir friksjonsforholdet mellom to flater/materialer. Definert som forholdet mellom friksjonskraften og normalkraften. (HB-N200)

**Hulrom:**

I steindekke betegnelsen på de mellomrom mellom belegningssteinene som ikke er fylt med bindemiddel. (HB-N200)

**Jevnhet:**

Uttrykk for hvor mye en overflate avviker fra en plan flate. Måles vanligvis med rettholt. På ferdig dekkeoverflate brukes ofte måleutstyr basert på laser og ultralyd. (HB-N200)

## Oppgavens oppbygning

Kapittel 1: omhandler oppgavens bakgrunn, definisjoner av relevante begreper, og hvor de to forskningsspørsmålene blir introdusert og avgrenset.

Kapittel 2: er oppgavens kunnskapsgrunnlag og tar for seg litteratur som er relatert til

Forskningsspørsmålene, den er delt opp til 3 deler:

Del 1: Belegningsstein og bruksområder. Her fokuseres det på bruksområdene til belegningsstein og egenskapene til de ulike materialene som benyttes i prosjektering og utvikling av belegningsmønstre.

Del 2: Fordeler og ulemper. Her beskrives fordeler og ulemper ved bruk av belegningsstein med tanke på hvordan det påvirker byrommet. samt hvordan valg av låse- eller ikke-låse stein og mønstre påvirker byrommet. Formålet med dette er å vise belegningssteinens effekt på både mikro- og makronivå.

Del 3: Oppbygning og grunnlaget. Her fokuseres det på den tekniske oppbygningen av belegningsstein og hvordan man kan oppnå et stabilt dekke. Videre diskuteres vedlikehold og vannhåndtering i forbindelse med belegningsstein.

Kapittel 3: analyseres problemet Stavanger kommune har med at søppelbilene ikke klarer å kjøre i St. Hans gate når det er glatt. Jeg ser på årsaker til problemet, og presentere mulige løsninger som kommunen kan gjøre for å løse dette problemet.

kapittel 4: Skal forklare metoden vi har brukt med å støpe betong til forsket steiner og legging av silisiumkarbid som overlag metoden skal utføres med to forskjellige materialer av silisiumkarbid

Kapittel 5: Betong testing for å se hvor sterk betongen er i en betongtrykkefasthet og densitet test og gir en konklusjon etter testing som snakker om resultatene

Kapittel 6: Tatt prøve med bruk av sandblåser for å teste hvor fast satt silisiumkarbid på steinene med bruk av forskjellige festing metoder

Kapittel 7: Tatt strekktest på steinene og drøftet resultater

Kapittel 8: er oppgavens diskusjonskapittel hvor oppgavens forskningsspørsmål drøftes ut fra teorien presentert i kapittel 4, 5, 6 og 7 med sammenstillingen av de 7 kategoriene

Kapittel 9: Oppgaven avsluttes ved å presentere noen tanker og forslag til videre forskning på feltet. Dette kan inkludere videre undersøkelser på alternative materialer som kan brukes til belegningsstein, eller ytterligere forskning på tekniske løsninger som kan øke holdbarheten til belegningsstein. Til slutt vil det bli gitt en oppsummering av oppgaven og dens bidrag til feltet, samt noen avsluttende tanker



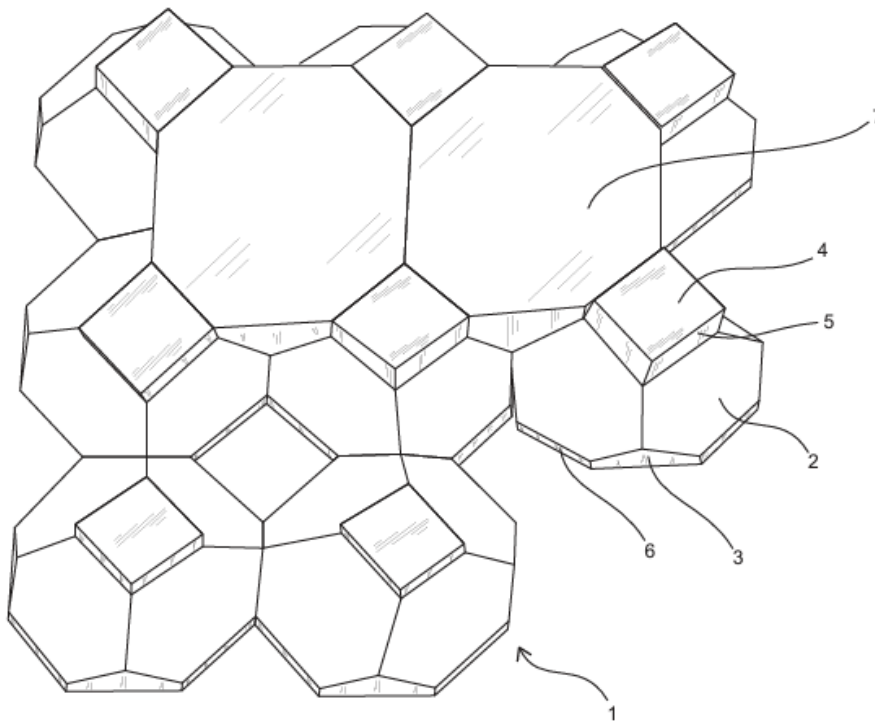
. Universitet i Stavanger



## Bacheloroppgave

Oppgaven omhandler en utviklet versjon av en belegningsstein som ble patentert i 2014.

Hensikten med patentsteinen er å øke stabiliteten og styrken i dekket. Fordelen med de skrå sideflatene er at de kan ta opp og fordele trykkklaster, noe som gjør at det blir mindre spenninger og belastninger i dekket. Dette reduserer risikoen for skader på dekke. I tillegg gir den skrå formen et bedre grep, slik at det blir lettere å legge steinene. En konvensjonell belegningsstein defineres som en belegningsstein der grunnflaten og toppen er identiske. Ettersom de skrå flatene på patentsteinen har en helning på 45 grader. Medfører dette blant annet at annenhver stein i et dekke bestående av denne typen belegningsstein må legges opp ned. Se figuren under for mer informasjon.



Om originalsteinen skriver Patentstyret følgende: «Belegningsstein (1), særpreget ved at den i hovedsak er pyramideformet og omfatter: en grunnflate (7); tre, fire, fem eller flere skråstilte sideflater (2) som skråner ned mot grunnflaten (7); en toppflate (4) som er parallell med grunnflaten (7), idet toppflaten (4) har sidekanter (5) hvis lengde er lik eller kortere enn lengden av en sideflate (6) mot grunnflaten (7) og antall sidekanter (5) på toppflaten (4) samsvarer med antall sideflater (6) på belegningssteinen (1)» [1].

## Tidligere funn

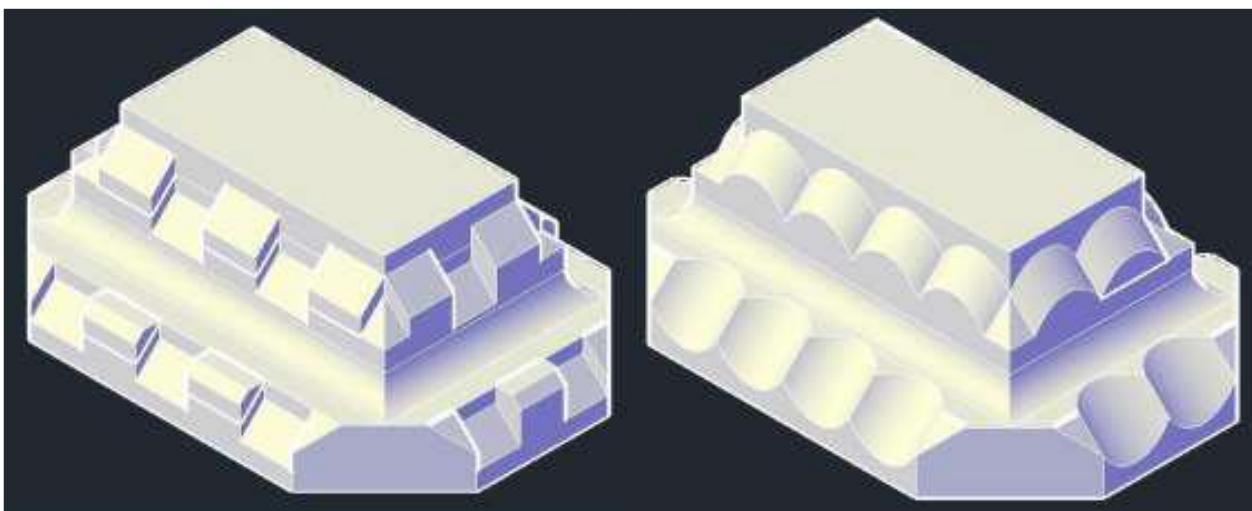
Det ble tidligere gjort tester av steinene på ulike måter da studentene fra tidligere år jobbet med denne oppgaven og kommet med forslag på nye form, størrelser, material og låsemekanismen

## Funn i Stavens oppgave

Staven gjorde endringer i designet av steinene ved å bytte ut den kvadratiske grunnflaten med en rektangulær form. Formålet med endringene var å oppnå best mulig låsing av steinene, med tanke på både låsemønstre og belastningen som oppstår fra vekten til større stein. I tillegg presenterte Stavens fem ulike designalternativer for steinene som var mulig passende for videre testing. Av disse ble to alternativer valgt ut for å bli undersøkt nærmere V9 og V10.

Designet for V9 inkluderer en avrundet kant for å styrke steinen mot skjærkrefter som kan oppstå. Dette vil også gjøre det lettere å fjerne sand og andre partikler som kan samles under utleggingen. Låsefunksjonen består av sirkulære avstandsknaster langs sideflatene med stor radius, som gir en jevn fordeling av skjærspenninger ved utsatte punkter. Låsingen vil bli opprettholdt langs hele sideflaten, i motsetning til en låsing i grunnflaten som vil opphøre ved forskyvninger større enn størrelsen på avstandsknastene i designet. Kantinndraget er også 45 grader i dette designet. (Frank oppgave side 14-15)

Designforslaget V10 var det siste som ble utviklet, og det har rektangulære avstandsknaster langs sideflatene som sikrer bedre låsing også ved forskyvning. Det er også redusert utsatte knekkpunkter sammenlignet med andre modeller. Kantinndraget er 45 grader. (Frank oppgave side 15)



Figur viser, design V10 og V9 fra Stavens sin oppgave

Videre ble det 3D-printet 3 modeller for testing V2, V9 og V10 men toleransen for V10 var for liten, og steinene passet derfor ikke sammen. Så ble det ikke utført noen forsøk på V10-designet. V10-

designet ser fortsatt lovende og bør undersøkes nærmere med riktige toleranser. [Frank sin oppgave, side 19-21].

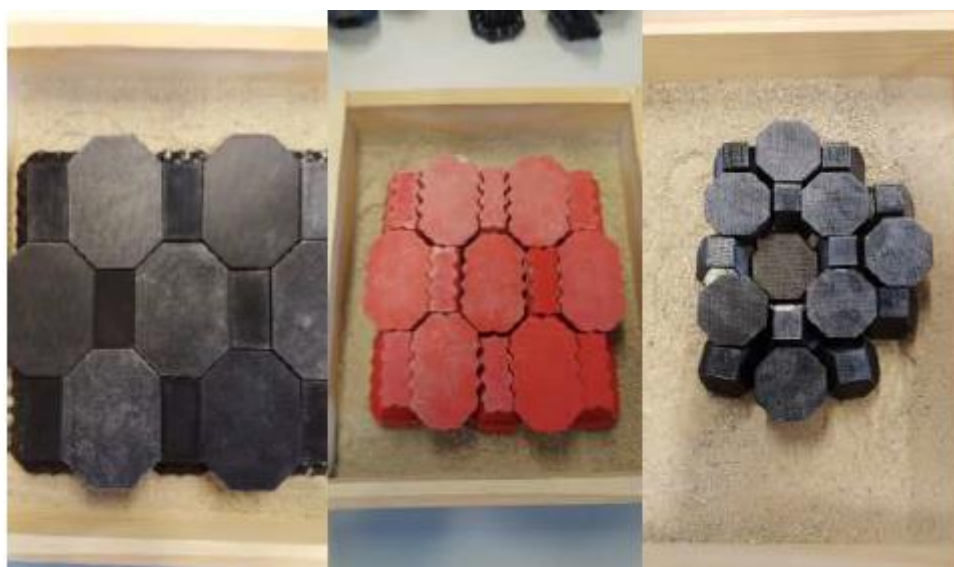
For å se om nye modellen har forbedret låsemekanismen ble det utført trykktest. Testene ble gjennomført ved å legge steiner av modellene V09 og V02 på en bunn av finér med en tykkelse på 7 mm. Deretter ble steinene toppet med en masse som bestod av steiner i ulike kornstørrelser. Et lodd på 170 gram ble plassert på midten av steinen, og på loddet ble det plassert en bøtte med 4 liter vann. Forskyvningen ble deretter målt ved hjelp av et skyvelære. Nedenfor ser man resultatet på testen [4, side 22-25]

Belegning før påført belastning:



*Figur 37: V09, V02 og originalstein før last.*

Belegning etter påført belastning:



Figur 38: V09, V02 og originalstein etter last.

Alle forsøkene ble utført med en påført last på 43.5N. Staven brukte denne formelen for å regne lasten:

$$F = m * g = (0.17 + 0.26 + 4)Kg * 9.81 = 43.5 N$$

Resultatene viste at den opprinnelige steinen hadde en vertikal forskyvning på 9mm og en horisontal forskyvning på 10mm. Design V02 hadde en vertikal forskyvning på 4mm og en horisontal forskyvning på 2.5mm, mens design V09 hadde både en vertikal og horisontal forskyvning på 1mm. Disse resultatene viser at V9 designet har beste låse resultat av testet steinene

Modell	Påført Last (N)	Vertikal forsyvning (mm)	Horisontal forsyvning (mm)
Original	43.5	9	10
V02	43.5	4	2.5
V09	43.5	1.0	1.0

Tabell x- Resultat av forsøk fra Stavnes oppgave

Det bli også et hulrom i å designe i nye modellen som kan brukes for å sette inn varmekabler eller andre tekniske installasjoner

### Funn i Torgrimsen oppgave

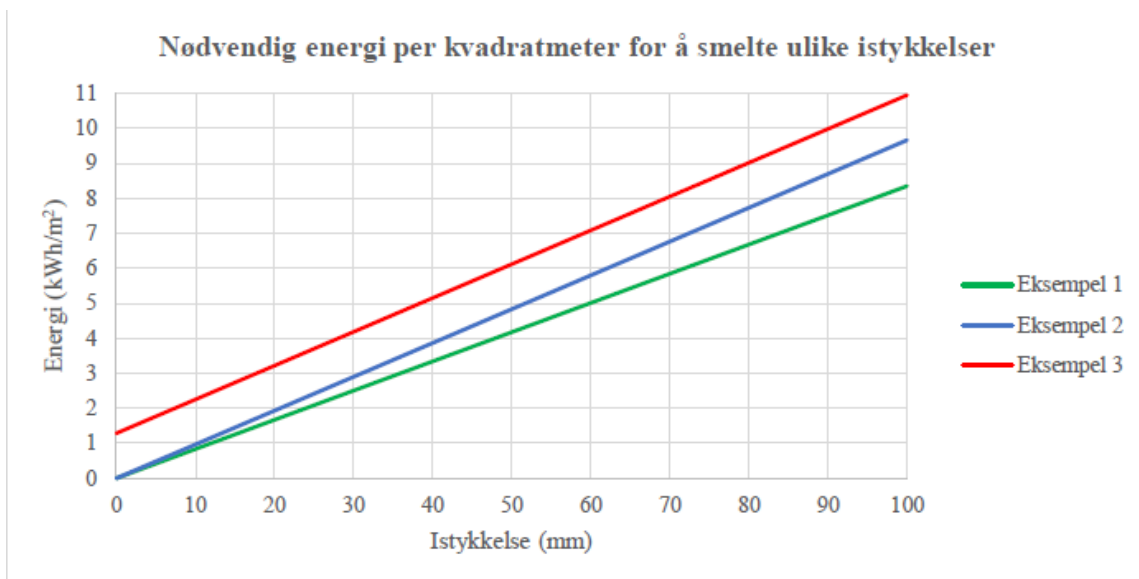
Torgrimsen sin oppgave er videre forskning på Stavens sitt forslag V10 og tatt hoved hensyn til støpning av steinene og brukte hulrommet med teknisk installasjon i dekke.

I Torgrimsen referer til steiner med S1 i sin oppgave



Støpt eksemplar av S01

Torgrimsen satt seg mest i teknisk installasjoner der han har brukt varmekabler og testet effekten ved is smelting med et lag på 1 cm is og temperatur på 0° C. Han kom fram til at det kreves 0,835kWh/m<sup>2</sup> smelting med [Magnus, side 58 og 59] Torgrimsen har gjort totalt 3 tester der han i test 2 tar temperaturen ned til -25° C og har islaget på 1 cm over steinene og da kreves det 0,966kWh/m<sup>2</sup> [Magnus, side 60 og 61] i test nummer 3 så han på muligheten til oppvarming av belegningssteindekke som har en temperatur på -25° C og da skal dekke varmes opp før eller samtidig som isen på overflate og da kom han fram til at det trenges 2,2524kWh/m<sup>2</sup>. alle testene er gjort med 82,5 mm betong og 1 cm is[Magnus, side 61 og 62]



Graf 1 Energi nødvendig per kvadratmeter for å smelte ulike tykkelser med is.

Torgrimsen har også utført last prøving der han tester et dekke av S1 steinene og så på hvordan dekke håndterer last og vridning i første eksperiment var å se hvordan et dekke bestående av S1 håndterer jevnt fordelte laster i forhold til et referansedekke. Begge dekkene hadde bredde på rundt 0,9 m mens lengden var omtrent 1 m. det ble satt last på 1 tonn [Magnus, side 98 og 99]



Lasten som ble satt på dekkene så ikke ut til å påvirke belegningen.

Når lasten var fjernet så var det ingen målbar endring på steinene, Konklusjonen ble at S01-dekket håndterte denne lasten likt som referansedekket. Det ble også utført last på dekke i form av en bil, det ble observert en maksimal fordypning på omtrent 3-4mm på S1-dekket mens lasten var påført. Tilsvarende hadde referansedekket noen mindre høydeforskjeller på omtrent 1-3mm ved påføring av lasten. Disse observasjonene kan betraktes som indikatorer på dekkets evne til å tåle og håndtere last [Magnus, side 100 - 102]



*Figur 103 En liten høydeforskjell, anslagsvis på rundt 3-4 mm, ble spottet like ved lastpunktet.*

Horisontale avstandene mellom steinene som oppstod som følge av vridningslasten, ble funnet å være ubetydelige eller så små at de kunne ha eksistert på forhånd, før hjulet ble vridd. Dette var til tross for at vridningen ble påført nesten helt i ytterkanten av belegningsstein-dekket. Den største horisontale avstanden som ble målt, var på 3,5 mm. [Magnus, side 104 og 105] For referansedekket var resultatene litt annerledes. Det var nå oppstått synlige sprekker og høydeforskjeller mellom steinene. Fordypningene var på opptil 8,8 mm, mens horisontal avstand mellom referansesteinene i nærheten av hjulet var fra 4,6-12,2 mm. [Magnus, side 105 - 107]



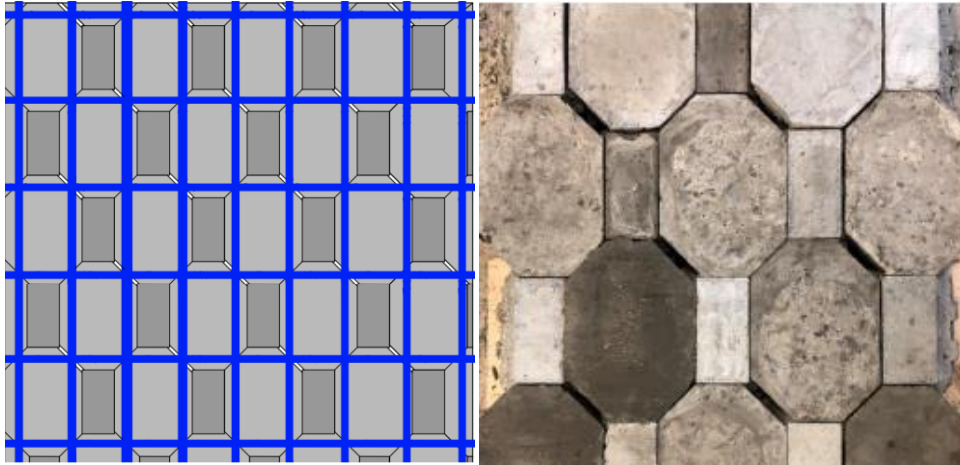
*Belegningssteinsdekkene etter testen.*

### Funn Eikeskog sin oppgave:

I oppgaven har det blitt utført en justering av steinen fra Torgrimsen sin oppgave kalt S01, som har resultert i en ny stein kalt S02. S02 er identisk med S01, med unntak av at to av skråsidene på åttekanten er forminsket med 5,0 mm per side. Dette gir en åpning på 10 mm i dekket som gjør at vann enkelt kan infiltrere ned i hulrommet til steinen. Konsekvensen av denne endringen vil være at S02 kan ta opp vann og redusere overflateavrenning, noe som kan bidra til å kontrollere overvann og redusere belastningen på avløpssystemer. [Eikeskog, side 43]

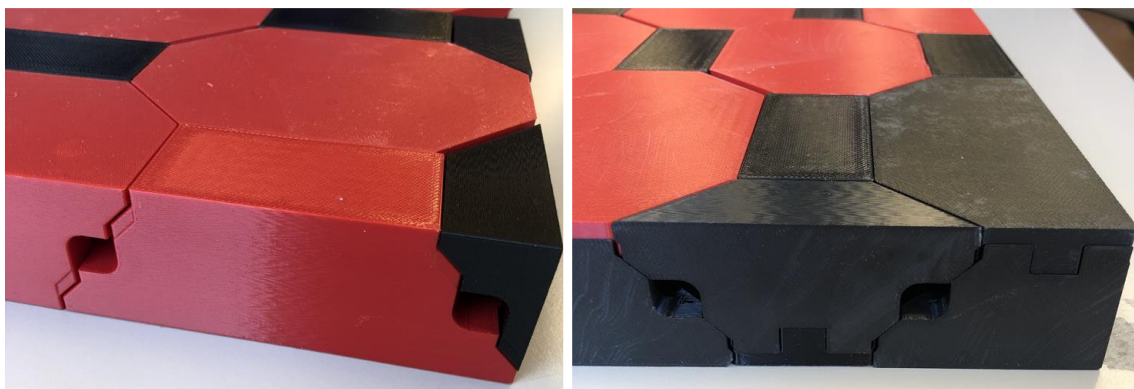
Videre i oppgaven undersøkte Eikeskog om hulrommet i S02 kan være en effektiv løsning for håndtering av overvann. Resultatene viser at hulrommet kan fungere som en fordrøyning for overvannet og bidra til å redusere overflateavrenning. Når underlaget blir mettet eller ikke gir tilstrekkelig infiltrasjon, kan hulrommene brukes til å lede vannet ut til sidene og til lukkede vannsystemer som håndterer vannet videre. Ved å ta i bruk slike innovative løsninger, kan vi fremme bærekraftig vannhåndtering og bidra til å redusere risikoen for oversvømmelser og andre vannrelaterte problemer.

Eikeskog kom fram til at total vannmengde som dekke har kapasitet til per kvadratmeter i S2 modellen er 3,012 L og det skal løse overvannproblemer som står nå [Eikeskog, side 45 - 51]



Figur viser åpningen mellom steiner og kapasiteten på vann mengden dekke samles per kvadratmeter

Eikeskog har også tenkt gjennom kantavslutninger til dekke bestående av S2 som er vanskelig å kappe av steiner med denne modellen derfor tenkte hun å lage en kantavslutning med rette linjer så det blir enklere å ha styr på firkantete form enn formen som steinene her nå. Kantene har også visuell mening slik at helheten blir finere i en gate laget av S2 steiner. Hun lagde 8 design av forskjellige kantavslutninger som tilpasser til både store og små steinene som det vises i bildet under. 5 designet som ble 3d\_printet verker som den mest stabile modell og passer best med S2 Steiner[Eikeskog, side 54 og 70]



Figur viser kantavslutninger til store og små sidene for steinene S2

Eikeskog har tatt 3 fysiske tester til dreneringen til belegningsstein for å se om hyllerommene fungerer i de forskjellige situasjoner. I test 1 har hun gjennomført 5 forsøk hvor en bøtte med 10 liter vann, helles over dekket. De 5 forsøkene utføres fortløpende etter hverandre. Hensikten her er å teste dekkets evne til å håndtere store mengder vann på kort tid. Hun gjør det 5 ganger for å reservere forskjellen når underlaget blir mettet og da vil vannet i større grad benytte seg av dekkets egenskaper og da har hun fått resultater som viser at vannmengden fra hulrom i dekket øker for hvert forsøk og



indikerer at mer mettet underlag vil benytte hulrommene for å frakte vannet. Forsøk 1 har lavere vannmålinger enn senere forsøk, men høyere infiltrert vannmengde. Vannmengden i oppsamlingstanken er lik fra forsøk 2-5. Forsøk 4 og 5 viser negative tall for infiltrert vannmengde, noe som betyr at det samler seg mer vann fra hulrom og oppsamlingstank enn det som tilføres fra bøtta og tidligere forsøk.

Test 2 er samme målingen som er i test 1 forskjellen er utførelsen av denne testen. Det ble brukt en hageslange til å vanne dekke i 2 minutter og 30 sek, hensikten å få et mer realistisk testresultat tilsvarende nedbør resultater fra denne testen er relativt likt som test 1.

Test 3 er helt likt som test 2 men ble gjort dagen etter så underlaget var ikke like mettete som i test 2 resultatene viser jevnere målinger enn test 2. testen får et negativt tall i forsøk 3, som betyr at vannmengde fra vanntanken og hulrommene er større en vannmengden som dekket påføres ved hageslangen og infiltrert vannmengde fra tidligere forsøk. [Eikeskog, side 85 - 95]

## Fra tidligere funn

Jeg brukt tidligere forskning og funn som grunnlag for å forstå utviklingen av belegningsstein bedre og unngå gjentakelser. Dette har vært viktig for å kunne bygge videre på tidligere forskning og se nye muligheter for utvikling av steinene.

Jeg har lest nøye på designet som Stavens har utviklet og har brukt det som utgangspunkt for min egen forskning, og sett på designet V10 som mest lovende.

Videre har jeg også studert Torgrimsen's arbeid, som har undersøkt muligheten for å utnytte hulrommene i steinene på en mer effektiv måte og sett på motstandsdyktigheten til steinene mot vridning.

Jeg har også latt meg inspirere av funnene til Eikeskog, som har undersøkt drenering og nye funksjoner for belegningssteinene. Dette har hjulpet meg med å tenke på steinene i en større sammenheng, som en helhetlig løsning for gateutvikling.

## Problemstilling og oppgavens innhold

Målet med denne oppgaven er å utføre tester på steiner som er forsterket med silisiumkarbid og undersøke hvilket bindingslag som er mest egnet for produksjonen. Videre vil vi utforske de ulike mulighetene som disse nye steinene kan gi. Disse aspektene er av interesse da de skiller disse steinene fra andre typer belegningsstein. Vi vil undersøke egenskapene både gjennom teori og praktiske eksperimenter.

## Introduksjon

Belegningsstein er en praktisk løsning for å oppnå et fast, estetisk dekke på en rekke områder. De er sterke og kan tåle store belastninger, samtidig som de er enkle å rengjøre.

En belegningsstein er en allsidig løsning som tilpasser seg underlaget så lenge bevegelsene er innenfor rimelige grenser. Samtidig er det sterk og tåler store påkjenninger uten å bli deformert, også i varme temperaturer. Derfor kan det sies at dette dekket kombinerer de beste egenskapene fra betong- og asfaltdekker, uten deres svakheter.

Når det gjelder orientering i det offentlige rom, kan belegningsstein brukes som ledelinjer for å hjelpe blinde og svaksynte. En god organisering av rommet med tanke på belegningsstein bidrar til en enklere orientering. God kvalitet i planlegging, prosjektering og vedlikehold av belegningsstein kan gjøre det lettere for alle å bruke offentlige områder på en selvstendig måte (innledning i NKF hefte)

En belegningsstein kan beskrives som en flat stein som kan brukes til å dekke et område [5].

Belegningssteiner, heller og natursteiner er alle lignende belegninger som kan brukes i mange forskjellige settinger, for eksempel til kjørearealer i gater, fortau, innkjørsler, i bysentrum og så videre. Belegningssteiner skiller seg imidlertid fra heller og natursteiner ved at de blant annet har høy trykksterke, noe som betyr at de også egner seg til industriarealer, parkeringsområder for fly og andre områder med tunge stasjonære laster. På slike områder vil belegningssteinsdekker også ofte være et bedre alternativ enn asfalt. Dette fordi man ved bruk av asfaltdekker risikerer at lasten gir ujevnheter på grunn av plastiske deformasjoner i varmt vær

En annen åpenbar grunn man kan ha for å velge belegningsstein fremfor for eksempel asfalt er mulighetene det gir for å utforme områder med et mer visuelt preg. Belegningsstein kan lages i mange ulike fasonger og farger. Asfalt er imidlertid ofte et bedre materiale ved vegbygging, blant annet fordi det gir bedre kjørekomfort og fordi belegningssteinsdekker normalt ikke kan benyttes for hastigheter over 50 km/h

## Bruksområder

Når vi snakker om belegningsstein, kan vi ofte dele dem inn i fire hovedtyper av overflatebelegg:

1. Dekker av belegningsstein av betong
2. Dekker av heller av betong
3. Dekker av gatestein av naturstein
4. Dekker av plater av naturstein

De fire dekktyper har mange anvendelser, inkludert gater, rundkjøringer, fortau, trafikkøyer, gågater og torg det er ofte ønskelig at en kombinasjon av forskjellige typer belegningsstein brukes innenfor samme område for å imøtekomme ulike behov og estetiske preferanser. For eksempel kan man bruke betongstein for å lage en kjørevei, mens brostein brukes til å lage en gangsti eller et terrasseområde. Naturstein kan brukes til å lage en steintrapp eller en hagevei, og teglstener kan brukes til å gi en rustikk følelse i en gårds plass eller på en terrasse. Ved å blande forskjellige typer belegningsstein, kan man skape en interessant og variert utseende som også tilfredsstiller funksjonelle behov. Det er viktig å vurdere egenskapene til hver type belegningsstein og hvordan de passer til formålet og miljøet før man velger en kombinasjon av belegningsstein for et bestemt område. Hver type har imidlertid begrensninger, såsom hastighetsgrenser, trafikkmengde og tillatt last på aksler. [6, side 7 og 8].

Her finner man eksempler på plasser som kan være nyttig og bruke belegningsstein på med forklaring på størrelsen og effekten steinene gir i stedet:

1. **Fortau, torg og andre gangarealer:** belegningsstein er ofte valgt for deres estetiske bidrag til fortau og torg. Deres bruk er utbredt i en rekke geografiske områder og klimaforhold. Kombinasjonen med granitt gatestein har vært vanlig i mange år. Tilgjengelighet og fremkommelighet for alle, inkludert eldre og personer med funksjonsbegrensninger, er viktig på gangarealer. Plassering av heller sikrer god fremkommelighet for rullestolbrukere og personer med barnevogner. Spesiell overflate kan også skape ledelinjer for synshemmede og varsellinjer for kryssende trafikk.
2. **Parkeringsarealer:** det er aktuelt å bruke belegningsstein på parkeringsplasser grunnet lettere oppmerking av oppstillingsplasser, retnings piler, skille mellom parkeringsarealet og gående arealet. Det er også flere grunner som stor toleranse til punktbelastninger uten deformasjoner i dekke

3. **Veier og gater:** På områder med tung, stillestående trafikk, såsom signalregulerte kryss, rundkjøringer, holdeplasser eller kollektivterminaler, har belegningsstein et sterkt dekke som tåler de påførte belastningene..
4. **I boligområder og tettsteder** er det ofte nødvendig å ha et dekke som skiller seg klart fra asfalt, enten for trafiksikkerhetsårsaker eller for å redusere bilenes kjørehastighet og tydelig markere at de kjører inn i et område hvor fotgjengerne har prioritet.
5. **Kollektivterminaler:** Det øker stadig med bruk av belegningsstein i store terminaler grunn er at det er lettere og fikse arealene med belegningsstein og det tåler mye samt det er lettere for gående som har spesielle behov og markere med belegningsstein
  
6. **Flyplassdekker** med belegningsstein av betong tåler de store belastningene fra store og mellomstore fly effektivt. Betydelig dekktrykk, som er større enn på biler, øker påkjenningene, men belegningsstein gir liten risiko for varige deformasjoner så lenge dimensjonering og arbeidet er utført riktig. Teknisk karakter er den viktigste grunnen til at belegningsstein er valgt for oppstillingsarealer på flyplasser. I varmt vær vil det alltid være en risiko for at det oppstår ujevnheter i asfaltdekket på de steder hvor flyene står i ro, på grunn av plastiske deformasjoner i asfalten. Slike deformasjoner kan normalt ikke aksepteres. Ofte vil valget stå mellom dekker av belegningsstein eller store plater av betong. Dekket av belegningsstein har også en god slipbestandighet, noe som reduserer risikoen for at det oppstår glatte overflater som kan være farlige for flypersonalet når de befører flyene, men det kan være farlig å bruke den i flyplassen, hvis dekke sitter ikke helt fast så risikerer man at flymotoren suger steinene.
7. **Industriområder og godsterminaler:** press som kommer fra tunge containere gjør skader på betongdekke, belegningsstein har bedre toleranse

Ved å kombinere asfalt, belegningsstein og heller, eller ved å bruke belegningsstein i forskjellige mønstre, dimensjoner, farger eller overflateteksturer, kan man skape en god markering mellom kjørearealer, parkeringsarealer og arealer for fotgjengere og syklister. Forskjeller i belegningen kan også fungere som en god indikator for å skille mellom arealer for fotgjengere og syklister. [20, side 4 - 6].



Bilde viser eksempel på kombineringsbrusteiner og heller. Tatt fra [belegningsstein.info](http://belegningsstein.info)

## Fordeler med belegningsstein

Fordelen med betong er at en slik prefabrikasjon av produktene gir et dekke med jevne/smale fuger og dermed et dekke med høye mekaniske egenskaper. De forskjellige typer belegningsprodukter holder faste mål, slik at disse kan legges i ett eller flere typer mønstre. [8, SIDE 5]

Belegningsstein brukes ofte til å legge grunnlaget for alt fra gårdsplasser, veier, gangveier, terrasser, oppkjørsler, stier og steinbed. Det er et veldig fleksibelt materiale som har mange forskjellige design og farger. Belegningsstein kan også brukes til å lage dekorative inngjerdinger, steingjerder og steinbed.

Belegningsstein er vanligvis laget av harde, naturlige steinmaterialer som granitt, skifer, sandstein, marmor, travertin og lignende. Disse materialene er motstandsdyktige og holdbare, og de kan tåle mye slitasje. Belegningsstein er generelt ikke utsatt for råte eller forfall, og det er derfor et populært materiale for å dekke områder som er utsatt for vær, vind og andre elementer.

Steinens struktur og farger gjør at det er mulig å lage kreative design. Det er et veldig populært materiale for å legge inn stil i landskapsdekorasjoner. Det kan også brukes til å lage oppkjørsler, gangstier og andre typer overflater

Belegningsstein har mange fordeler sammenlignet med andre typer byggematerialer. Det er sterkt, holdbart og krever lite vedlikehold. Det er også vannbestandig og har god isolasjonsevne. Det er også holdbart og slitesterkt, og det vil ikke råtne eller bli angrepet av insekter.

En annen stor fordel med belegningsstein er at det er relativt enkelt å installere. Det kan legges på en relativt enkel måte, selv om det krever litt kunnskap og erfaring. Noen ganger kan det være nødvendig å bruke spesialverktøy for å sikre en korrekt installasjon.

Belegningsstein kommer i mange forskjellige størrelser, former, farger og teksturer. Det er derfor veldig fleksibelt og kan skreddersys for å passe til ethvert landskap. Det finnes også mange forskjellige design som kan brukes til å skape en unik og personlig stil.[20 side, 8]

Lett å tilpasse til ønsket funksjonell bruk ved hjelp av ulike fargealternativer ved tilsetning av jernoksider, bruk av hvit sement eller bruk av spesielle grus- og sandmaterialer, for å oppnå en bred variasjon av farger. [20 side, 8]

Refleksjonen på belegningsstein er 2-3 ganger høyere enn for asfalt, avhengig av betongfargen og steinmaterialet i asfalten. Videre viser en svensk studie at halvparten av lysstyrken kan benyttes på lys belegningsstein sammenlignet med asfalt, noe som fører til betydelige besparelser på energiforbruk og belysningskostnader. På betongbelegg kan sikten forbedres ved økt belysning, mens det på asfalt vil være en grense for hvor mye sikt kan forbedres på grunn av speiling fra overflaten. [21]

Belegningsstein er et populært og fleksibelt byggemateriale som kan brukes til alt fra gårdsplasser, veier, oppkjørsler og steinbed. Det er sterkt, holdbart og krever lite vedlikehold. Det kommer i en rekke ulike størrelser, farger og teksturer, og det kan tilpasses ethvert landskap. Det er også enkelt å installere, og det er derfor et godt alternativ for de som ønsker å få et langvarig, holdbart og attraktivt resultat.

### Ulemper med belegningsstein

Det er noen ulemper med å bruke belegningsstein i noen tilfeller. Her er noen av dem:

**Høyere kostnad:** Belegningsstein kan være dyrere enn andre alternativer, for eksempel asfalt eller betong.

**Behov for jevn overflate:** For at belegningsstein skal være stabil og ikke skli eller vri seg, trenger den en jevn overflate. Dette kan være vanskelig å oppnå på ujevne områder.

**Nøyaktig dekke typer og gode fundamenter og grunnlag er viktige for belegningsstein ellers så flytter belegningsstein lett på seg opp over**

**Tidkrevende installasjon:** Installering av belegningsstein kan ta lengre tid enn andre alternativer, spesielt hvis det er behov for å tilpasse steinene eller legge dem i mønstre. I motsatt av asfalt som er raskere å bruke.

**Vedlikehold:** Belegningsstein kan kreve mer vedlikehold enn andre alternativer, spesielt hvis det er behov for å fjerne ugress eller reparere skadede steiner. Samt det blir ubehagelig for biler å kjøre når det er skader i belegningsstein

**Kan være glatt:** Hvis belegningsstein blir våt, kan den være glatt og dermed øke risikoen for skader. Men det er avhenge av materialer som ble brukt.

**Støy:** Belegningsstein kan skape mer støy enn andre alternativer, spesielt når tunge kjøretøy kjører over den.

**Lavere fart grenser:** det er ubehagelig å kjøre på belegningsstein pga mange kanter i motsatt av asfalt derfor har belegningsstein grense på 50km/h

utseende forandres med tiden ved stor slitasje fra kjøretøyer og da skal steinene bli mer synlige i overflaten

Det er viktig å vurdere disse ulempene når man vurderer om belegningsstein er riktig valg for ens behov.



### Mønstre og låsestein:

Låsing av dekket avhenger av både formen på steinen og leggemønsteret.

Når det gjelder låsestein finnes tre type steiner når, låsestein, delvis låsestein og ikke låsestein

Steiner som gir en låsing i begge retninger er referert til som låsestein, mens steiner uten låsingsevne er referert til som ikke-låsestein. Delvis låsestein har en form som gir låsing i en retning, men ingen låsing i retningen som er normalt på låsretningen. Denne steintypen er imidlertid lite brukt i Norge. Leggemønsteret vil også påvirke steinens funksjon i dekket.

Det anbefales å bruke låsestein på områder som utsettes for biltrafikk eller tyngre vedlikeholds utstyr. På parkeringsplasser eller andre områder som utsettes for vridningskrefter, er bruk av låsestein spesielt viktig. Disse anbefalingene vil bidra til å sikre at dekket gir tilstrekkelig stabilitet og beskyttelse under belastning. [6 Side, 14-15]

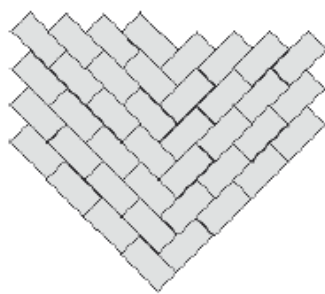
Ved sterkt trafikkerte svinger er det viktig å være oppmerksom på de store horisontale kreftene som tunge kjøretøyer kan utøve. Det er derfor avgjørende at steinene har god låsevirkning i disse områdene. Det finnes spesielle svingsett tilgjengelige for de fleste steintyper som opprettholder steinenes låsevirkning i svingene.[22]



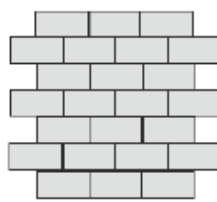
Eksempel på låsestein og ikke låse stein tatt fra Asak miljøstein

Leggemønstre kan anvendes både for låsestein og ikke-låsestein, og valg av leggemønster er av stor betydning for både dekkets funksjonelle egenskaper og utseende. Noen av mønstrene anbefales bare for fotgjengerområder, og kun når kjøretøy sjelden ferdes på disse områdene. Hvis det er biltrafikk av betydning, bestemmes leggemønsteret basert på den dominerende kjøreretningen. Ved dekker som utsettes for vridningskrefter, er det viktig å bruke låsestein for å unngå skader på dekket.

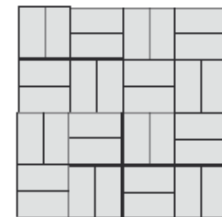
Det er også viktig å ta hensyn til kantavslutninger og tilpasninger til sluk, kumlukk og lignende. De fleste typer belegningsstein gir mulighet for flere leggemønstre, men det bør velges et mønster som gir minst mulig deformasjoner og spordannelser ut fra en teknisk vurdering, i tillegg til estetiske hensyn. Mønster for låsestein er designet for å gripe inn i nabosteinene, og et dekke med låsestein legges i samme formasjon som det ligger på pall fra produsenten. For løperforband er det viktig at kjøreretningen kommer på tvers av de gjennomgående fugene. Blant mønstrene som er vist i figuren, er blokkforband (parkettforband) det minst sterke med hensyn til risiko for trafikkpåkjenninger og spordannelser. [20 side 8]



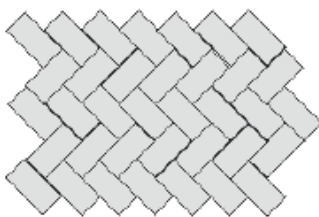
Diagonalmønster  
Tåler biltrafikk godt



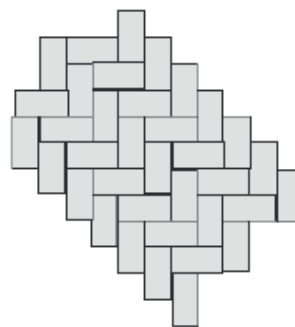
Rekkemønster/Løperforband  
Tåler biltrafikk middels godt



Parkettmønster  
Tåler dårlig biltrafikk



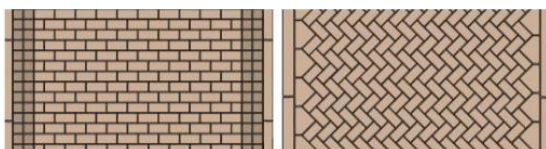
Fiskebeinsmønster  
Tåler biltrafikk godt



Albummønster  
Tåler biltrafikk middels godt



Mønstre som ligger på skrått er mer behagelig å kjøre på enn andre rette mønstre, grunnen til det er at bilhjul kommer litt omgangen når den skal kjøre på steinet som ligger foran i motsatt av rette mønstre der kommer bilen med en gang på steine noe som gjør at bilen humper. En av egenskapene til skråmønstre er at belastningen blir fordelt grunnen bilhjul kommer litt omgangen, noe som gjør mindre støy enn et rett mønster [23 Side 13]



↑  
Rett legging, med forskyvede fuger. Trafikken går vinkelrett mot de langsgående fugene.

↑  
Fiskebeinsmønster lagt diagonalt mot kjøreretningen gir den beste lastfordelingen.

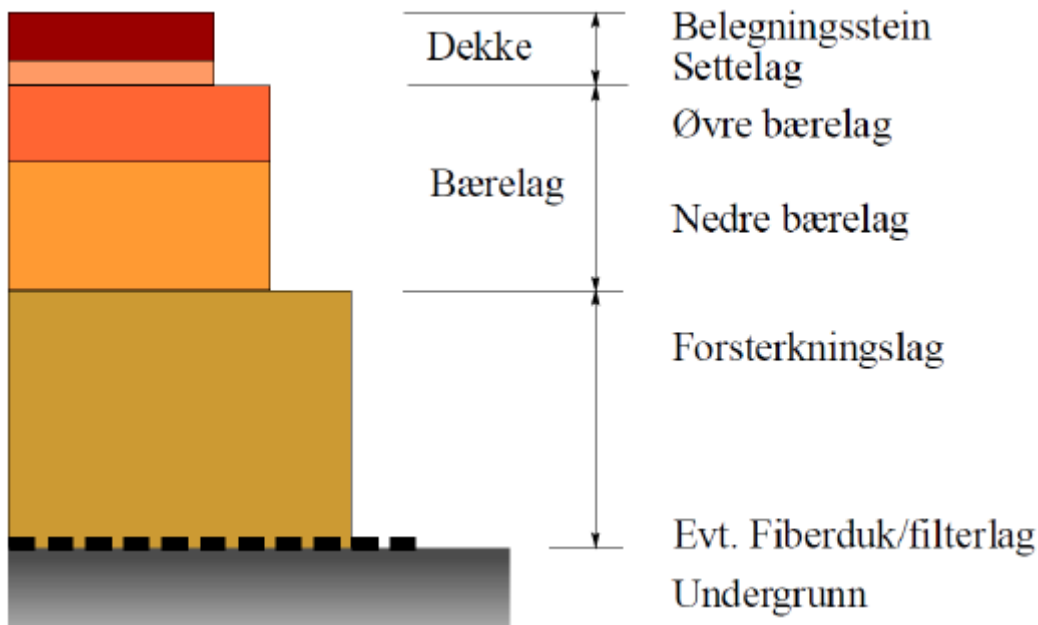
### Fundament:

Fundamentet for belegningsstein er et viktig grunnlag for å sikre at belegningssteinene er stabile og vil holde seg på plass. Dette er spesielt viktig når belegningssteinene er lagt i områder som er utsatt for ekstremt vær og årstider. Fundamentet sin oppgave er å overføre laster som oppstår på toppen av dekket ned til grunnen

Fundamentet for belegningsstein skal alltid bestå vanligvis av dekke, bærelag, forsterkningslag og eventuell fiberduk/filterlag. Hvis undergrunnen er finkornig og/eller forsterkningslaget er grovt, trengs det fiberduk/filterlag under forsterkningslaget for å hindre at finstoff fra grunnen infiserer det.

Grunnlaget eller underlaget for belegningsstein. Dette laget gir belegningssteinene et solid fundament å støtte seg til, og det forhindrer at de beveger seg eller forskyves.

For å sikre at fundamentet for belegningsstein er så sterkt som mulig, er det viktig å sørge for at det laget som legges først, står fast og har en god drenering. Dette sikrer at belegningssteinene forblir stabile og forhindrer at vann samler seg under dem. Det er også viktig å sørge for at dette laget ikke får ujevnheter eller hulrom. I tillegg er det også viktig å sørge for at dette laget har en skråning som fører vannet bort fra belegningssteinene. [24]



Figur Eksempel på overbygning. En overbygning består av belegningssteinsdekke og fundament, og ligger over undergrunnen

### Dekke:

Belegningssteinene og settelaget utgjør dekket og fungerer som et slitelag.

### Belegningssteinlaget:

Valg av tykkelse og form for belegningssteinslaget er avgjørende for stabilitet og levetid av belegningen. Tykkelsen bør tilpasses den forventede belastningen på underlaget, og den minste

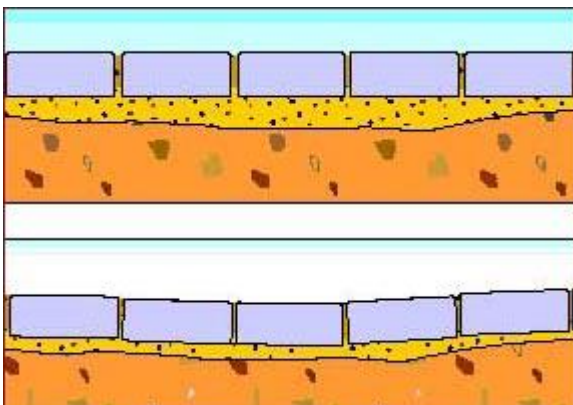
anbefalte steintykkelsen avhenger av trafikkbelastningen. For områder med store horisontale belastninger, som fra bremsing og akselerasjon av tunge kjøretøy på steder som bussholdeplasser, veikryss og snuplasser, anbefales det bruk av låsende stein. Hvis formen tillater det, bør steinene legges i et fiskebeinsmønster for økt stabilitet. [24]

### Settelaget:

Settelaget har som hovedformål å utjevne ujevnheter fra bærelaget for å skape en jevn overflate for belegningssteinene. I tillegg til at settelaget utligne små variasjoner i tykkelsen til steinene, som normalt er rundt 2,5 mm, og fungere som et lag som fordeler trykket mellom belegningssteinene og bærelaget. Settelaget må ha minimumstykkelsen på 20 mm det er viktig for å utjevne små ujevnheter i bærelaget og høydeforskjeller på steinene. Å holde maksimal tykkelse på 40 mm vil minimere risikoen for spordannelse, ettersom det har blitt observert at økt tykkelse på settelaget øker spordannelsen. En tynnere settelag kan dermed redusere spordannelsen og bidra til å opprettholde en jevn og trygg overflate. Kravet til overflatens jevnhet på belegningssteinen er 10 mm målt fra en rett linjal over 3 meter. Hvis det er nødvendig å justere bærelaget for å oppfylle dette kravet, bør settelagets tykkelse ikke økes utover det som er tillatt. Hvis settelaget blir for tykt, kan det føre til ujevnheter og fordypninger på grunn av deformasjoner og store variasjoner i tykkelsen.

Valget av materiale for settelaget avhenger av belastningen og trafikkmengden som dekket skal tåle. For områder med lav trafikk vil normal sortering av 0-8 mm knust stein eller grus være tilstrekkelig. For å minimere mengden finstoff i materialet, som er partikler mindre enn 0,063 mm, bør settelaget bestå av mindre enn 6% finstoff. For områder med høyere trafikkbelastning, bør settelaget bestå av sorteringer mellom 0-11 mm knust stein eller grus. Når settelaget er på plass, blir det lett komprimert før belegningssteinen legges. [24]

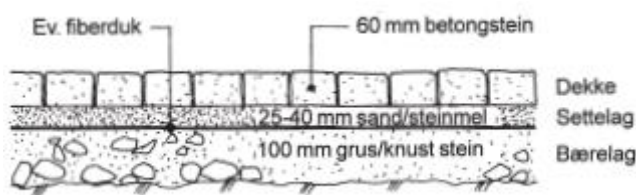
Det er viktig å unngå finpartikler i settelaget for å hindre vannansamlinger



### Bærelag:

Laget befinner seg under vegdekket har som hovedoppgave å motvirke spenninger som oppstår som følge av ringtrykk, samt å distribuere belastninger nedover til de underliggende

lagene. Vanligvis er bærelagene delt opp i to kategorier og de er øvre og nedre bærelag. [9, s. 297], det er viktig å dimensjonere bærelaget riktig og ikke undervurdere belastningene på fortau og andre gangarealer, Det er ofte vanskelig å unngå større belastninger på gangarealer fra ulike typer utstyr og anleggsvirksomhet [11, s. 11] For å bygge opp et godt bærelag, bør man legge et drenslag på 100 mm grov grus eller knust stein, som vist i figur , for å unngå dårlig underlag. Det er også nødvendig å sørge for korrekt høyde og fall i forhold til det ferdige dekket. Hvis man bruker betongstein som belegg, bør man være oppmerksom på at de blir vanntette, og derfor må underlaget for slik stein utføres med minst 1:100 fall for å unngå problemer med vannavrenning. [25 side 3-4]



(Snitt av underlag for heller, belegningsstein og gatestein. [25])

For å unngå å måtte variere tykkelsen på settelaget, er det viktig at bærelaget er jevnt og har samme fall som belegningssteinen. Dette er en viktig faktor for å sikre god funksjonalitet og holdbarhet på veibanen. Hvis man velger å bruke vannbåren gatevarme, anbefaler Statens Vegvesen å legge rørene med en avstand på rundt 1-2 cm fra bærelagets topp. Hvis rørene ligger høyere enn dette, kan det føre til ujevn oppvarming av dekket. [6, s. 10-13].

#### Forsterkningslag:

Laget ligger under bærelaget og har hovedfunksjonen å fordele trafikkbelastningen jevnt, og dermed unngå overbelastning av undergrunnen. [9, side 299].

For å sikre tilstrekkelig bæreevne i vegoverbygningen, må forsterkningslaget utformes på en måte som tar hensyn til både materialtypen i grunnen og trafikkbelastningen. Materialtypene blir inndelt i ulike bæreevnegrupper som bestemmer tykkelsen på forsterkningslaget, der bæreevnegruppe 1 krever det minste laget og bæreevnegruppe 6 krever det største. Statens Vegvesen sin Håndbok N200 gir en detaljert beskrivelse av hvordan forsterkningslaget kan utføres for ulike vegoverbygninger, og tykkelsen på forsterkningslaget kan variere fra 30 cm for solide undergrunner som steinfylling, bergskjæring og grus, til 110 cm for mer finkornede materialtyper som silt og leire. Det er viktig å sørge for tilstrekkelig bæreevne i dimensjoneringsperioden for å unngå nedkusing eller deformasjoner i forsterkningslaget som kan redusere kjørekomforten på veien. [9, side 160]

## DIMENSJONERINGSTABELL FOR VEGOVERBYGNING MED BELEGNINGSSTEIN OG GATESTEN

(lagtykkelser i cm)

Trafikkgruppe	A <sup>4)</sup>	B	C	D	Parkeringsplasser		Andre trafikk-arealer med tunge kjøretøy <sup>5)</sup>
Antall ekvivalente 10 tonns aksler per felt i dimensjoneringsperioden (N, mill.)	< 0,5	0,5 – 1	1 - 2	2 - 3,5	lett trafikk <sup>4)</sup>	tung trafikk	
<b>DEKKE</b>		Dekketykkelse, inkl. settelag, se <a href="#">tabell 542.1</a>					
<b>BÆRELAG</b>							
Anbefalte materialer:	Tykkelse (cm), bærelag						
Da	10	13	15	17	10	13	17
Da over Fk <sup>6)</sup>	-	6 over 10	9 over 10	11 over 10	-	6 over 10	11 over 10
Db	15	18	20	20	15	18	20
Fk <sup>6)</sup>	15				15		
<b>FORSTERKNINGSLAG PÅ</b>							
Materialtype i grunnen:	Bæreevn egruppe	Tykkelse (cm), forsterkningslag med lastfordelingskoeffisient a = 1,0.					
Bergskjæring, steinfylling, T1 <sup>2)</sup>	1	30	30	30	30	30	30
Grus C <sub>u</sub> <sup>3</sup> 15, T1	2	30	30	30	30	30	30
Grus, C <sub>u</sub> < 15, T1 Sand C <sub>u</sub> <sup>3</sup> 15, T1 Bergskjæring, steinfylling T2 <sup>2)</sup>	3	30	30	30	40	30	40
Sand, C <sub>u</sub> < 15 T1 Grus, sand, morene, T2	4 <sup>3)</sup>	40	40	50	60	30	40

Grus, sand, morene, T3	5	50	60	70	70	40	60	70
Silt, leire, T4, $c_u \geq 50$ kPa	6	60	70	70	80	50	70	80
Silt, leire, T4, $c_u 37,5-50$ kPa	6	60	70	70	80	50+10 <sup>1)</sup>	70	80
Silt, leire, T4, $c_u 25-37,5$ kPa	6	60+20 <sup>1)</sup>	70+10 <sup>1)</sup>	80	80	50+30 <sup>1)</sup>	70+10 <sup>1)</sup>	80
Silt, leire, T4, $c_u < 25$ kPa	6	60+50 <sup>1)</sup>	70+40 <sup>1)</sup>	80+30 <sup>1)</sup>	80+30 <sup>1)</sup>	50+60 <sup>1)</sup>	70+40 <sup>1)</sup>	80+30 <sup>1)</sup>

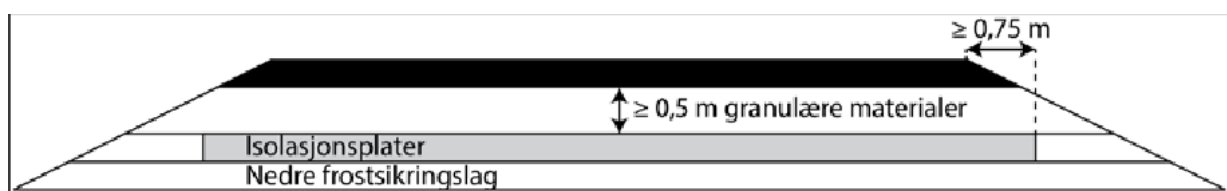
[9 side 160]

### Fiberduk og frostsikring:

Fiberduk blir brukt for å isolere materialer i underlaget og styrke laget som ligger over. Hvis undergrunnen består av fine materialer eller forsterkningslaget består av grove materialer, er det viktig å legge en fiberduk under forsterkningslaget for å unngå at finstoff fra undergrunnen infiserer forsterkningslaget og reduserer bæreevnen. I noen tilfeller er det også viktig å isolere underlaget fra frostsikringslag. [23, side 9]

Dersom fiberduk benyttes i stedet for et filterlag i overbygningen, er det viktig å sørge for at både fiberduken og forsterkningslaget legges slik at det skapes en god forbindelse mellom overbygningen og drengroften. Dette vil sikre effektiv drenering av overvann og redusere risikoen for at vannet samler seg i veibanen. Det er viktig å merke at Ved bruk av fiberduk som filtermateriale skal tykkelsen  $t_{min,s}$  av sikringslaget økes med 10 %. [9, s. 100 og 109]

Frostsikringslaget er laget for å hindre skade på veidekket som kan oppstå på grunn av frost og telehiv. Det kan være ett eller to lag, og når det er ett lag består det vanligvis av knust grus, berg eller resirkulerte steinmaterialer. Hvis det er to lag, vil det øverste laget også inneholde et isolasjonslag som kan bestå av materialer som skumglass, lettklinker eller polystyrenplater. På steder med lite frost kan man også øke tykkelsen på forsterkningslaget for å sikre mot frostskafer. [9, s. 194, 195].



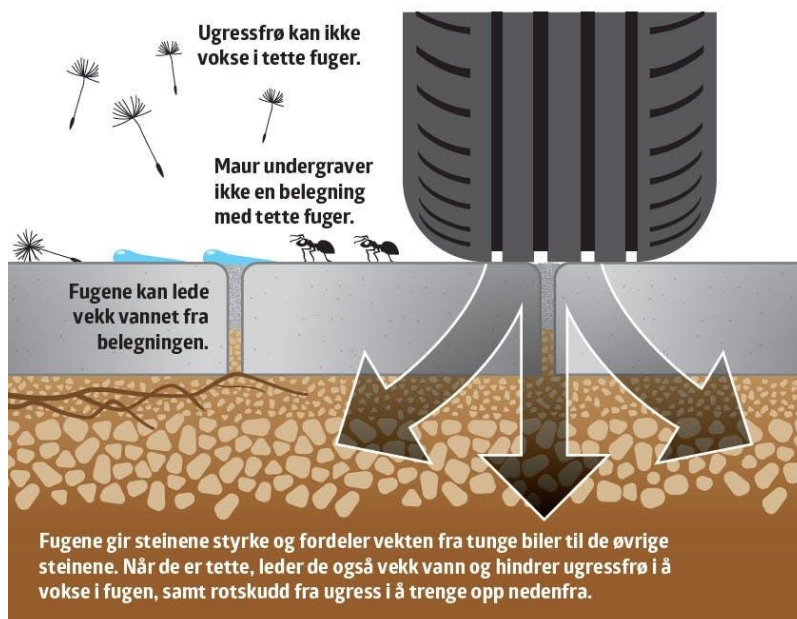
*Frostsikring av veg med ekspandert polystyren, XPS ([9] s195)*

## Undergrunn:

Undergrunnen består av jord- og steinmassene som befinner seg under overbygningen. For at overbygningen skal kunne fungere som tiltenkt, er det viktig at undergrunnen har tilstrekkelig bæreevne. Det finnes ulike metoder for å øke styrken til undergrunnen, for eksempel ved komprimering, senkning av grunnvannsstanden eller ved å legge ut en ny undergrunn. En ny undergrunn kan konstrueres av lokale materialer som ikke kan benyttes i fundamentet. Økt styrke til undergrunnen kan også redusere behovet for tykkelse på overbygningen. Steinfylling, grus, sand, morene, silt og leire er eksempler på materialtyper som kan forekomme i undergrunnen, og valg av materialer avhenger av lokale grunnforhold og forventet belastning. Det er også viktig å ta hensyn til faktorer som grunnvannstand, telefarlighet og erosjon når man velger materialer og dimensjonerer undergrunnen. [9, side 300] og [26side 171]

## Fuger:

Fuger er et produkt som brukes for å fylle mellomrommene mellom steinene, som sikrer at steinene er stabilt plassert, og forhindrer at de løsner seg eller at de blir fjernet ved å binde alle steinene sammen som en helhet. Hovedfunksjon er å overføre belastninger. En riktig utført fuge fører til at noe av belastningen som oppstår på en belegningsstein overføres til steiner som ligger rundt. Studiene har vist at riktig fuge kan gjør at vertikalspenning under belastet stein blir opptil 66% av selve kraften som er satt på steinet [11, s. 36], [27] bilde under viser hvordan fuger hjelper med lastfordeling



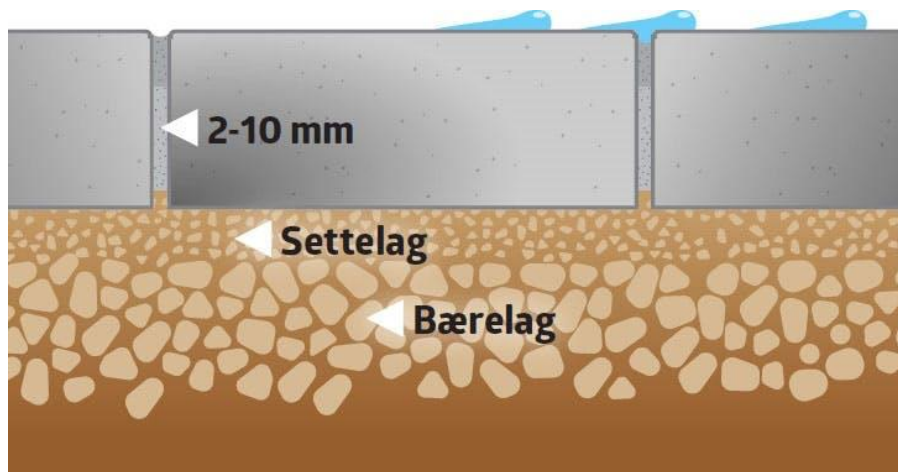


Fuging kan gjennomføres på to måter, avhengig av forholdene under utførelsen og værforholdene før og under arbeidet. Enten kan det utføres tørrfuging eller våtfuging.

Tørrfuging innebærer å bruke tørket fugesand og sørge for at fugene mellom steinene holdes helt fri for fuktighet. Dette kan være en utfordring i et typisk norsk klima.

Våtfuging bruker vann til å fuge steinene. Ved å børste overflaten med vann, kan man få fugesanden til å trenge ned i fugene i passende mengde. Vannforbruket justeres i henhold til værforholdene, fugebredden og fugematerialet som brukes. Selv om det brukes en relativt stor mengde vann, unngås høytrykksspyling.

Fuger til belegningsstein skal fugebredden være mellom 2-5 mm og ofte laget av fin sand, sement eller betong, og fungerer som en slags lim. Noen fugeprodukter er også utstyrt med vannresistente egenskaper, som gjør at de er mer motstandsdyktige mot råte og korrosjon. Riktig valg av fugeretning i forhold til fallretningen vil bidra til en rask horisontaltransport av overflatevann [29 side 51]



Figur viser fuge og lagene under [27]

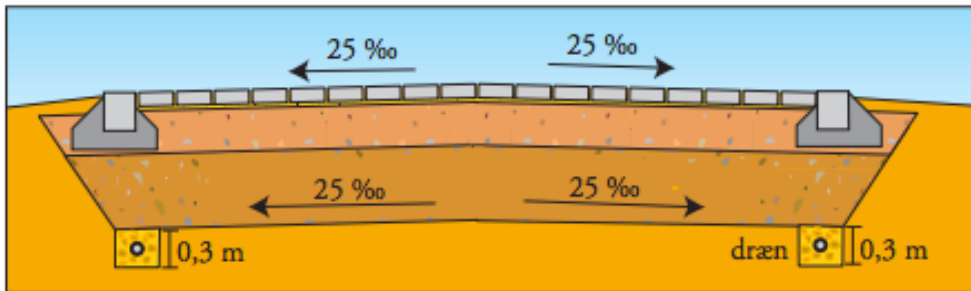
Fugebredden avgjør hvilken kornstørrelse som passer best til fugesanden. Vanligvis fungerer skarptkantet sand i størrelsen 0/2 godt. Fugesandens funksjonalitet er mest kritisk i de første månedene etter at den er påført. Trafikk og rengjøringsutstyr kan øke risikoen for at fugesanden blir sugd ut av fugene, noe som kan føre til at fugene ikke blir fullstendig fylt. For å redusere risikoen for dette, anbefales det at fugesanden inneholder mellom 2,0% og 9,0% finstoff (materiale mindre enn 0,063 mm). [6 side 17]

En betydelig andel av veiskadene skyldes vann i underlaget. Dette kan ofte skyldes feil bruk av fugemateriale eller manglende fylling av fugene mellom veidekket.

#### Vannhåndtering:

For å sikre både kjøretøyenes og fotgjengernes sikkerhet og komfort, er det viktig å anlegge en tilstrekkelig bratt helning på veien eller plassen, slik at vannet kan renne effektivt bort fra overflaten.

Dersom vann samles på veien eller plassen, kan dette føre til farlige situasjoner som vanddammer eller isete områder ved kjølige temperatur, og det er derfor viktig å sørge for tilstrekkelig drenering for å unngå slike farer. Det er mange faktorer som innspiller sammen her for å ha beste drenering. Riktig valg av fugeretning hjelper med å lede vann raskere til fallretning. Det bør brukes et tverrfall på 2% for fortau og 2,5% for veier. På plasser skal det forsøkes å nå et fall på 2 %. Dette er vanligvis nok til at det ikke samles vann på overflaten.

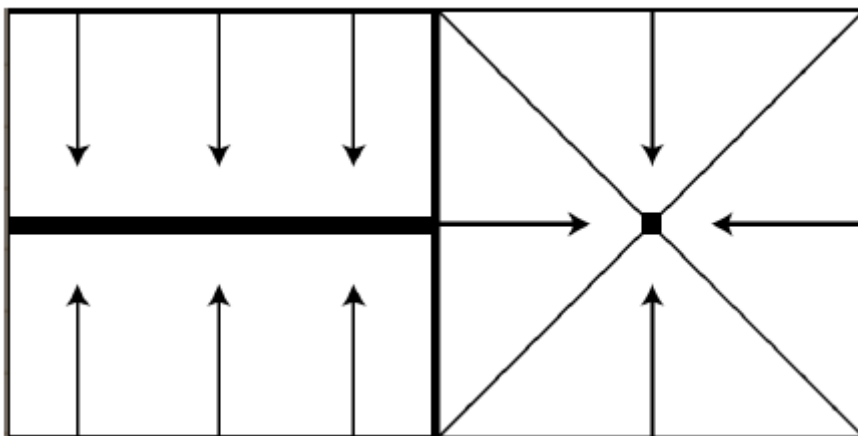


Figur viser tverrfall helning på gate. [28]

Det finnes vanligvis to måter for å lede bort vann fra et område det er linjedrenering og punktdrenering. Linjedrenering gir vanligvis den mest effektive løsningen.

Når det gjelder linjefjerning, er det enkelt å lage tilstrekkelig fall for å flytte vannet bort fra et område. Men denne metoden kan være utfordrende når det gjelder slamtømming, som bør utføres regelmessig for å opprettholde effektivitet og forhindre blokkering av dreneringsrørene.

Punktfjerning der en etablerer et nettverk av dreneringsenheter som sluk, er mer krevende med hensyn til etablering av gode fallforhold. Men slamtømming er som regel enklere. [29 side 51]



Figur Linjeavrenning og punktavrenning. Hentet fra [11, s. 30].

Fundamentet er også viktig for drenering, det er viktig å unngå at settelaget blir mettet av vann, hvis det skjer så kan det føre til skade og redusert bæreevne over tid. Dermed bør det tas hensyn til

drenering av både dekket og fundamentet når man planlegger og bygger en vei eller annen type konstruksjon.

Omtrent 30% av vannet som ligger på overflaten trenger gjennom fugene og ned i settelaget, og dette må dreneres ut. Etter en stund vil fugene gradvis bli tettere og dermed redusere vanngjennomstrømmingen til omtrent 5%. Selv om man forseglar fugene, vil vanngjennomstrømmingen fortsatt reduseres, men det vil likevel alltid være noe vann som vil trenge ned i settelaget og må dreneres ut. [29 side 51]

Dersom det oppstår kraftig nedbør i løpet av en dag eller flere, kan dreneringssystemer bli ineffektive. Selv om dreneringssystemet er av høy kvalitet, vil det kunne bli mettet av vannet, noe som kan resultere i dannelsen av vanddammer. Eksempel på dette er når man åpner vannkran med fullt trykk etter en mengde så skal vasken bli tett. Selv om den har en sluk som passer vanlig bruk. [28]

## Produksjon av vanligbelegningsstein

Belegningsstein av betong er fremstilt av en kombinasjon av sand, stein, sement og vann. Disse komponentene blir nøye blandet sammen for å danne betongmateriale. Betongen fylles i støpeformen og utsatt for vibrasjon og press fra presseplater som former overflaten på belegningssteinene. Deretter fjernes formene umiddelbart, og betongvarene transporteres på å støpe plater til herdehallen. Etter ett døgn i herdehallen, blir belegningssteinene palletert og transportert til ferdigvarelageret, der den siste fasen av herdingsprosessen tar sted. Spesielt for betongvareproduksjon brukes en jordfuktig betong som muliggjør en rask av forming og transport til herdehallen. Denne betongen har et gunstig vann/semment forhold og er forholdsvis tørr, noe som gir en betydelig økning i betongstyrke. Betongvaremaskiner kan tilføre betongen stor vibrasjonsenergi, som sammen med den tørre konsistensen komprimerer betongen til en tett og meget sterk form. Det brukes ofte flere forskjellige fraksjoner av sand- og steinmaterialer for å oppnå en gunstig kornsammensetning, som i sin tur gir økt tetthet i betongen. Betongblandingen kan deretter settes sammen på en måte som gir produktet ønskede egenskaper, inkludert høy styrke. Sementen som brukes gir betongen dens karakteristiske grå farge. [31]

Det er viktig at betongbelegninger blir korrekt utført, for å oppnå en lang levetid på dekket. I tillegg er det viktig at alle faser i leggingen utføres på riktig måte slik at man unngår problemer i etterkant

## Legging av belegningsstein

Når man legger steinene, må man sørge for at fugebredden er mellom 2-5 mm for å unngå at betong kommer i kontakt med steinene. Dette vil redusere risikoen for avskallinger på kantene ved å tillate små bevegelser i belegningen. Det vil også være enklere å holde linjene rette, og det vil være praktisk å fylle fugene med sand som har en kornstørrelse på 0-4 mm ved å feie eller vanne den ned i fugene. Før man fyller fugene, må man sjekke om fugeskjøtene ser bra ut. Det kan være nyttig å stramme en snor for å sjekke om belegningen er rett [32]

Etter leggingen av steinene, må man sjekke at overflaten har riktig helning for å sikre at vannet kan renne av, og at lengdeprofilen samsvarer med det planlagte. For å oppnå en overhøyde på 5-10 mm ved kumlokk og lignende etter komprimering, skal steinene legges med en overhøyde på 10-15 mm. Ujevnheter måles ved å bruke et 3 meter langt rett holdt som legges i lengderetningen mellom to støttepunkter, og eventuelle uregelmessigheter må ikke overstige 10 mm i denne retningen. Målingen skal foretas mellom to støttepunkter.

Etter man har legget steinene så skal fugene fylles med fugesand og steinene renses grundig før vibrering starter. Sand fra avrettingslaget presses i fugene under vibreringen. Avhengig av sandtype og vibrering fylles fugene 5-20 mm nedenfra og opp ved vibreringen. Det anbefales å unngå å bruke geotekstiler under belegningssteinene for å ikke påvirke vibreringen og fyllingen av fugene.

Av og til så er det viktig å fylle sand i fugene flere ganger, og i fuktig vær kan det være nødvendig å vanne ned fugematerialet. Det er viktig å begrense vannmengden for å unngå oppbløting av bærelaget. [32]

## Vedlikehold:

Hvis belegningen vedlikeholdes regelmessig, kan den ha en levetid på 30-40 år. Dette betyr at belegningsstein kan være en mer kostnadseffektiv løsning på lang sikt enn mange andre dekkematerialer. En fordel med belegningsstein er at den enkelt kan repareres ved å bytte ut de skadede eller slitte steinene, og de kan også gjenbrukes ved ombygging av området. [6 side 63-64]

Når belegningssteinene legges riktig og grundig, kan man redusere kravene til vedlikehold betydelig. Problemer som oppstår med belegningen, er ofte på grunn av mangelfull planlegging eller utførelse.[11, side 39]. Et av de viktige vedlikeholdsoppgavene er etterfuging som vil sikre at belegningssteinene ligger stabilt og jevnt, og at de ikke skaper ubehagelige hulrom eller ujevnheter i dekket [11, s. 38]. fjerning av ugress og alger som kan vokse mellom steinene og ødelegge stabiliteten og utseendet på belegningen. Periodisk vasking av dekket kan også være nødvendig for å fjerne skitt og smuss som kan samle seg over tid. [11, s. 38-40].

## Utførelse:

Å legge fundamentet på riktig måte er avgjørende for å sikre en solid og varig overflate. Nøyaktighet og grundighet er nødvendig gjennom hele prosessen, fra planlegging til ferdigstillelse.

En av de vanligste årsakene til kortlevetid i belegningsstein er relatert til dårlig installasjon. En viktig del av installasjonsprosessen er å sikre et solid fundament som kan støtte belastningen fra belegningssteinen. Dette kan oppnås ved å følge anbefalte prosedyrer for utgravning, grunnarbeid og drenering. Det er også viktig å velge riktig type stein og dimensjoner for prosjektet og sørge for at den installeres på en jevn overflate. [28] Dårlig planlegging og utførelse kan føre til problemer med overvannshåndtering. En av de største utfordringene er vanddammer som kan være farlige og irriterende. Dette kan skje hvis det ikke er nok fall på overflaten, slik at vannet ikke kan renne av. I stedet vil vannet samle seg i lavpunkter og skape vanddammer som kan føre til glatte partier på belegningen, spesielt når det er kaldt, og gjøre belegningen farlig å gå på. En viktig faktor er å sikre at dekket har en tilpasset helling som leder vannet bort fra overflaten og ned i et avløp. Et resulterende fall på dekket vil sikre at vannet ledes bort fra alle lavpunkter, og dermed unngå dannelse av vanddammer. [6,side 10]

Riktig valg av fugeretning kan også bidra til å forbedre overvannshåndteringen på belegningssteinen. Fugeretningen bør være i riktig retning i forhold til fallretningen på dekket, slik at vannet kan dreneres bort fra overflaten så raskt som mulig. Hvis fugene er i en annen retning enn fallretningen, kan de hindre effektiv avrenning av vann, og føre til samling av vann og dannelse av vanddammer. [6,side 10].

I betongtesten som kommer snart har jeg vist hvor viktig er riktig utførelse for å få bedre resultater og lengere levetid. jeg har gått på Stavanger sentrum og observert en del dårlig utførelser. Bildene under



## Patentet belegningsstein:

Patenterte belegningssteinen skiller seg fra andre steiner ved at den er konstruert med et prinsipp om at påført last på steinen vil overføres jevnt til de omkringliggende steinene i belegget. Dette fører til at hele belegningen kan tåle større belastninger enn eksisterende alternativer. I tillegg til denne innovative egenskapen, har det også vært et mål å utvikle en stein med en spesiell utsparing som gjør det mulig å innpasse tekniske installasjoner i belegningen uten at dette går utover steinens styrke. Hvis produksjonen av denne type belegningsstein lykkes, kan det føre til betydelige besparelser på forarbeidet med massene og vedlikehold av belegningen. Denne avanserte tilnærmingen vil også gjøre det enklere å vedlikeholde belegningen samtidig som man opprettholder dens styrke og stabilitet.

Belegningssteinen er konstruert med forskjellige grunn- og toppflater som muliggjør en låsingeffekt mellom steinene for å danne et stabilt beleg. Hver annen stein er lagt med toppflaten vendt ned og låst sammen med steinens kontaktpunkter, mens samtidig et hulrom dannes for tekniske installasjoner og lignende. Steinens ene side er designet som et rektangel, mens den andre siden består av en avlang åttekantet form. Sidene på steinen har totalt 48 skråstilte kontaktpunkter fordelt på to lag, både langs langsidene og kortsidene av steinen. Kontaktpunktene er nøyaktig dimensjonert med en toleranse på 1,0 mm for å sikre at steinene passer sammen uten problemer. For å sikre en bedre låsing, har steinen rektangulære avstandsknaster langs sideplatene og kantinndraget er på 45 grader



Figur viser patentene belegningsstein med silisiumkarbid

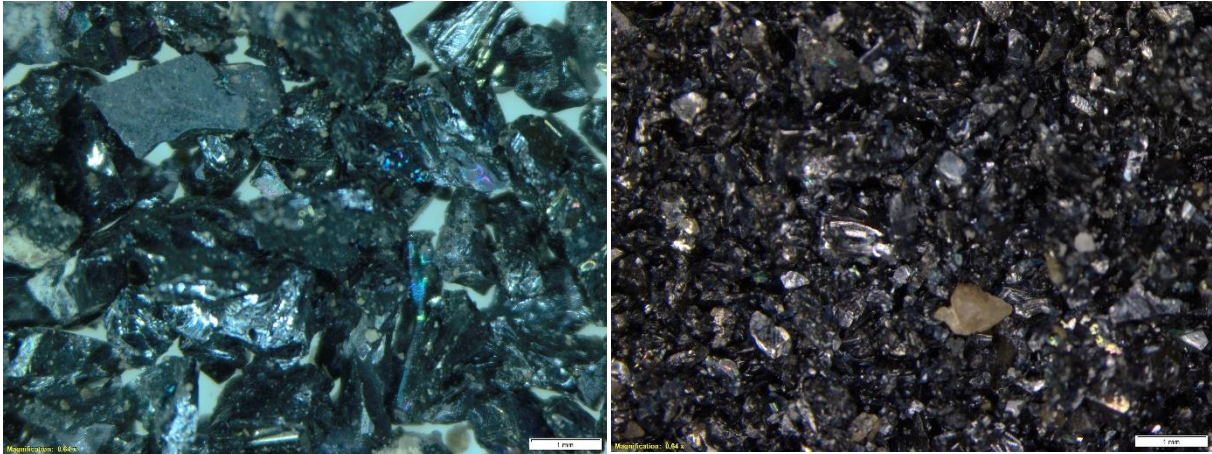
### Silisiumkarbid:

For å forbedre belegningssteinene grep på bilhjul og øke levetiden til dekke, har det blitt undersøkt hvilket materiale som er det hardeste og mest egnet å bruke. Etter nøye vurdering ble silisiumkarbid identifisert som den mest egnede overflatematerialet for å påføre på toppen av belegningssteinene. Påføringen av et belegg av silisiumkarbid på toppen av steinene vil øke grepet på belegningssteinene og forhindre slitasje på dem.

Silisiumkarbid er et materiale som rangeres høyt på Mohs-skalaen, som måler hardheten til materialer. Med en vurdering på 9,5 på Mohs-skalaen, har silisiumkarbid vist seg å være et av de hardeste materialene tilgjengelig, etter diamant som er rangert på 10. Påføringen av silisiumkarbid på toppen av steinene vil derfor øke motstandsdyktigheten til belegningssteinene mot slitasje og dermed forlenge deres levetid.[35]

For å legge silisiumkarbid på steinene var det mange metoder som man kan utføre i, for eksempel å blande med epoksy å legge det over steinene som eget lag, eller å blande med sement som kan sitte fastere på steinene, men ulempen med disse metodene er at man mister den fine egenskapen til belegningsstein som lar det skifte ut en del uten å måtte ødelegge dekket eller ha merker i det i motsatt av asfalt derfor har vi valgt å støpe silisiumkarbid direkte på selve steinene som øverste lag fordi det vil være lettere å bytte ut en stein hvis det skulle oppstå problemer i fremtiden. I stedet for å måtte grave og ødelegge dekket for å fikse eventuelle problemer, kan man enkelt erstatte belegningssteinen med den ødelagte silisiumkarbid overflaten.

I denne oppgaven ble det brukt to størrelser av silisiumkarbid laget fra SIK ABR kvaliteten vi har fått kalles for SIK REF II kvaliteten referer til mengde av andre materialer blandet med (SiC). Typen vi bruker er 95% rent SiC og den blir brukt til murstein og monolitt for masovner, taphulleire, løpere, digler, keramiske filtre. Testene i denne oppgaven ble utført med 0-2 mm og 1-2 mm. Den bli tatt med lysmikroskop bildene er tatt selv etter et kurs i mikroskop



Figur viser (SiC) som ble brukt under mikroskop, til venstre er størrelse 1-2 mm til høyere 0-2 mm i 1mm skala

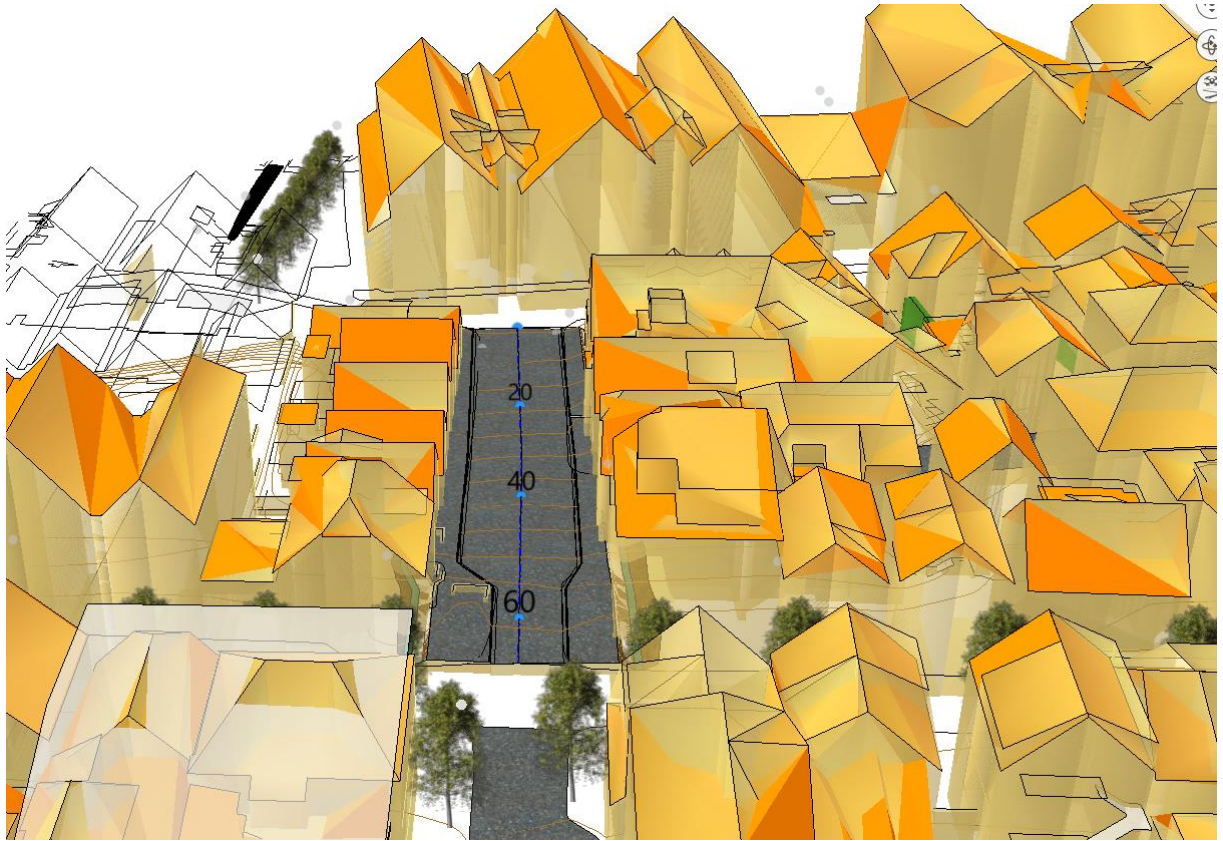
Eksempel på aktuelle bruksområder:

Elon Musk, eieren av Tesla, har presentert ideen om å bygge super tunneler for å redusere trafikkorker. En slik tunnel nettverk ville være vanskelig å vedlikeholde hvis det skulle oppstå problemer, og det er derfor viktig å bruke materialer som har lang levetid og høy toleranse for å minimere sannsynligheten for feil. Silisiumkarbidbelegningssteinene som er enkle å bytte ut, vil være et utmerket valg for slike tunneler. Silisiumkarbid er også et halvledermateriale som kan lede elektrisitet i en viss grad [33], noe som er en ekstra fordel når det kommer til vedlikehold av eventuelle elektriske systemer i tunnelen. [34]



Illustrert bilde som viser tunnelene nevnt over





## Sankt Hans gate

Stavanger kommune har tatt initiativ til å presentere dette problemet på en faglunsi til Universitetet i Stavanger, og nå er det behov for en grundig undersøkelse for å finne en mulig løsning. På grunn av den bratte stigningen skaper dette en utfordring for tunge kjøretøy, spesielt renovasjonsbiler som er nødvendige for å opprettholde renholdet i området. I slike tilfeller vil det være vanskelig for disse kjøretøyene å stå fast på veien under søppeltømming, og de vil skli nedover veien, noe som er farlig for både personer og eiendommer rundt. Undersøkelsen vil fokusere på bruken av patentert belegningsstein for å løse problemet med tung trafikk på en bratt gate i Stavanger sentrum, samt en kombinasjon med ny teknologi for varmeledning. Det er viktig å evaluere om denne kombinasjonen kan gi en trygg og effektiv løsning som kan forbedre situasjonen på gaten.

For å gjennomføre undersøkelsen vil det være nødvendig å analysere egenskapene til de patenterte steinene og deres egnethet til å løse problemene på gaten. I tillegg vil det være nødvendig å undersøke den teknologiske løsningen for varmeledning, og vurdere om dette kan være en egnet metode for å forhindre at kjøretøyene sklir på veien.

Til slutt vil det være nødvendig å trekke en konklusjon om den beste tilnærmingen for å løse problemet med tunge kjøretøy på gaten. Det vil være viktig å presentere denne konklusjonen på en klar og overbevisende måte, slik at Stavanger kommune kan ta en informert beslutning om hvilken løsning som vil være best egnet for deres behov.

Sankt Hans gate ligger i trehusbyen i Stavanger, som er et verneområde der man må søke om tillatelse for å gjøre endringer på bygningene og området generelt. Ifølge reguleringsplanen til Stavanger kommune er denne gaten definert som en offentlig gate.

Kommunen er opptatt av å ivareta stedsidentiteten på området, og derfor kan bruken av belegningsstein være aktuell i dette området, da dette materialet er eldre enn asfalt og har historiske tilknytninger til gamle byer.



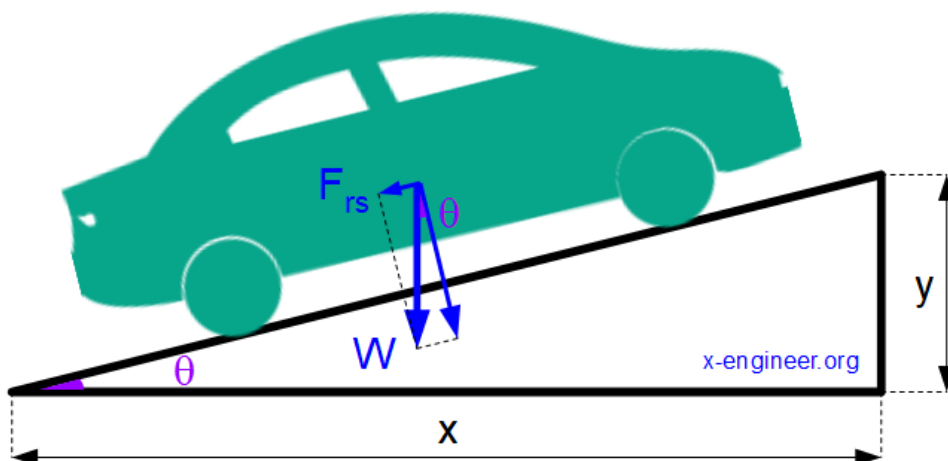
forståelsen til området som gate ligger i skal gi bedre kunnskap om gaten vi skal legge steinene på. Området er regulert som et bolig- og bolig/kontorområde, og det er dermed en vei som blir brukt av både personbiler og lastebiler. Det foreligger ingen konkrete tall fra Statens Vegvesen angående ÅDT (årsdøgntrafikk) for Sankt Hans gate. Imidlertid antas det at trafikkmengden er relativt lav, basert på informasjon om hovedveien Peders gate, som har en ÅDT på 2500 ifølge trafikkdata. Med tanke på at St. Hans gate er en mindre vei som er avledet fra Peders gate, kan man estimere at ÅDT for gaten ligger rundt 300 biler per døgn. Når det er så relativt lavt så er det ikke spesielle krav til telehiv annet enn sørge for at det ikke var risiko for ujevn frostskaade.



Figur viser St. Hans gate merket i gull fra mikro og makro syn

## Beregninger

For å forstå årsaken til at en bil sklir, må vi se på følgende figur:



Det er flere krefter som virker på en bil når den beveger seg, og noen av disse kreftene er viktige for å forhindre at bilen mister grep på veien. Disse kreftene inkluderer friksjonskraft, tyngdekraft og motorkraft som driver bilen fremover. En annen viktig faktor er vinkelen som bilen står i. Når bilen kjører, vil friksjonskraften mellom dekkene og veibanen bidra til å holde bilen stabil og i riktig retning. Tyngdekraften virker nedover og bidrar også til å holde bilen på veien. Motorkraften, som

drar bilen fremover, må balanseres for å unngå at bilen mister grep. Vinkelen som bilen står i, kan påvirke friksjonskraften mellom dekkene og veibanen, og derfor er det viktig å være oppmerksom på dette når man kjører under forskjellige forhold, som for eksempel på våte eller glatte veier.

Gaten har en kraft som drar oss bakover den er kalt på engelsk (Road slope force) Stigningskraft. Denne kraften kommer fra tyngden til kjøretøy går ned over og siden vi har stigning så blir det bakover, kraften vist som W (Se bilde over). Stigningskraft i Stank Hans gate virker mot kjøretøy bevegelse -man kjører oppover og kraften virker bakover-. [36]

### Stigning:

For å bregne stigningskraft bruker vi denne formelen [36]:

$$F_{rs} = \text{Masse} \times \text{Tyngdeakselerasjon} \times \sin \theta$$

En tom søppelbil veier 25 tonn ifølge presentasjon vist i faglunsj, laget av Stavanger kommune

$$F_{rs} = 25000 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 \times \sin 9,6^\circ = 40900 \text{ N tilsvare 4 tonn} \dots\dots\dots(1)$$

Så vi har kraft på 4 tonn som drar bilen bakover og bilen må utføre større kraft for å gå framover

Fra denne formelen merker man at hvis massen blir større så øker kraften som trekker bilen bakover.

Der er derfor man ser problemet med tungebiler mer enn personlige biler som er ca 2,5 tonn

### Energi:

For å regne energi vi trenger til å gå fram så må vi bruke (road slope power) og da må vi gange kraften med farten for å få energi. Jeg antar at bilen må gå i lav fart når det er så stor helning [36]. Farten er 3 km/t

$$P_{rs} = F_{rs} \times V$$

$$P_{rs} = 40900 \text{ N} \times 0,83 \text{ m/s} = 33947 \text{ W} \approx 34 \text{ kW}$$

34 kW tilsvare til 45 hestekrefter, det vil si at alle biler kan gå opp den bakken med fart på 3. men hvis føreren velger å gå den opp på fart rundt 30 km/t da blir der 341 kW som tilsvare til 457 hestekrefter og da er det nesten ingen biler som kan kjøre opp denne gaten. [36]

Ut fra disse beregninger så ser man at bilen må på føre 34 kW energi for å klare å gå opp bakken uten å tenke på vindmotstand og friksjon på hjul.

Formen viser at hvis farten, massen, eller farten sinker så skal energi minke og da trenger kjøretøyet mindre energi, det gir forståelse for krav til nedkast og identifikasjonssystem laget av BIR privat as [37 Side 22]

### friksjonskoeffisient

For å regne friksjonstallet og akselerasjonen til gaten så må vi beregne tyngdekraft som er:

$$F_n = \text{Masse} \times \text{Tynngdeakselerasjon} \times \cos \theta.$$

$$F_n = 25000 \times 9,81 \times \cos 9,6^\circ = 241815 \text{ N} \dots\dots\dots (2)$$

Friksjonstallet til steinene: [38 Side 4]

$$\mu (\text{friksjonskoeffisient}) = \frac{F_{rs} (\text{Bremsekraft})}{F_n (\text{Tynngdekraft})}$$

$$\mu = \frac{40900 \text{ N}}{241815 \text{ N}} = 0,17$$

Dette tallet skal være mellom 0 og 1 der. Høyeste verdi gir best veigrep. Jeg har fått at friksjon tallet til en søppel bil på 25 tonn skal være ganske lavt som 0,17 det tallet defineres som en gate med våt is så gaten er ikke trygt å kjøre på [38 side 6]. Siden bilen sklir bakover så vil det si at glidefriksjons har blitt større enn hvilefriksjon derfor kan biles ikke stanse effekt på bilen. Derfor er det en aktuell løsning å bruke belegningsstein som øker friksjonen og gir bedre grep

### Beregning diskusjon:

Statens vegvesen bruker ikke disse metodene som ble brukt over. De har spesielle maskiner og utstyr som kalkulerer nøye. Beregningene ble gjort for å gi bedre forståelse til grunner til at søppelbilen sklir og kreftene som påvirker.

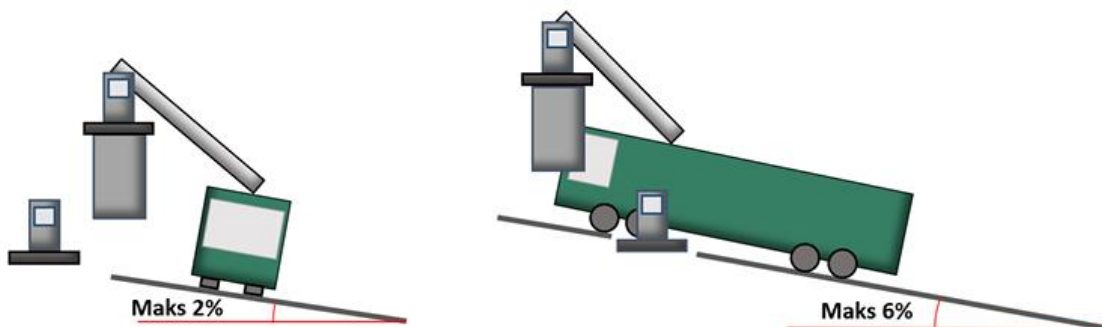
## Krav til gate

fra Renovasjonsteknisk Veileder til maksimal helning oppstillingsplass til kranbil er:

Tverrfall: 2 %

Lengderetning: 6 %

[37 Side 26]



(Illustrasjon av maksimalt håndterbar tverrfall og helning i lengderetning for kranbil i tømme Ferdelsårer myke trafikanter i. situasjon.)[37 Side 26]

I dag følger ikke Stanksgata kravet til lengderetning, da den er 17% i dag. Dette er mye høyere enn det maksimale tillatte avviket.

### Høydeprofil

Sjøpeldunkene ligger på 12,3 moh

Punkt A på kartet er start punkt på grafen og den ligger på 13,5 moh

Punkt B på kartet er slutt punkt på grafen og den ligger på 1,7 moh

Profil lengde 73 m



For å regne stigningen på gate så bruker vi følgene:[39]

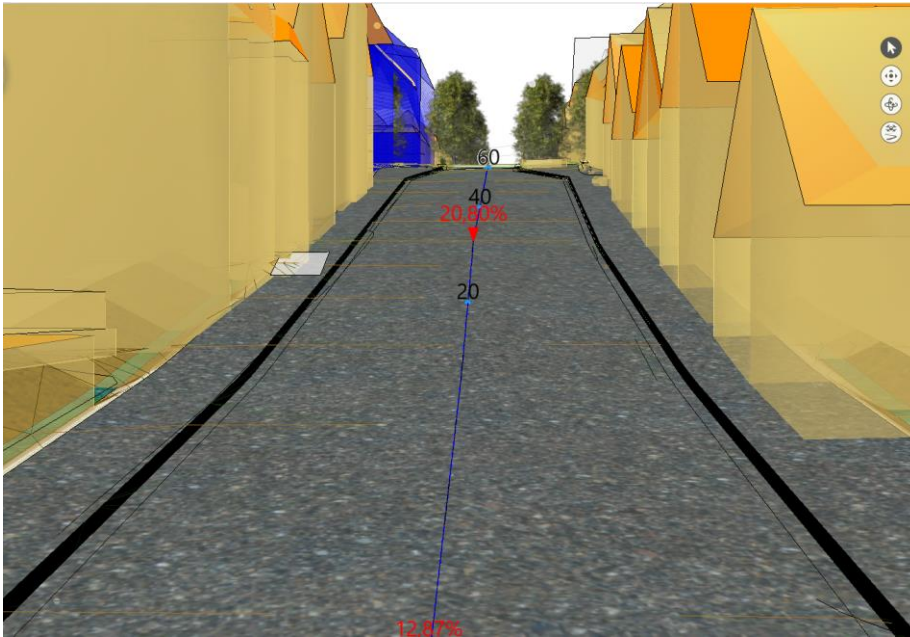
1) stigning vinkel:

$$\tan^{-1}\left(\frac{12,3}{73}\right) = 9,56 \approx 9,6^\circ$$

2) stigning prosent:

$$\tan(9,6) \times 100 = 16,91 \approx 17\%$$

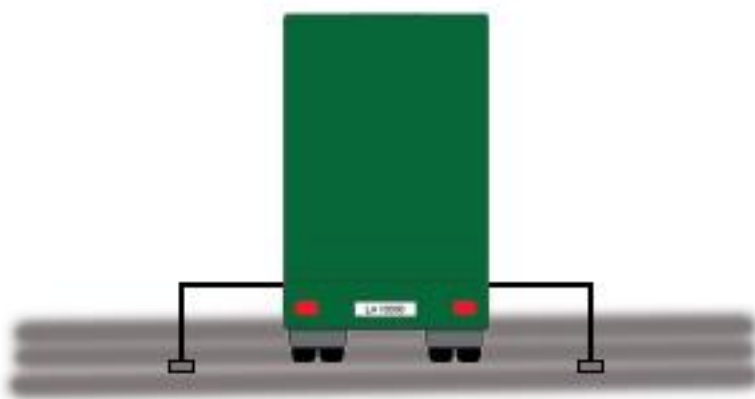
Virkeligheten er langt fra veiledning



Bilde i Novapoint viser gaten

Støttelabben:

Det er veldig viktig i denne tilfelle å bruke støttelabbene i St. gate fordi da vil støttelabbene hjelpe med å fordele moment som blir påført til selve bilen fra kranen samt ha mer overflate på bakken noe som gir større friksjon overflate i tillegg til tyngden som kommer i labbene, deg gjør bilen festere på gaten samt hjelpe med å over gang av kreftene til bakken



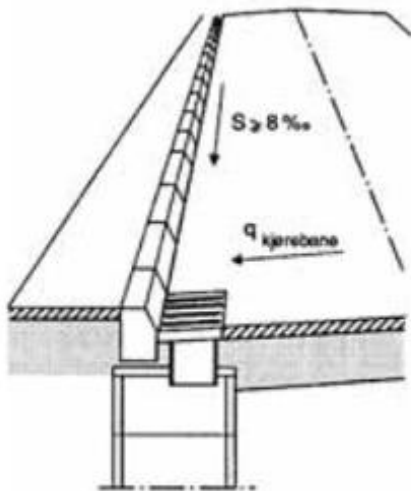
Figur viser lastebil med labbene strekket

## Vannhåndtering

St. Hans gate leder vannet som en kanal for overvann fra Peders gate og fra toppen av gaten. I tillegg kommer vannet fra nabogaten fra midten av St.gate, og alt dette samles opp i gaten, noe som skaper store mengder av vann som samler seg på slutten av gaten og oversvømmer området nær hotellet. Dette skyldes både at slukene ikke har tilstrekkelig kapasitet til å håndtere all vannmengden, og at søppel og avfall samler seg i slukene og hindrer effektiv avrenning.

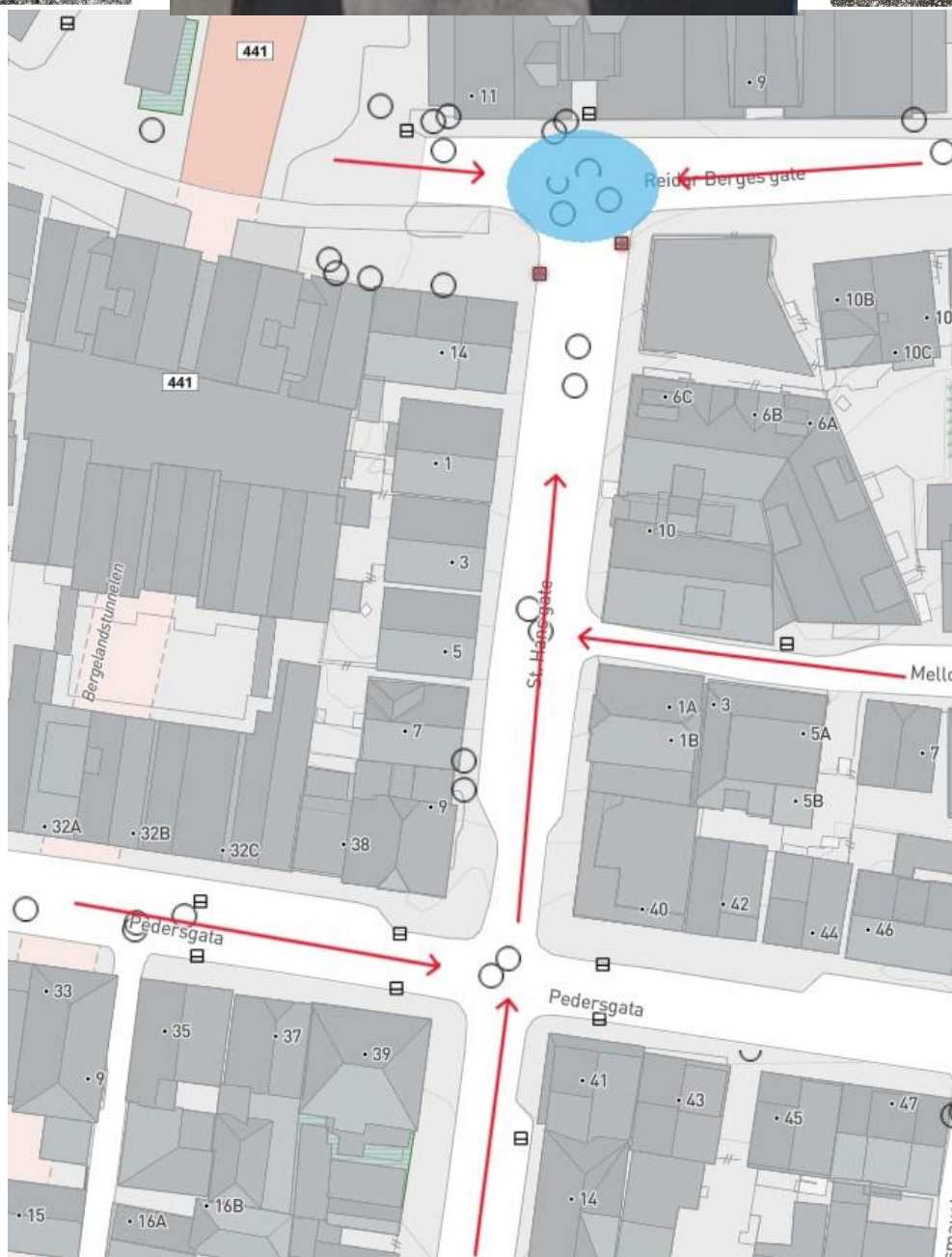
Situasjonen i St. Hans gate utgjør en utfordring for effektiv håndtering av overvann, da både mengden og kvaliteten på avrenningsvannet utgjør en risiko for oversvømmelser og forringelse av vannkvaliteten. Den ineffektive dreneringen og opphopningen av avfall i slukene fører til store mengder vann som samles opp og forårsaker oversvømmelser.

Det er totalt 14 kummer i gaten hovedfunksjon til disse kummene er ikke å drenere vannet fra gate men hvis det blir for mye regn og blir kummene oversvømme så skjer det lekkasje og går lite vann i de. Imidlertid er disse kummene mindre effektive, ettersom de befinner seg i midten av gaten, og dermed ikke har fall retning mot dem. Figuren under viser hvordan vann beveger seg i en gate



Figuren nede viser slukene i gaten med en firkant form. Man kan merke at det finnes to sluk ned i gaten. Da jeg var på befaring så var begge slukene halv tette de er markert med oransje. Område markert med blå er vann samling. Røde pilene viser hvor vann kommer fra





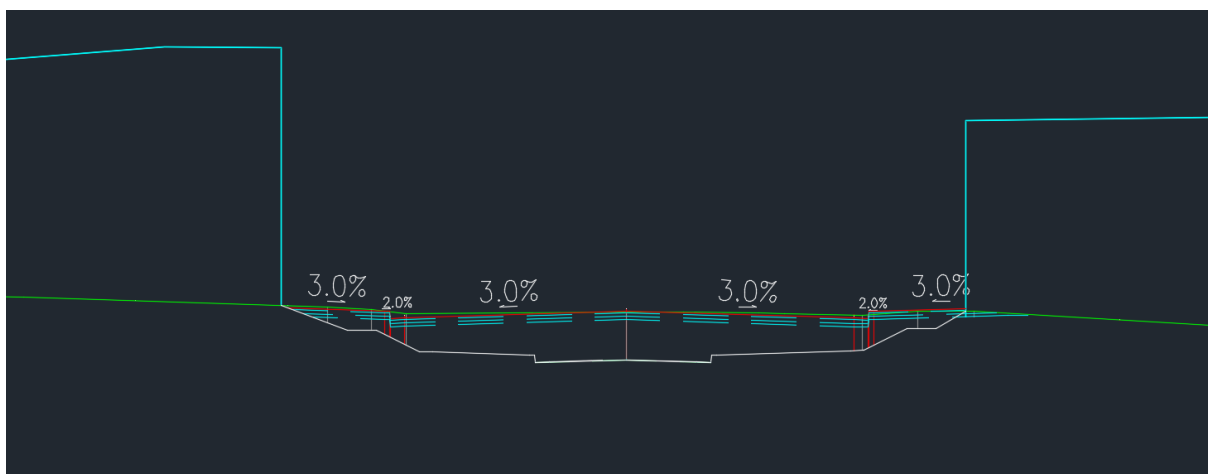
## Forslag til overvannshåndtering:

For å fikse oversvømme problemet, vil jeg anbefale å installere et dreneringssystem 1 meter fra hver side i tillegg til det som finnes i dag. Dette vil bidra til å forbedre dreneringsevnen betydelig og hindre oppbygging av vann langs gaten. Det vil også bidra til å forhindre skader på veien på grunn av oversvømmelser.

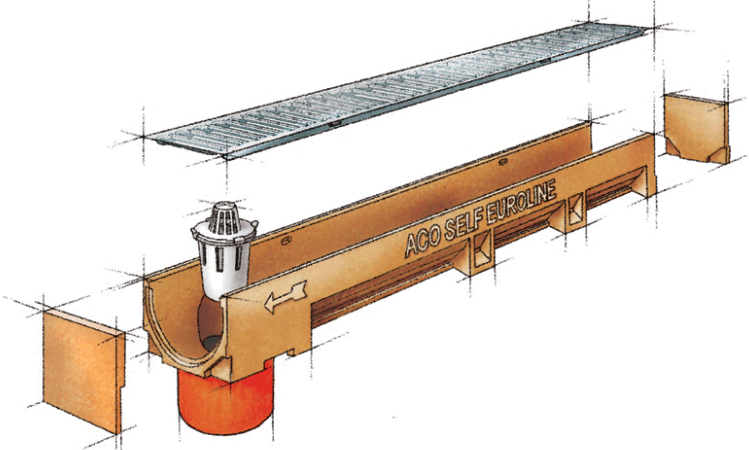
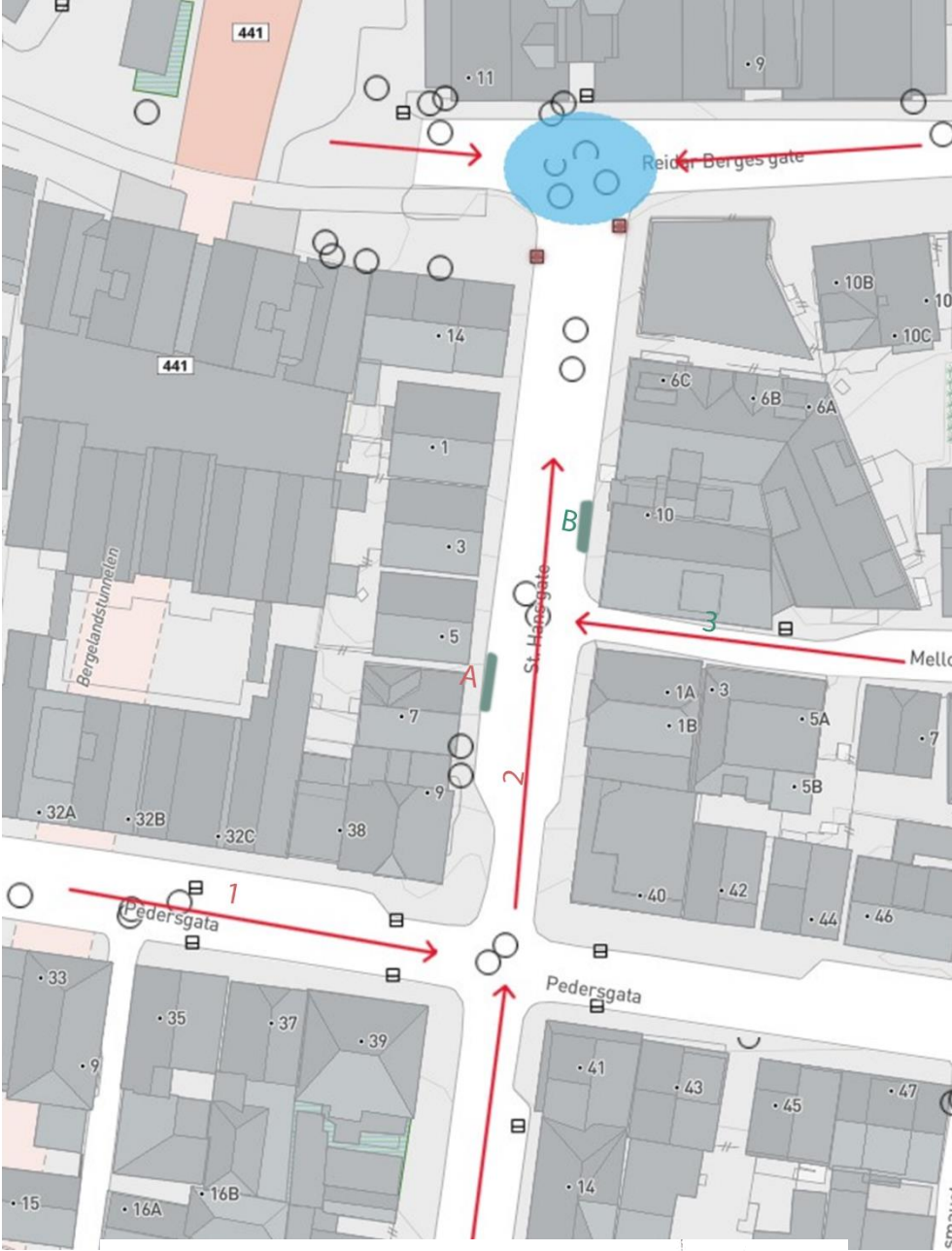
Årsaken til å installere det nye dreneringssystemet på sidene, og ikke midt i gaten, skyldes at gaten har en tverre profil på 3%, noe som betyr at mye av vannet naturlig renner mot sidene. På grunn av dette er det ikke nødvendig å installere dreneringssystemet midt i gaten, da det vil være mindre vann der. I tillegg er det mer sikkert for biler som kjører over.

Gitt at tunge kjøretøy vil kjøre i denne gaten, vil jeg anbefale at et dreneringssystem som er spesielt utviklet for å tåle høye belastninger og trafikk, blir benyttet. Asak Miljøstein tilbyr ACO Drain S100K - S300K, som er et svært kraftig dreneringssystem som er ideelt for områder med tung trafikk. Dette dreneringssystemet er spesielt designet for å tåle store belastninger og er egnet for bruk i områder med tung trafikk og høyt trafikkvolum det finnes andre typer fra andre leverandører som er like gode å bruke.

å ha riktig drenering er viktig for fundmente og selve dekke Hvis vannet samler seg og står lenge på gaten, kan det føre til at bæreevnen svekkes og dekket blir skadet. Dette skyldes blant annet at vann kan trenge inn i porene i dekket og øke trykket, noe som kan føre til sprekker og deformasjoner. I tillegg kan vannet føre til økt slitasje og korrosjon på gatetilbehør, som kummer og sluker. Over tid kan dette føre til høyere vedlikeholdskostnader og behov for større reparasjoner. Ved å sørge for god drenering kan man derfor beskytte både veidekket og infrastrukturen under, og sikre en trygg ferdsel på gate.



Figur viser plassering av nye drenering systemene der A tar det fleste som kommer fra 1 og 2 siden falle fra 1 skal ta laveste retning. Fall fra 2 fordeler seg på begge sidene. Fall fra 3 går til punkt B

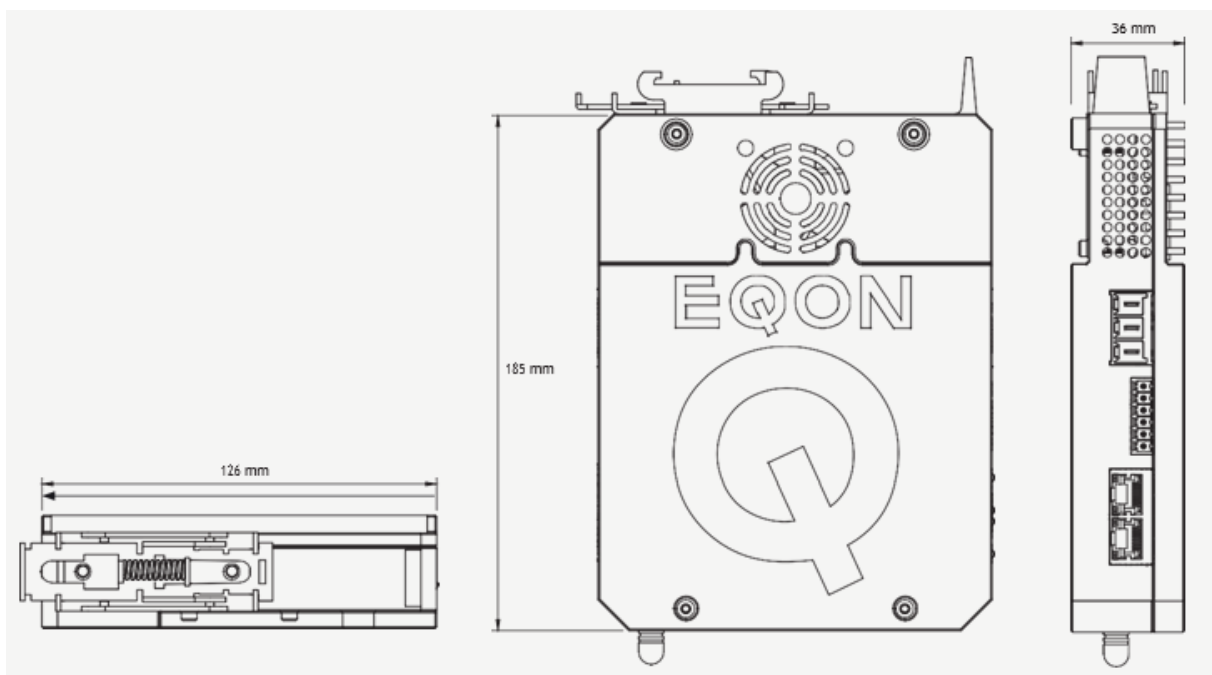


## Varmeledning:

En annen grunn som kan føre til at biler mister veigrepet i St. Hans gate er værforholdene. Etter nedbør eller på grunn av høy luftfuktighet kan det oppstå en betydelig mengde vann på veibanen som fryser, og dermed danne et islag på overflaten. Dette fører til at friksjonen mellom bildekkene og veibanen reduseres, og dermed reduseres også veigrepet og det kan føre til farlige situasjoner på veien, da det kan være vanskelig for bilførere å ha kontroll over kjøretøyet.

EQON AS har utviklet en ny teknologi som kan hjelpe til med å optimalisere varmebruk og samtidig redusere energiforbruket. Ved å justere varmekablene som er installert i belegningssteinene individuelt, kan man tilpasse varmen til ulike værforhold og temperaturer, som for eksempel ved is eller glatt føre på veien. Dette kan bidra til å redusere risikoen for ulykker og øke sikkerheten på veiene.

## Teknisk informasjon om EQON systemet: (Tatt fra EQON)



## Spesifikasjoner:

Hus:	Aluminium (anodisert)
Mål:	L 185mm x B 126mm x H 36mm
Vekt:	0,8 kg
Inntrengningsbeskyttelse:	IP20

Strømforsyning Spenning - Hovednett: 230 VAC +/-10 %; 50/60 Hz

Strømforsyning Spenning - Kontrollenhet: 24 VDC

Maksimal strømutgang – hovedstrøm: 32 A / 230 VAC

Kontrollområde for effektutgang: 0 – 100 %

Temperatur Utgangsnøyaktighet: 0,2 degC

Strømforsyningsklemmer - Hoved: Opptil 3 x 10 mm<sup>2</sup>, avhengig av krets

bryterstørrelse, kontakt Phoenix Contact LPC 6/3-ST-7,62

Strømforsyningsklemmer – Styreenhet: 2 x 1,5 mm<sup>2</sup>, kontakt Phoenix Contact

FMC 1.5/2-ST-3.81

Strømutgangsklemmer: Opptil 3 x 10 mm<sup>2</sup>, avhengig av effektbryterstørrelse, kontakt Phoenix

Contact LPC 6/3-ST-7,62

Strømforbruk - Kontrollenhet: < 3 W

Internminne: 15 dager

Sensorinngang: 2 x PT100 kablet, IoT trådløst grensesnitt (krever internetttilgang)

Sensorinngangsterminaler: 4 x 1,5 mm<sup>2</sup>, 2 kanaler, kontakt Phoenix Contact FMC 1.5/6-ST-3.81

Sensorinngangstemperaturområde: -40 °C til +150 °C

Omgivelsestemperaturområde: 0 °C til +40 °C

Lagring Temperaturområde: -20 °C til +50 °C

### **Installasjon:**

Område: Sikkert område (Stank Hans gate)

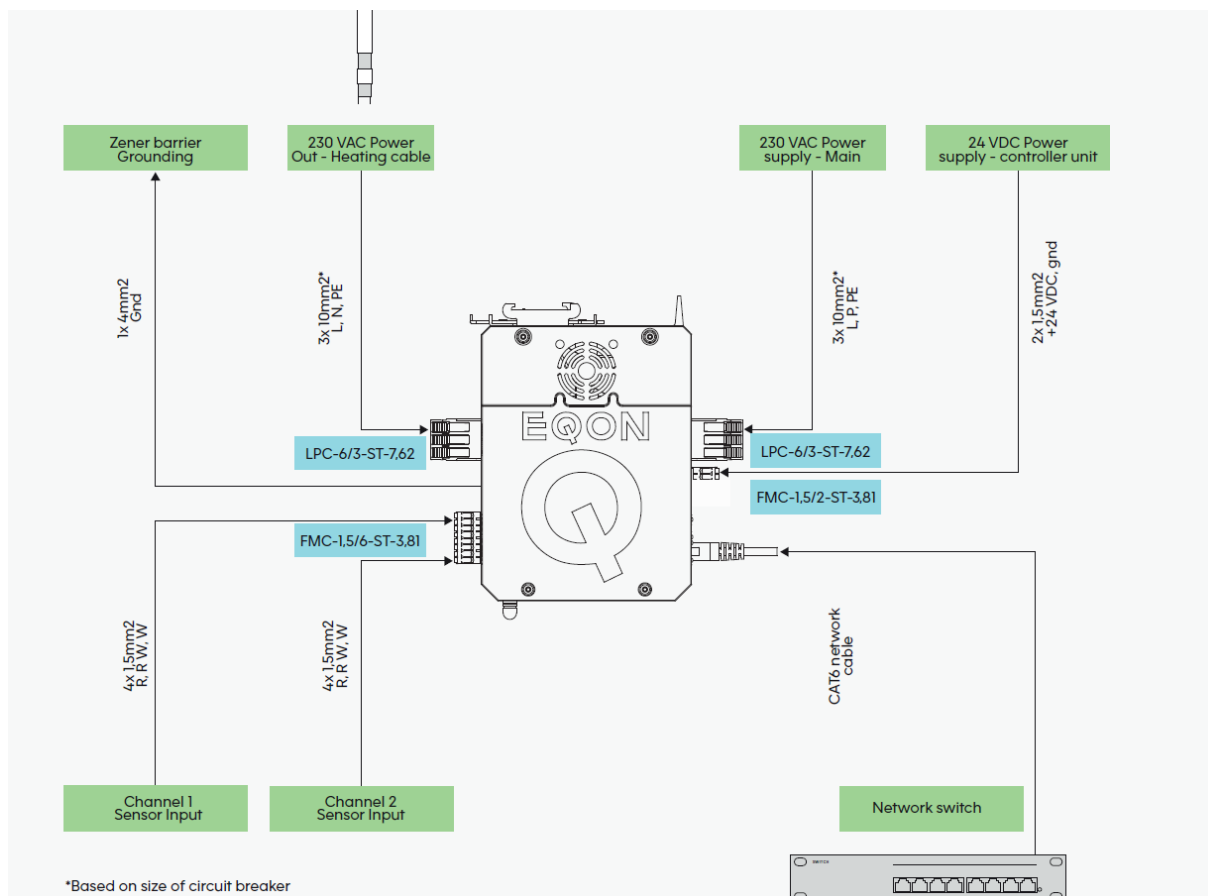
Metode: DIN-Rail, 35 mm, Skap

Applikasjon: for alle typer varmekabler

Konfigurasjon: EQON Webserver-grensesnitt

Strømbryter: Bransjestandard, med jordfeil, beskyttelse nødvendig (levert av andre)

### **Koblingskjema:**



## Kommunikasjon:

Type: Kablet Ethernet, WiFi 2,4 GHz

Protokoll: TCP/IP

Kabel: CAT6, kontakt type JD

Lengde: maks 100 m

Bitrate: Opptil 1 Gbit/s

Antenne: Inkludert, 2,4 – 2,5 GHz for WiFi/Bluetooth

## Utganger:

Grønn – systemet kjører

Lysindikasjon: Rød – System kjører, m/alarm

Hvit – Enhetens oppstartssekvens

Strøm utgang (A), Utgangsspenning (VAC),

Tekniske verdier: Effektutgang (W), Kabelisolasjonsverdi  
(Ohm), Referansetemperatur (degC) (hvis tilgjengelig)

### Sikkerhet:

Godkjenninger: CE

Samsvar:	EMC	IEC61000-6
	IP	IEC60529
	Elektrisk sikkerhet	IEC61010-1
	Vibrasjon	IEC60068-2-6
	RoHS	IEC63000

Teknisk informasjon om EQON systemet er tatt fra EQON AS.

### EQON test:

EQON AS og Stavanger kommune har gjennomført en test av strømstyringssystemet EQON ONE i Olavskleivå - bratt skråning som går fra Lars Hertvigs gate opp til Løkkeveien - for å demonstrere teknologiens evne til å redusere strømforbruk, øke oppetiden og muliggjøre sanntidsovervåking av varmesystemet. Testen viste at EQON ONE reduserte strømforbruket med 84% over en testperiode på 3 uker sammenlignet med eksisterende løsninger. Det ble estimert et samlet strømforbruk på 45 696 kWh for alle 28 kurser. Basert på testresultatene og antatt virkeperiode på 4 måneder pr år, kan EQON ONE redusere strømforbruket ned til 7 272 kWh, en reduksjon på ca. 38 400 kWh pr år. Under testen ble det dokumentert at EQON ONE-styrte varmesløyfen leverte nok varme til å holde gangveien is- og snøfri, og det ble også avdekket mangler ved eksisterende varmesystem.

Fordelen med denne teknologien er at den muliggjør lavere energiforbruk, lavere utslipp av klimagasser og redusert forbruk av råvarer og byggematerialer, man kan regulere hver enkelt varmekabel, noe som gir fordeler som lavere strømkostnader, reduserte kostnader for drift og vedlikehold og bedre tilstandskontroll av varmesystemet, i motsatt til dagens varmesystemer som er enkelt designet og styres med lokal termostatstyring. EQON demonstrerer et integrert styringssystem med en skybasert tjeneste og egenutviklet programvare som vil inkludere funksjoner for varsling av tekniske feil.

EQON ONE leveres EQON ONLINE som er en programvare som gjør det mulig å integrere og styre alle EQON ONE enheter som et integrert system, og gir kontinuerlig overvåking av hvert enkelt

varmeelement. Programvaren varsler umiddelbart om eventuelle feil eller skader på varmesystemet ved hjelp av en alarmfunksjon, og samler data og informasjon i sanntid for helhetlig energistyring.

Utførelse av testen:

To EQON ONE kontrollere ble installert i eksisterende strømforsyningsskap. Den ene kontrolleren ble benyttet som referanse, dvs. at den målte strømtrekket til en kurs som styres av eksisterende termostatstyring. Den andre kontrolleren ble koplet for «aktiv» EQON ONE strømstyring.

Varmesystemet i Olavskleivå består av 28 kurser med varmekabler fordelt mellom 2 skap.

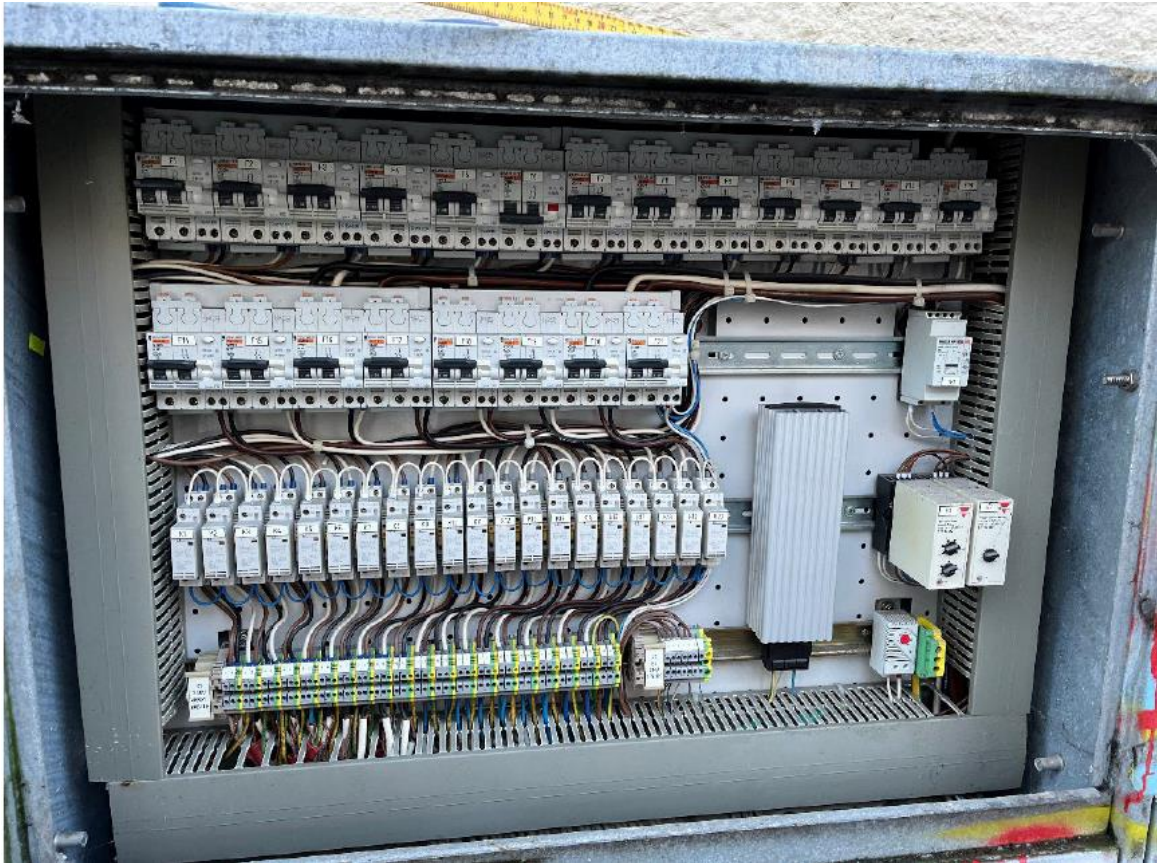


Bilde av systemet ligger i bakken med tilhørende strømforsyning skap vist over.

En annen leverandør har levert det nåværende strømstyringssystemet som bruker en av/på-reguleringsmetode med en kombinert temperatur-/fuktighetssensor i bakken. Formålet med styringen er å slå på varmekablene kun når bakken er fuktig og temperaturen er lav, det er ikke så aktuell løsning og sparer ikke nok strøm siden det er i noen tilfeller fuktig være men det er ikke is lag eller vann på gate overflate. Når bakken tørker opp eller temperaturen stiger til 3-4 grader, slår systemet seg av. Begge reléene må være aktivert for at smelting skal begynne.



Når systemet slås på, fungerer varmekablene på full effekt uavhengig av utetemperaturen. Systemet er ikke koblet til nettverket eller noe annet kommunikasjonsmiddel som kan gi informasjon om status, oppetid, strømforbruk, temperatur, osv. Justering for sommertid gjøres ved å plassere en ispose på temperaturføleren, vente i 10 minutter og justere øvre knapp til lysdioden tenner, deretter øke temperaturen med ca. 2 grader. Samme justering gjøres om vinteren.



Figur viser kobling til eksisterendesystem to reléer, og en kontaktor per kurs av alle 28 kurser

Ulempene med nåværende systemet aktiveres kun når fuktighet blir registrert av bakkesensoren. Dette betyr at i perioder med lite regn kan varmekablene være avslått selv om temperaturen er under frysepunktet, og dette kan føre til at det dannes is ved plutselig regn før varmesystemet rekker å varme opp bakken. Systemet skal egentlig bare være på når det er både fuktig og kaldt. En utfordring med dette er at det kan være fuktighet til stede andre steder i bakken der sensoren ikke er montert, som for eksempel ved kraftig vind og regn, spyling, vannlekkasje eller lignende. I minusgrader kan dette føre til dannelse av is i bakken, og dette utgjør en sikkerhetsrisiko. Det ble også oppdaget snø og is i området der det nåværende systemet styrte varmekablene. I tillegg til at det er ingen mulighet for å kontinuerlig overvåke tilstanden til anlegget, med mindre elektrikerer inspiserer anlegget ofte og bruker passende utstyr for å måle temperaturen i bakken

I en periode med minusgrader ute målte de plussgrader i den delen av bakken hvor EQON ONE kontrollere styrte varmekabelen, samtidig som de målte minusgrader i den delen av bakken hvor det eksisterende systemet styrte varmekablene.

EQON ONE skiller seg fra dagens styringssystemer ved å bruke sanntids temperaturdata til å kontrollere strømforbruket og dermed temperaturen i varmesystemet. I Olavskleivå brukte EQON temperaturdata fra Yr.no, men for enda mer presis strømstyring kan temperatursensorer installeres direkte i bakken der varmekablene er plassert, da kan man få enda bedre resultater.

EQON ONLINE fungerer som hjernen i systemet og inneholder programvare for styring, energiforbruk og tilstandskontroll. Den henter data fra alle tilkoblede kontrollere og gir en oversikt over systemstatusen. Dette muliggjør løpende overvåking av varmesystemene, energiforbruket, varsling av eventuelle feil og mer.



Figur viser EQON ONE controller

#### Installasjon:

To EQON ONE-kontrollere ble installert i det eksisterende strømforsyningsskapet, en for "aktiv" styring av en av varmesløyvene og den andre for referansemåling av energiforbruk. Data ble logget til EQON ONLINE via en 4G-router. EQON bekreftet potensialet for energisparing ved bruk av EQON

ONE ved å presentere måledata fra oppsettet. EQON gjennomførte også pålitelige målinger av bakketemperatur ved bruk av varmekamera i Olavskleivå i hele testperioden.

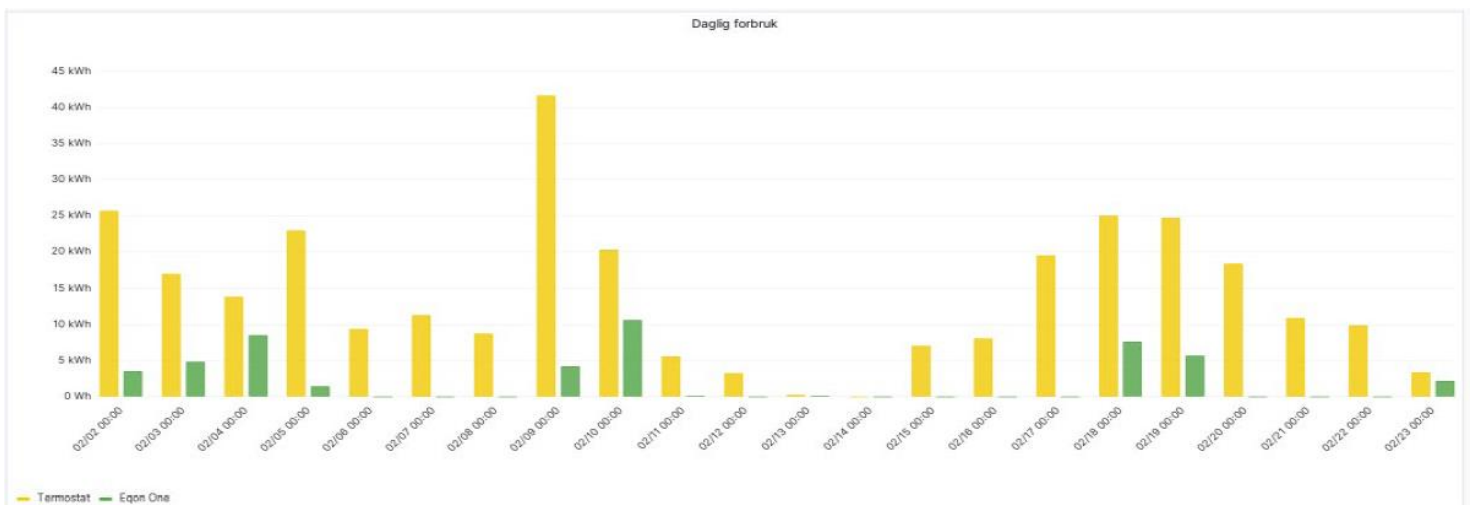
EQON ONE-enheter ble tilkoblet strømkurs 1 og 2 ved oppstart. Imidlertid ble det oppdaget at kontaktoeren i strømkurs 2, sammen med flere andre, var defekt. Årsaken til dette var at kontaktoeren opererte på maksimal grense hver gang styringen slo inn. Kontrollerne ble derfor til slutt tilkoblet strømkurs 1 og 6. Strømkurs 1 blir nå styrt av EQON ONE sin smartstyring, mens strømkurs 6 vil fungere som referanse for energiforbruk med den eksisterende løsningen.

#### Resultater:

Etter en sammenhengende testperiode på tre uker viser resultatene at varmesløyfen som ble kontrollert av EQON ONE hadde et strømforbruk som kun utgjorde 16% av referansesløyfen. Dette tilsvarer en imponerende reduksjon i strømforbruket på 84%. En helhetlig oversikt over resultatene viser dette. Legger man til grunn testresultatene, og antar at EQON ONE brukes til styring av alle 28 kurser i Olavskleivå i en periode på 4 måneder i året, så gir dette en mulig reduksjon i strømforbruket på ca. 38 400 kWh i året.

Gjennomsnitt temperatur	Termostat totalt forbruk	Eqon One totalt forbruk	Strøm spart %	Strøm spart	Penger spart
5.58 °C	306 kWh	48.7 kWh	84.1%	257 kWh	713 NOK

Man kan se det daglige forbruket og den daglige strømreduksjonen. «Termostat» er referansemålingen, der EQON ONE kun ble brukt til måling av strømforbruk.



Bilde viser daglig forbruk i test perioden

#### Konklusjon:

EQON ONE-controlleren har vist seg å ha en strømbesparelse på 84% sammenlignet med det eksisterende systemet for varmekabler. Det eksisterende systemet forårsaker topper i strømtrekking som belaster strømmettet, mens EQON ONE gradvis øker strømtrekkingen til det nivået som er nødvendig for at varmesystemet skal oppfylle sin funksjon. EQON mener at deres styring med mulighet for sanntids overvåking vil kunne unngå nødtiltak som strøing og salting, noe som vil være en besparelse for kommunen og bedre for ytre miljø. Besparelsene vil variere etter værforhold og testperioden hadde høy gjennomsnittstemperatur og mye regn. Det er usikkerhet rundt EQONs tall og beregninger, men

det er likevel grunn til å tro at EQON ONE vil gi store strømbesparelser og dermed lavere driftskostnader for Stavanger kommune. Det har vært utfordrende å dokumentere EQON ONEs varmeeffekt på bakken i forhold til andre varmekabler styrt av det eksisterende systemet. EQON ONE har vist seg å være tilstrekkelig i å holde bakken isfri, selv om det har vært perioder hvor det eksisterende systemet har vært avslått. Det eksisterende systemet har slått seg på når bakkesensoren har målt fuktighet, men dette kan føre til at varmekablene er på når det er over 7°C ute, noe som kan føre til isdannelse i bakken. Vi vet ikke ennå hvilken utfordring som kan komme med EQON systemet siden den er ny. Det jeg mener er at hvis EQON-systemet skulle bli koblet av nettet av en eller annen grunn, Hvordan kan systemet varsle at den har stoppet hvis den ikke har nett.

I tillegg til dette er det også en viss usikkerhet knyttet til varmekablene som skal kobles til EQON-systemet. Siden det er vanskelig å dokumentere hvor mye varme den "styrte" varmekabelen gir til bakken i forhold til alle de andre varmekablene som styres av det eksisterende systemet. Det kan også være vanskelig å sikre at alle varmekablene fungerer optimalt og gir ønsket effekt, spesielt hvis det er problemer med kablene selv.

Det er derfor viktig å ta hensyn til disse usikkerhetene og ha en nøye plan for å sikre at EQON-systemet fungerer som det skal og at alle kablene som er koblet til det, fungerer optimalt. Det kan være lurt å ha regelmessig vedlikehold og inspeksjon av både EQON-systemet og de enhetene det styrer for å unngå eventuelle feil eller farer.

Til slutt kan det nevnes at all informasjonen som er gitt om EQON-systemet kommer fra EQON selv, og de ønsker å selge sitt prosjekt til kommunen. Det er derfor uklart hvor nøytrale de har vært i testingen av systemet, siden de er opptatt av å selge produktet sitt.

## Konklusjon for Stank hans veien:

Den største utfordringen med denne gaten er dens bratte helning på 17%, som gjør den til en av de bratteste veiene i Stavanger sentrum. Veien oppfyller ikke kravene til helning som anbefales av RIV og Statens vegvesen. Ved å lese håndboken N100 for dimensjonering av veier, ble det ikke funnet noen krav av slike spesielt bratte veier. Jeg mener at Statens vegvesen og Stavanger kommunen burde samarbeide for å utvikle nye krav for bratte veier, fordi det finnes mange spesielle gater som ikke er inkludert i håndbøkene som for tiden er tilgjengelige. Det er viktig å sikre at veiene oppfyller sikkerhetskravene for både kjøretøy og fotgjengere, spesielt når de er bratte og vanskelige å manøvrere på. Da jeg har kalkulert friksjonstallet i gaten med en søppelbil med kran så var friksjonstallet så lav som tilsvarer til glatt våt veg og den er en kategori som brukes av Statens vegvesen for å beskrive veier med dårlig veigrep, som kan være farlige å kjøre på spesielt i våte eller glatte forhold. Dette betyr at veien du beskriver har ekstremt dårlig veigrep og kan være farlig å kjøre på. Under viser figur stoppe lengde i forskjellige friksjonskoeffisienter. St. Hans gate har 0,17 Dvs ca 22 meter. Det er

viktig å påpeke at disse beregningene er tatt for personlig bil ikke lastebil på 25 tonn

Dekke	Friksjons- koeffisient	Hastighet	Reaksjons- lengde	Bremse- lengde	Stopplengde
Tørr asfalt 0,8		30	8,33	4,34	<b>12,67</b>
		40	11,11	7,72	<b>18,83</b>
		50	13,89	12,06	<b>25,95</b>
		60	16,67	17,36	<b>34,03</b>
		70	19,44	23,63	<b>43,07</b>
		80	22,22	30,86	<b>53,09</b>
		90	25	39,06	<b>64,06</b>
		100	27,78	48,23	<b>76</b>
		110	30,56	58,35	<b>88,91</b>
Våt asfalt 0,5		30	8,33	6,94	<b>15,28</b>
		40	11,11	12,35	<b>23,46</b>
		50	13,89	19,29	<b>33,18</b>
		60	16,67	27,78	<b>44,44</b>
		70	19,44	37,81	<b>57,25</b>
		80	22,22	49,38	<b>71,6</b>
		90	25	62,5	<b>87,5</b>
		100	27,78	77,16	<b>104,94</b>
		110	30,56	93,36	<b>123,92</b>
Godt vinterføre 0,35		30	8,33	9,92	<b>18,25</b>
		40	11,11	17,64	<b>28,75</b>
		50	13,89	27,56	<b>41,45</b>
		60	16,67	39,68	<b>56,35</b>
		70	19,44	54,01	<b>73,46</b>
		80	22,22	70,55	<b>92,77</b>
		90	25	89,29	<b>114,29</b>
		100	27,78	110,23	<b>138,01</b>
		110	30,56	133,38	<b>163,93</b>
Dårlig vinterføre 0,2		30	8,33	17,36	<b>25,69</b>
		40	11,11	30,86	<b>41,98</b>
		50	13,89	48,23	<b>62,11</b>
		60	16,67	69,44	<b>86,11</b>
		70	19,44	94,52	<b>113,97</b>
		80	22,22	123,46	<b>145,68</b>
		90	25	156,25	<b>181,25</b>
		100	27,78	192,9	<b>220,68</b>
		110	30,56	233,41	<b>263,97</b>
Ekstremt glatt føre 0,1		30	8,33	34,72	<b>43,06</b>
		40	11,11	61,73	<b>72,84</b>
		50	13,89	96,45	<b>110,34</b>
		60	16,67	138,89	<b>155,56</b>
		70	19,44	189,04	<b>208,49</b>
		80	22,22	249,91	<b>269,14</b>
		90	25	312,5	<b>337,5</b>
		100	27,78	385,8	<b>413,58</b>
		110	30,56	466,82	<b>497,38</b>

Kilde: Statens vegvesen

Det finnes flere mulige faktorer som kan føre til at en søppelbil sklir. En årsak kan være relatert til førerens personlige feil, som for eksempel utilstrekkelig justering av støttelabbene på bilen, støttelabbene vil hjelpe til økt overflatekontakt og dermed økt friksjon og grep i tillegg til motstanden til momenten bilen for når den bruker kranen . Videre er det også usikkerhet knyttet til hastigheten som føreren pålegge bilen når de starter opp igjen. Dersom føreren starter med høy hastighet, kan det føre til redusert grep på veibanen fordi når bilen akselererer, vil kreftene som virker på dekkene øke. Hvis veigrepet mellom dekkene og veibanen ikke er tilstrekkelig, vil ikke dekkene kunne overføre nok kraft til veibanen for å opprettholde bilens bevegelse. Dette kan føre til at bilen mister kontrollen og skli. For å unngå dette, anbefales det å starte med moderat hastighet og gradvis øke hastigheten mens man akselererer, slik at dekkene gradvis kan bygge opp friksjon og veigrep. Løsningene jeg har til gaten vil hjelpe til å redusere disse risikoene, men det er viktig at tungebil førere tar også hensyn til det som ble sagt.

Vi må vurdere alle løsninger og tar det som er mest realistisk og utføre med tanke på kostnader og nytter samfunnet kan få.

Patentsteinene vil være den beste løsning til denne gaten fordi de har selisumkarbid laget som gjør steinene grovere overflate. Dette skyldes at grovere overflater gir flere kontaktpunkter mellom hjulene og veidekke, som igjen øker friksjonen. Steinene er vist under og man kan se at overflater er ikke «Myk» som vanlige belegningssteinene.



Patentsteinene har andre fordeler, som hulrom som kan brukes til forskjellige løsninger. Man kan installere varmesystem i steinene, og med bruk av EQON-teknologi som sparer strøm og styrer seg

selv automatisk, vil det hjelpe ganske mye med å holde veidekket isfritt, slik at steinene fortsatt vil ha godt grep. Det skal også legges to sluk på gatesidene for å hjelpe eksisterende drenering systemet.

Vi har for øyeblikket ingen konkrete kostnadstall for å gjennomføre disse ideene. Belegningssteinen er helt ny og har ikke blitt produsert i fabrikk før nå, og det samme gjelder EQON-systemet, som heller ikke har en nøyaktig pris. Vi antar at det vil bli mye dyrere enn å bruke asfalt, og siden veien har en veldig lav ÅDT på omtrent 300, må kommunen gjøre en alternativ studie og vurdere om denne løsningen er den riktige når det gjelder kostnader og budsjett.

Til slutt så vil jeg si at jeg har laget en 3D modell av gaten på bruk av NovaPoint for å vise forslaget til nye gaten med belegningsstein og drenering system og alt som ble sagt men etter jeg har tgenet alt så fikk jeg vite at det er umulig å endre materiale i Nova Point til noe annet enn asfalt.

## Støping av nye belegningssteiner

For å teste styrken på belegningssteinene og evnen til å binde silisiumkarbid på steinene, ble det utført betongstøping i laboratoriet. Totalt ble det støpt 12 steiner og 4 betongterninger i 3 separate støpejobber for å sikre optimal resultatoppnåelse. Dette var nødvendig for å få et realistisk bilde av hvor godt silisiumkarbid satt fast på steinene, og for å teste styrken på betongen.

For å variere størrelsen på silisiumkarbid, ble det brukt to størrelser på henholdsvis 0-2 mm og 1-2 mm. Dette var viktig for å se om det var forskjeller i resultatene avhengig av størrelsen på karbidet.

Det var også en begrensning i antall steiner som kunne støpes hver gang, da det maksimalt var mulig å støpe tolv steiner på en gang, formene vises i bilde under, hver form har plass til 6 steiner og vi har 2 former som er 3D prentet.



Til sammen ble det brukt 21 liter betong for å støpe alle 12 formene til belegningssteinene, samt 5 liter for betongterningene. 12 stikker var nok for å utføre testene jeg trengte. Med grundig støping og testing av belegningssteinene og betongterningene, var det mulig å få en god oversikt over hvordan de ulike materialene fungerte sammen og hvor fast satt de sammen.

For å sikre høyest mulig nøyaktighet og renhet i betongen, har vi valgt å benytte oss av Robust Støpemørtel B40 som følger standardene for betong. Dette er for å oppnå ønsket styrkeklasse. Ved å benytte en standardisert styrkeklasse, vil dette redusere risikoen for å få ulike resultater i testingen og øke påliteligheten til resultatene.



## Utstyr

- Verneutstyr
- Betong formolje
- Betongblandemaskin
- Murskje, 2 stykk, for å få betongen fra betongplandemaskin oppi støpeformene
- Støpeformer, 2 stykk, hver med plass til 6 steiner
- Plastfolie, 10 meter to lag under og en over, til å legge over og under formene
- Betongklosser, fungerende som lodd, brukt for å hindre at formene fløt opp under herding, 6 stykk
- tynne treplater 2mm på sidene for å kontrollere tykkelse på silisiumkarbid
- Gammel bord for å bevere steinene på
- Gummiklubbe brukt for å løsne ferdigstøpte steiner fra formene



Bilde viser silisiumkarbid og støpinglass

## Resept:

Som nevnt tidligere, ble det benyttet Robust Støpemørtel B40 i denne oppgaven. Dette produktet ble kjøpt fra ObsBygg i 3 sekk en mengde på 20 kg per sekk, og det viste seg å være en god løsning for å oppnå ønsket styrkeklasse i betongen.

I denne oppgaven ble det benyttet våtstøping, som betyr at betongen ble plassert i formene mens den var i en flytende tilstand. Mens i fullskala produksjon av steinene, vil tørrstøping være nødvendig for å øke produksjonshastigheten og effektiviteten. Dette vil innebære at tørt betongmateriale vil bli plassert i formene, og deretter fuktet for å oppnå ønsket konsistens.

Nedenfor følger en oppsummering av reseptene som ble brukt i denne oppgaven. Det er viktig å merke seg at disse reseptene vil kunne variere avhengig av produksjonsprosessen og størrelsen på produksjonen:

Robust Støpemørtel B40,  $20 \text{ kg} * 3 \text{ sekk} = 60 \text{ kg} / 30 \text{ liter}$

Silisiumkarbid (0-2 mm og 1-2 mm) = 600 gram av hver type = 1200 gram total

Vann 2,4 liter til hver sekk,  $2,4 \text{ L} * 3 = 7,2 \text{ Liter}$

Vannmengde har jeg tatt fra Robust sin anbefaling til vannforbruk som står under kategorien «Utblending».

## Fremgangsmåte:

1. Først måtte jeg ta på verneutstyr slik man blir beskyttet i tilfelle man blir truffet av flytende betong
2. Støpeformene ble smurt inn med formolje. Dette ble gjort for at belegningssteinen skulle være enklere å få ut av formene etter herding. Det ble anbefalt å ikke bruke for mye formolje da dette kunne føre til porer på overflaten av steinene
3. Satt en sekk av Robust B40 i blandemaskin med 2,4 liter vann og blandet. Det sammen det ble blandet en mengde som er nok til en form, 6 steiner.
4. Et lag med silisiumkarbid delt under formene for at steinene skal ha silisiumkarbid kun på topp side av dekke.



Bilde viser laget med silisiumkarbid og formene som ligger over det

5. Formene ble forsiktig lagt på silisiumkarbid-laget, før de ble fylt med betong ved hjelp av én eller to murskjeer, og prøvd å fylle detaljene med hund pressing. Vibrator eller jernstang ble ikke brukt for å presse betongen ned i formene, da dette ville ha forårsaket blanding av silisiumkarbid-laget med betongen. Dette kunne føre til at silisiumkarbidet ble fordelt i hele steinen, og dermed miste sin effekt i øvre lag. Det var derfor viktig å unngå dette, for å sikre at testen fortsatt ville gi nøyaktige resultater.
6. Etter å ha fylt første formen lagde jeg 2. blanding som var nøyaktig det samme som den første for å støpe andre formen.
7. Da tok støpet jeg også 3. sekk og gjort akkurat det samme for å støpe betong terninger også For å sikre at formene var fylt helt opp, la jeg litt ekstra betong i formene før jeg brukte treplater for å jevne ut overflaten. Dette gjorde at steinene ble helt rette og ga et jevnt og fint utseende.
8. Da jeg støpte betongterningene, var det ingen silisiumkarbid involvert. Derfor brukte jeg en jernstang for å jevne ut betongen og sørge for at det ikke var noen luftlommer inne i formene. Jeg støpte tre av fire terninger grundig og sørget for at betongen ble godt rørt slik at alle luftlommer ble fjernet. Imidlertid valgte jeg å støpe den siste terningen dårlig, for å teste hvor viktig utførelsen av arbeidet er for å oppnå ønsket resultat. Dette var en bevisst handling for å vurdere om utførelsen av arbeidet påvirker kvaliteten på det endelige produktet, og resultatene viste at det var en avgjørende faktor.
9. Etter at støpingen var ferdig og formene var fylt opp, la jeg en plastfolie over dem. Dette var for å hindre at betongen skulle tørke ut for fort og sikre at den kunne herde riktig. Plastfolien bidro til å opprettholde en jevn fuktighet og temperatur rundt formene, temperaturen i verkstedet var ca. 20 C .

Bilder under viser etter at formene ble fylt med betong og terninger. I tillegg til plastfolie over dem



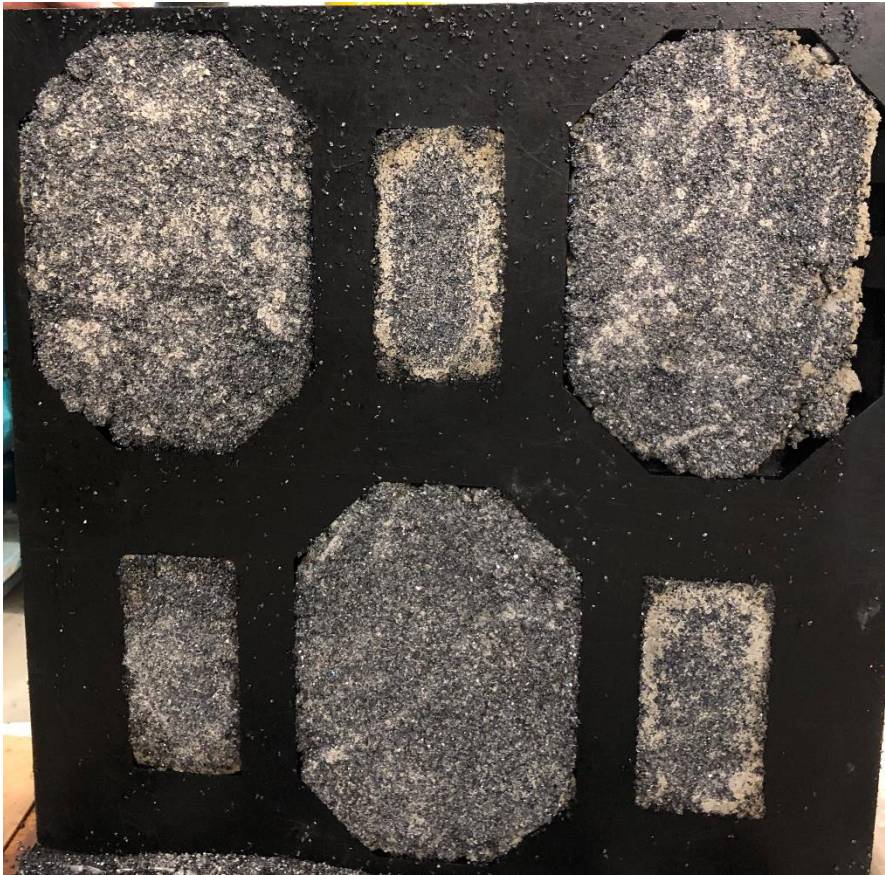
10. Steinene ble satt til herding i et døgn.

11. Etter at steinene hadde herdet i minst et døgn, ble de forsiktig tatt ut av formene ved hjelp av en gummiklubbe. Det ble lagt merke til at silisiumkarbidet satt fast på steinene i begge størrelsene (0-2 mm og 1-2 mm), men så snart formene ble beveget for å ta steinene ut, begynte en del av silisiumkarbidet å løsne fra steinene. Dette problemet ble mer merkbart når gummiklubben ble brukt, og store mengder av belegningssteinens belegg begynte å falle av. Problemet oppstod mest på rektangulære sidene (små sidene) fordi vi måtte slå dem direkte med gummiklubbe for å ta dem ut

Bildene nedenfor viser belegningsstein med Silisiumkarbid (0-2 mm) før jeg tok de av form og etter jeg tok de av form



Bildene nedenfor viser belegningsstein med Silisiumkarbid (1-2 mm) før jeg tok de av form og etter jeg tok de av form

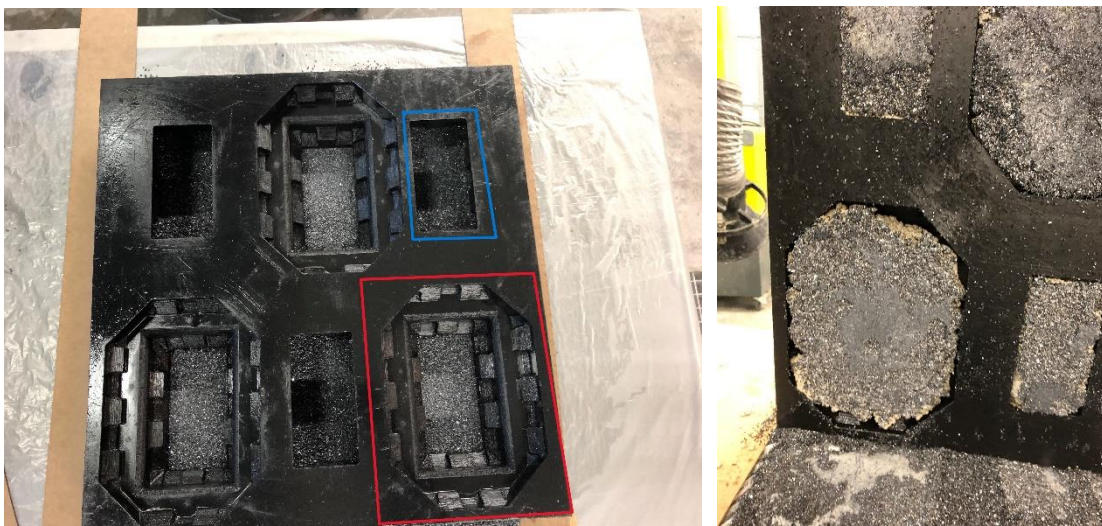


12. Etter å ha tatt ut steinene fra formene ble steinene og terningene plassert i vann i en periode på 28 dager. Dette innebærer at betongen legges i vann for å gi den tid til å gjennomgå hydratiseringsprosessen og oppnå optimal styrke. Imidlertid ble to av terningene tatt ut etter 14 dager for å utføre en trykking av terninger i hydraulisk pressmasking og sammenligne styrken med de som hadde ligget i vann i 28 dager. Ved å teste styrken etter to ulike tidspunkter kan man få en indikasjon på hvor mye styrkebetongen får etter en lengre tid i vann. Dette kan være viktig for å forutsi den langsiktige holdbarheten og kvaliteten til betongen.
13. Steinene var klare til videre testing etter 28 dager

### Konklusjon

Betongen som ble brukt i forsøket var hard og vanskelig å forme, og dette skyldtes en lav vannmengde i forhold til mengden sement og tilslag som ble brukt. Dette ble gjort for å følge bruksanvisningen og oppnå høy styrke i betongen. Imidlertid førte denne lave vannmengden til at betongen ble mindre flytende og dermed vanskeligere å forme. I tillegg var det umulig å bruke en betongvibrator for å fordele betongen jevnt i formene, noe som også kunne ha bidratt til problemene med formingen og at noen steiner ble ikke fine, men styrken skal være det samme. Utfordringen står mest på steinene som lå med den største overflaten ned mot underlaget.

I bildet nedenfor vises formene med forskjellige størrelser på overflaten. Når formen ligger som den gjør nå, vil det være lettere å støpe formen med rød kant rundt siden det er enklere å presse med hånden og følge detaljene på denne siden. På motsatt side med blå kant kan det være vanskeligere å fylle detaljene på grunn av størrelsen på overflaten, og det kan derfor være vanskeligere å få betongen til å fylle ut formen riktig. Derfor er det viktig å ha en form som gir gode arbeidsforhold og enkel tilgang til å jobbe med. En ide kan være å finne en mekanisme hvor det blir laget en «dor» på små sidene der man åpner først og støpe og lukke etter man har fylt til toppen. Men det må studeres nærmere og se hvordan det skal funke i forhold til støpeprosessen.



Det har blitt observert at SiC-partiklene med størrelse på 1-2 mm fester seg bedre til steinene enn SiC-partiklene med størrelse på 0-2 mm. Dette kan skyldes at større partikler har større overflateareal og dermed bedre festeegenskaper eller at de går dypere i betong. Selv om SiC-partiklene med størrelse på 0-2 mm kan se mer synlige ut på steinene, faller de lett av når de blir berørt. Dette kan ha betydning for valg av partikkelstørrelse når man ønsker å oppnå best mulig festeegenskaper mellom SiC og betongstein. Bilde under viser silisiumkarbid som lå under formene i støping fasen. Det er tydelig at det er større deler av SiC (1-2 mm) festet i steinene enn SiC (0-2 mm)



Bilde til venstre viser (1-2 mm) størrelse. Bilde til høyere viser (0-2 mm) størrelse

Betong terninger ble enkelt tatt ut av formene fordi formene var konstruert på en slik måte at de var enkle å demontere og ta ting ut av. Formene var laget med tanke på at man skulle kunne ta ut terningene uten å skade dem, og derfor var det enkle å jobbe med å ta dem ut av formene. Det kan være en god ide å utvikle lignende former for belegningsstein.





## Trykkstyrketest

En av de viktigste testene som brukes til å vurdere betongens styrke, trykkfastheten til en betong bestemmer det maksimale trykket (lasten) en betongkonstruksjon tåler ved en bestemt dimensjon uten at den går til brudd. Trykkfastheten vurderes ved at det støpes et prøvestykke i form av en kubiskformet terning i en bestemt dimensjon, for deretter å trykke prøvestykket helt frem til den går til brudd, maksimal belastning som prøven kan motstå målt i MPa. jo høyere tall jo større trykkstyrke.

I testen ble det gjennomført tester på totalt fire terninger. To av terningene ble testet 14 dager etter at de lå i vann, mens de to andre ble testet etter 28 dager i vann. Årsaken til at de sistnevnte ble plassert i vann, var for å igangsette hydreringsprosessen. Testene ble utført etter både 14 og 28 dager for å undersøke om det var vesentlige forskjeller i styrken mellom de to gruppene av terninger.

### Fremgangsmåten som ble fulgt er:

1. Steinen ble veid umiddelbart etter at den ble tatt ut av vann og tørket med tørkepapir for å få nøyaktig vekt på steinen.
2. Deretter ble volumet av steinen beregnet ved å bruke Arkimedes' prinsipp. Dette skyldes at formelbasert beregning ikke alltid er nøyaktig på grunn av luftlommer på steinen som kan påvirke resultatene.
3. For å bruke Arkimedes' prinsipp ble en vannbøtte fylt med vann og en metallkurv ble senket ned til midten av vannet – den må ikke treffe bunnen - . Vekten ble nullstilt og kurven ble fjernet. Steinen ble deretter plassert i metallkurven som vist på bildet. Vekten ble deretter målt og volumet av steinen ble beregnet.



4. Steinen ble deretter plassert i en pressemaskin og presset ned til det var minimal avstand mellom metalplaten og steinen.



5. Testen ble utført helt til det skjer brudd.

#### Etter 14 dager:

Jeg har gjennomført en test på den steinen jeg tidligere nevnte, som ikke var bevist dårlig støpt kalt terning 2. Formålet med testen var å undersøke om utførelsen av arbeidet har en betydelig påvirkning på kvaliteten av det endelige produktet når det er laget av høy kvalitet. I tillegg til en riktig støpet stein for å sammenligne resultatene. Testen utført med hydraulisk pressmasking

#### Resultatet til 14 dager:

##### Tetthet test:

Tettheten til betong viser hvor mye masse betongen har per enhet volum. Det gir informasjon om hvor tett betongen er. Høyere tetthet betyr vanligvis at betongen er mer holdbar. Derfor er tetthetsmålinger en viktig del av testing av betong. [40]

For å finne tetthet til betong nyter vi denne formelen [40]:

##### Terning 1:

$$P = \frac{m \text{ (Masse)}}{v \text{ (Volum)}} \text{ kg/m}^3$$

Stein hadde masse på: 2285 g

Volum: 1002 cm<sup>3</sup>

$$\text{tetthet: } P = \frac{2,285 \text{ kg}}{0,001002 \text{ m}^3} = 2280 \text{ kg/m}^3$$

Herdet betong har tetthet mellom 2300 – 2400 kg/m<sup>3</sup> jo høyere tallet blir jo bedre tetthet på betong er det. Det er viktig å nevne her at målene ble tatt rett før testen noe som sikrer at resultatene er nøyaktige og representative for den aktuelle betongterningen.

#### Terning 2:

$$P = \frac{m \text{ (Masse)}}{v \text{ (Volum)}} \text{ kg/m}^3$$

Stein hadde masse på: 2269 g

Volum: 992,5 cm<sup>3</sup>

$$\text{tetthet: } P = \frac{2,269 \text{ kg}}{0,0009925 \text{ m}^3} = 2286 \text{ kg/m}^3$$

Volumet i denne terningen var mindre enn i terning 1, kan dette skyldes unøyaktighet med vekten, og tettheten var faktisk litt høyere enn i terning 1. Det er imidlertid verdt å merke seg at terning nummer 2 ble støpt dårligere enn andre terninger, men likevel klarte å oppnå en god tetthet.

#### Trykkfasthete test:

##### Terning 1:

Første terningen har oppnådd en høy trykkfasthet under testen. Med en testtid på 65 sekunder og en total tåleevne på 527,9 kN, viser dette god styrke og holdbarhet i materialet. Resultatet av denne testen kan oppsummeres i trykkfasthet på 52,79 N/mm<sup>2</sup>, noe som representerer gode resultater til å være 14 dager i vannet. For å realisere resultatene så tilsvarer 527,9 kN til 53 tonn.

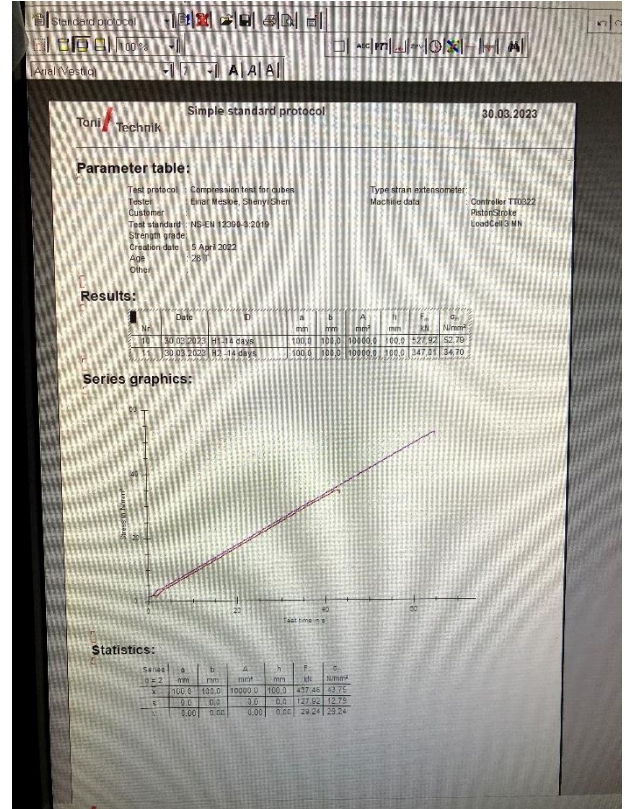
##### Terning 2:

Det har blitt observert at den andre terningen hadde en lavere tåleevne sammenlignet med den første terningen. Dette skyldes en dårlig utførelse under støpingen, noe som førte til luftlommer i steinen. Dette gjorde at steinen hadde en svekket struktur, som viste seg under testen. Til tross for en testtid på 45 sekunder og en total tåleevne på 347 kN. Trykkfastheten ble målt til å være 34,70 N/mm<sup>2</sup>. Det observerte resultatet viser at den andre terningen ikke var like sterk som den første. Luftlommene som ble dannet under produksjonen, kan ha ført til strukturelle svakheter, som igjen førte til det lavere trykkfasthetsresultatet. Dette kan ha konsekvenser for bruken av steinen, spesielt i situasjoner hvor styrke og holdbarhet er av største betydning.

Det er imidlertid viktig å merke seg at slike utfordringer i produksjonen kan unngås ved å ha en grundig og presis utførelse av produksjonsprosessen. Kvalitetskontroll og sertifisering kan også bidra til å sikre at produktene som produseres, oppfyller nødvendige standarder og krav til styrke og holdbarhet.



Bilde viser terning 2 etter den fikk brudd



## Resultatet til 28 dager:

Etter 28 dager har jeg tatt både belegningssteinene og siste to terninger som var igjen.

## Tetthet test:

### Terning 3:

$$P = \frac{m \text{ (Masse)}}{v \text{ (Volum)}} \text{ kg/m}^3$$

Stein hadde masse på: 2265 g

Volum: 988 cm<sup>3</sup>

$$\text{tetthet: } P = \frac{2,265 \text{ kg}}{0,0009880 \text{ m}^3} = 2292 \text{ kg/m}^3$$

#### Terning 4:

$$P = \frac{m \text{ (Masse)}}{v \text{ (Volum)}} \text{ kg/m}^3$$

Stein hadde masse på: 2257 g

Volum: 992,5 cm<sup>3</sup>

$$\text{tetthet: } P = \frac{2,257 \text{ kg}}{0,0009925 \text{ m}^3} = 2274 \text{ kg/m}^3$$

#### Trykkfasthete teste:

##### Terning 3:

Det er observert at testen på den tredje terningen hadde det beste resultatet av alle de fire terningene. Denne terningen tålte en belastning på totalt 668,47 kN under testen som varte i 82 sekunder. Dette tilsvarer en trykkfasthet på 66,85 N/mm<sup>2</sup>, som er et høyt resultat til denne type betong ifølge NS-EN 206



Bilde viser brudd i terning 3

##### Terning 4:

Denne terningen tålte en belastning på totalt 638,12 kN under testen som varte i 80 sekunder. Dette tilsvarer en trykkfasthet på 63,81 N/mm<sup>2</sup>. Som er veldig godt resultat

#### Konklusjon:

Når vann blandes med sement, oppstår en kjemisk reaksjon kalt hydrering, som får sementen til å stivne og bindes sammen med de andre komponentene i betongblandingen, som tilslag og sand. Under denne prosessen reduseres volumet av betongblandingen på grunn av dannelsen av hydratiseringsprodukter. Som et resultat kan tettheten til betongen øke i løpet av de første dagene etter hvert som sementhydreringen fortsetter. Etter det kan tettheten fortsette å endre seg, men endringshastigheten vil vanligvis avta. Ved slutten av herdeperioden, som typisk er rundt 28 dager, vil tettheten til betongen ha stabilisert seg i stor grad.

I testen vi tok så var det nesten ingen endring i gjennomsnitt tallet fra test som tatt etter 14 dager viser 2283 kg/m<sup>3</sup> og etter 28 dager var det 2283 kg/m<sup>3</sup>. Dette er i tråd med det som vanligvis forventes når det gjelder tettheten til betong at det skjer ikke mye endring i den.

Trykkfasthetsklassene for normalbetong og tungbetong	Min. last for Sylindertrykkfasthet [MPa] = [N/mm <sup>2</sup> ]	Min. last for kubisk trykkfasthet [MPa] = [N/mm <sup>2</sup> ]
B8	8	10
B12	12	15
B16	16	20
B20	20	25
B25	25	30
B30	30	37
B35	35	45
B40	40	50
B45	45	55
B50	50	60
B55	55	67
B60	60	75
B70	70	85
B80	80	95
B90	90	105
B100	100	115

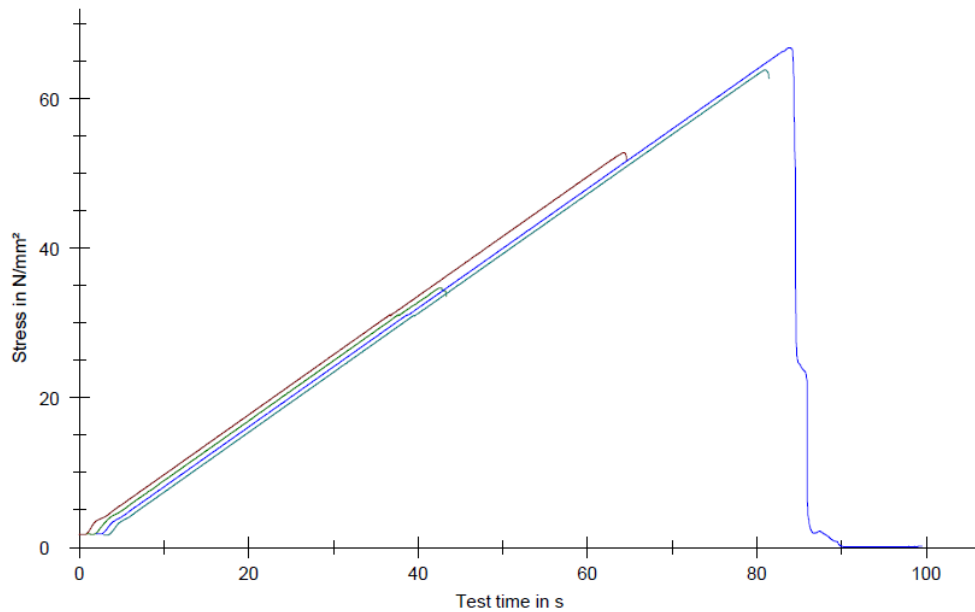
Tabell : Viser Trykkfasthetsklassene for normalbetong og tungbetong. Tabellen er hentet fra NS-EN 206

Når det kommer til testing av trykkfasthet, kan det rapporteres at terningene har demonstrert betydelig positiv fremgang i henhold til NS-EN 206. Vi har benyttet oss av B40-betongklassen, og de utførte testene har resultert i fremragende resultater. Det bør også bemerkes at terning 2 hadde en tåleevne som var nesten 40% mindre enn steinen som ble korrekt støpt. Hvis man sammenligner resultatet av terning 1, som ble testet etter 14 dager, med terning 3 og 4, ser man en forskjell på omtrent 13 N/mm<sup>2</sup>, hvilket betyr at steinen var omtrent 25% sterkere etter 28 dager.

## Results:

Nr	Date	ID	a mm	b mm	A mm <sup>2</sup>	h mm	F <sub>m</sub> kN	σ <sub>m</sub> N/mm <sup>2</sup>
1	30.03.2023	H1-14 days	100,0	100,0	10000,0	100,0	527,92	52,79
2	30.03.2023	H2 -14 days	100,0	100,0	10000,0	100,0	347,01	34,70
3	20.04.2023	H3 -28 days	100,0	100,0	10000,0	100,0	668,47	66,85
4	20.04.2023	H4 -28 days	100,0	100,0	10000,0	100,0	638,12	63,81

## Series graphics:



Avslutningsvis kan det konkluderes med at det var en god idé å benytte Robust Støpemørtel B40, da vi har oppnådd svært gode resultater og ønsket styrke.

## Sandblåsing:

Sandblåsingstesten er en metode som brukes for å teste motstanden til et belegg mot slitasje og korrosjon. Testen innebærer at et abrasivt materiale, som sand, projiseres mot overflaten av belegget ved hjelp av et sandblåserbestål. Når sandkornene treffer belegget, vil de skape mikroskopiske riper og bulker på overflaten, og dette kan teste hvor fast sitter materialene sammen. For å teste hvor godt silisiumkarbidlaget sitter på steinoverflaten, brukes sandblåsingstesten ved å projisere sand mot overflaten av steinen som har fått påført silisiumkarbidlaget og betong som bindemiddel etter som at silisiumkarbid ble støpet som eget lag under steinstøping. Testen vil gi en indikasjon på hvor godt silisiumkarbidlaget er festet til steinoverflaten og hvor effektivt å støpe silisiumkarbid med betong under støping av steinene, samt hvor godt det tåler slitasje fra sandblåsing.



Bildet viser hvordan silisiumkarbid ble festet på steinene under støpingen.

Formålet med denne testen er å nøye undersøke den mest effektive metoden for å lime silisiumkarbid med belegningsstein. Vi tester derfor to forskjellige metoder, hvor den ene innebærer å støpe SiC med steinene og den andre involverer å smøre epoksy på steinene etter produksjon. Testresultatene vil kunne gi gode kunnskap og informasjon som kan brukes til å forbedre teknikken for å feste silisiumkarbid med belegningsstein

## Fremgangsmåte:

### SiC festet med betong:

I den første delen av testen, valgte jeg en stein fra hver størrelse av silisiumkarbid (0-2 mm og 1-2 mm) og markerte dem med en tusj for å kunne skille dem fra hverandre og identifisere dem under testen. Deretter veide jeg steinene for å bestemme hvor mye SiC-materiale de vil tape etter testen.



For å optimalisere testprosedyren, justerte jeg sandblåseren til en vinkel på 45 grader, som vil gi den beste effekten på både den horisontale og vertikale overflaten, og fordele kreftene jevnt over hele overflaten.



Bilde viser sandblåseren justert på 45 grader og sandblåsemaskin

Sandblåsing test vært i 60 sekunder uten stopp, og jeg observerte endringer mens testen pågikk.

Brukte stoppeklokke for å få mest nøyaktig tidsberegning.

#### SiC feestet med epoksy:

For å identifisere den optimale måten å legge til epoksy på, ble det gjort to ulike tester. Først ble to steiner uten SiC lagt in sandblåseren og blåset i 60 sekunder hver. Dette var for å få en finere og jevnere overflate, samt fjerne små partikler som kunne redusere effektiviteten til epoksyen. Deretter ble hver stein delt i to deler. Den første delen ble lagt direkte epoksy på steinen og delte med hånd SiC over, mens den andre delen ble blandet SiC med epoksy på en treplate og smurt på steinens overflate. Det var lettere å blande epoksy direkte på steinen først og deretter sprøyte med SiC, da dette ga bedre kontroll over fordelingen av stoffet og sikret like mengder over hele steinen. Imotsatt av å blande på treplate og smøre på steinet fordi SiC limte seg fast sammen og ble vanskelig å dele på steinet. Resultatene av begge testene ble sammenlignet, og begge steinene hadde samme størrelse på SiC.

Epoksyen som ble brukt i denne testen heter: Hurtigepoksy, 2 x 21 g. den ble brukt fordi den gir ifølge biltema ekstremt høy styrke til å lime blant annet metal og stein, vises i bilde til høyere



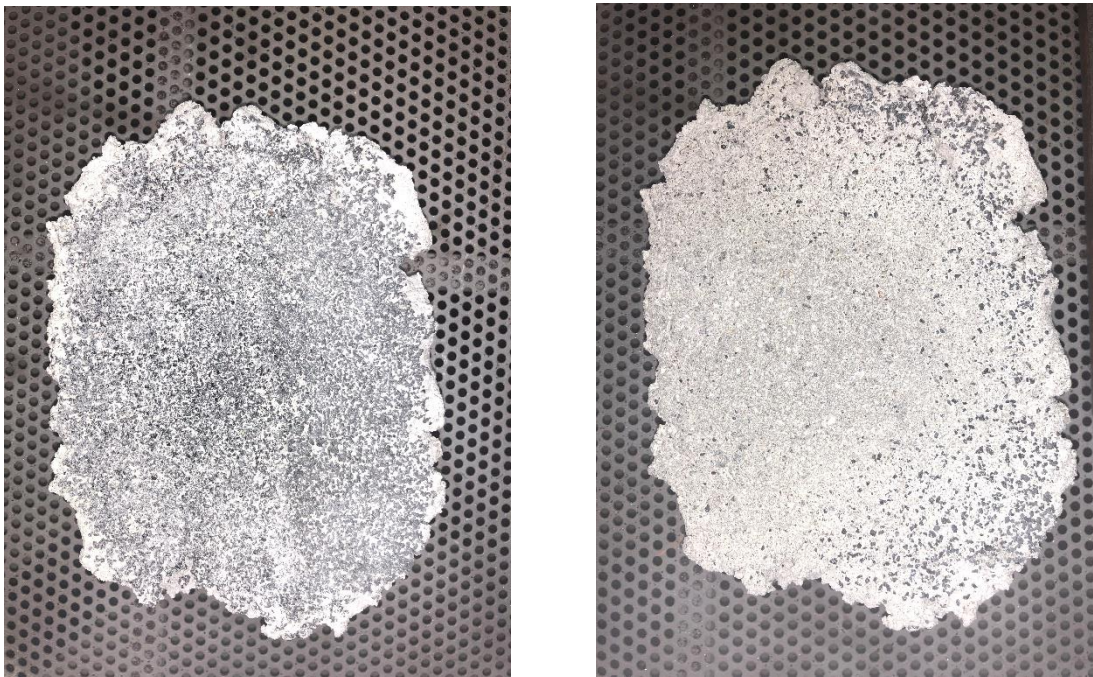


Bilde viser metodene epoksy og silisiumkarbid ble lagt i i dette bilde ser vi (0-2 mm) størrelsen

Resultat til sandblåsing:

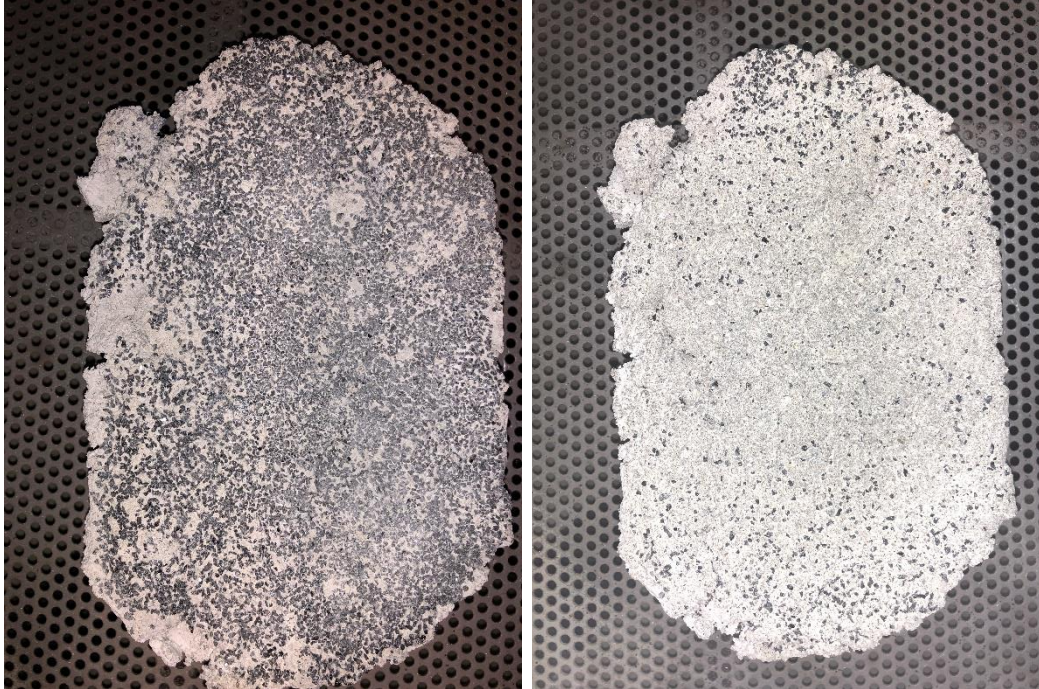
SiC festet med betong:

**Steinen med SiC størrelse 0-2:** veide 3300 g før testen, når jeg satt steinen i blåsemaskinen og blåste den i 45 grader tok det 10 sekunder for halvparten var borte og 23 sekunder for nesten alt var borte, etter 60 sekunder var det ikke stor forskjell enn resultatene på 23 sekunder ettersom det er ingen SiC å blåse. Man kan se at det er deler på kanten som har SiC igjen det er fordi at sandblåseren var sentralet mot midtpunktet på steine og da rekker den ikke å komme til delene som ligger ytterst av blåseren. Etter 60 sekunder med blåsing veide steinen 3267 g



Bilde viser belegningsstein festet med betong, 0-2 mm, før og etter sandblåsing

**Steinen med SiC størrelse 1-2:** veide 3525 g før blåsing, under testen tok det 17 sekunder for halvparten av SiC var blåst, etter 36 sekunder var det store deler borte, etter 60 sekunder så stå det igjen en liten del SiC det er merket at det største partiklene som satt best det er fordi store deler av disse partiklene ligger i steinet og betong hardet rundt. Steinen veide 3480 g etter blåsetesten



Bilde viser belegningsstein festet med betong, 1-2 mm, før og etter sandblåsing

Selv om SiC med størrelse 1-2 viser bedre resultater enn 0-2 størrelsen, er det fortsatt ikke god med tanke på bruken av steinene og ønsket om en lang levetid. derfor ble epoksy brukt for å se om vi kunne fått bedre resultater med den.

#### SiC festet med epoksy:

Før jeg brukte epoksy har jeg sandblåst steinene for å rense dem av små partikler som kan påvirke styrken til epoksy, i bilde under kan man se forskjellen på blåste og ikke blåste stein. Steinene nederst er blåste



Det ble navnet tidligere hvordan hver stein blitt 2 delt for å teste beste legg metode til SiC

**Steinen med epoksy størrelse 0-2:** veide 3657 for testing og ble plassert slik at sandblåseren treffer midtpunkt på steinen for å få nøyaktige resultat på begge legge metodene, etter 30 sekunder var det nesten ingen endringer i delen som ble direkteblandet på steinen, mens på delen som blandet i treplate og smøret på steine var det mer som ble blåst. Etter 60 sekunder viser det lite tap i direkteblandet del og mer tap på andre delen. Steinen veide 3635 etter testen. Bilde nede viser resultatet før og etter.



Delen over viser det som ble blandet på treplate først. Delen under viser direkteblandet, (0-2 mm)

**Steinen med epoksy størrelse 1-2:** veide 3693 for testing og ble plassert slik at sandblåseren treffer midtpunkt på steinen for å få nøyaktige resultat på begge legge metodene, etter 30 sekunder var det nesten halvparten borte og dette skyldes lite mengde epoksy som var igjen, men det viser fortsatt bedre resultater på direkte festet delen enn andre. Etter 60 sekunder var det nesten ingen forskjell fra resultatene på 30 sekunder. Steinen veide 3661 etter testen. Bilde nede viser resultatet før og etter



Delen over viser det som ble blandet på treplate først. Delen under viser direkteblandet, (0-2 mm)

### Konklusjon:

Etter å ha utført grundige tester og analysert resultatene, konkluderer jeg med at å bruke epoksy for å feste silisiumkarbid på steinene gir bedre resultater enn å støpe med betong. Resultatene viser at steinene festet med epoksy viste mindre tap av materiale under sandblåsing sammenlignet med de som var festet med betong. Dette tyder på at steinene festet med epoksy vil ha en lengre levetid og vil kunne brukes mer effektivt.

For å gjøre det enklere å sammenligne og velge hvilken type stein som er best å bruke, vil jeg utarbeide en tabell som viser de forskjellige steintypene og sortere dem fra sterkest.

Anbefalingen har jeg kommet fram til fra resultatene vi fikk etter testing

Nummer	SiC størrelse	Feste metode	Anbefaling
1	0-2 mm	Epoksy direkte	God
2	1-2 mm	Epoksy direkte	God
3	1-2 mm	Epoksy ikke direkte	Middel
4	0-2 mm	Epoksy ikke direkte	Dårlig
5	1-2 mm	Støpt med betong	Dårlig
6	0-2 mm	Støpt med betong	Dårlig

## Strekktest

Strekktesting er en vanlig testmetode for å fastsette bruddstyrken og stivheten til ulike materialer, spesielt metaller, testen brukes også for å teste hvor fast sitter lagene oppi hverandre eksempel maling på biler. Under testingen måles både kraft og forlengelse av materialet. Dette utføres ved å strekke en prøve i form av en sirkel med en bestemt radius, inntil silisiumkarbid brytes av belegningsstein. Strekktesting skal vise oss hvor sterkt binder lagene sammen på steinene og kan brukes til å evaluere kvaliteten på materialene som testes. [41].

### Utstyr:

1. PAT GM04 Adhesion Tester – 20kN manuell hydraulisk strekkfasthetstester



2. Epoksy, supersterk 2\*75 ml



3. plate for å blande epoksy på



### Utførelse:

1. Renset steinene og metallflatene for å unngå at noe påvirker styrken til epoksyen.
2. Blandet epoksyen på en treplate og fulgte nøye bruksanvisningen for epoksyen.
3. Bestemte plasseringen til steinene som skulle testes, og påførte epoksy på metallplatene før jeg forsiktig satte dem på de utvalgte stedene.
4. Ventet i en hel dag for å sikre at epoksyen tørket og herdet så mye som mulig, og oppnå den høyeste styrken.

5. Etter 24 timer tok jeg testen og nøyaktig registrerte resultatene.



Bilde viser legging til epoksy og metallplater på steiner for strekktesten (pull-off) test

### Resultatet:

Testresultatene indikerte at det var en variasjon i kreftene som kreves for å strekke silisiumkarbid avhengig av festemetoden som ble brukt på belegningssteinene. Testen involverte 3 forskjellige steiner, og ikke alle steintypene som er nevnt i tabellen på side 90 ble inkludert, ettersom det kun var tilgjengelig 3 metallflater som kunne brukes til å feste silisiumkarbid på steinene. Derfor ble de mest lovende steintypene valgt for testen.

### Steinen med epoksy størrelse 0-2:

I strekktesten på denne typen stein ble det oppnådd en resultatverdi på 2 MPa, som tilsvarer 290 psi. Dette indikerer den høyeste spenningen som materialet var i stand til å motstå før det brøt eller ble



deformert. Det bør bemerkes at denne typen stein var den som hadde den laveste spenningsverdien sammenlignet med andre testet materialer.

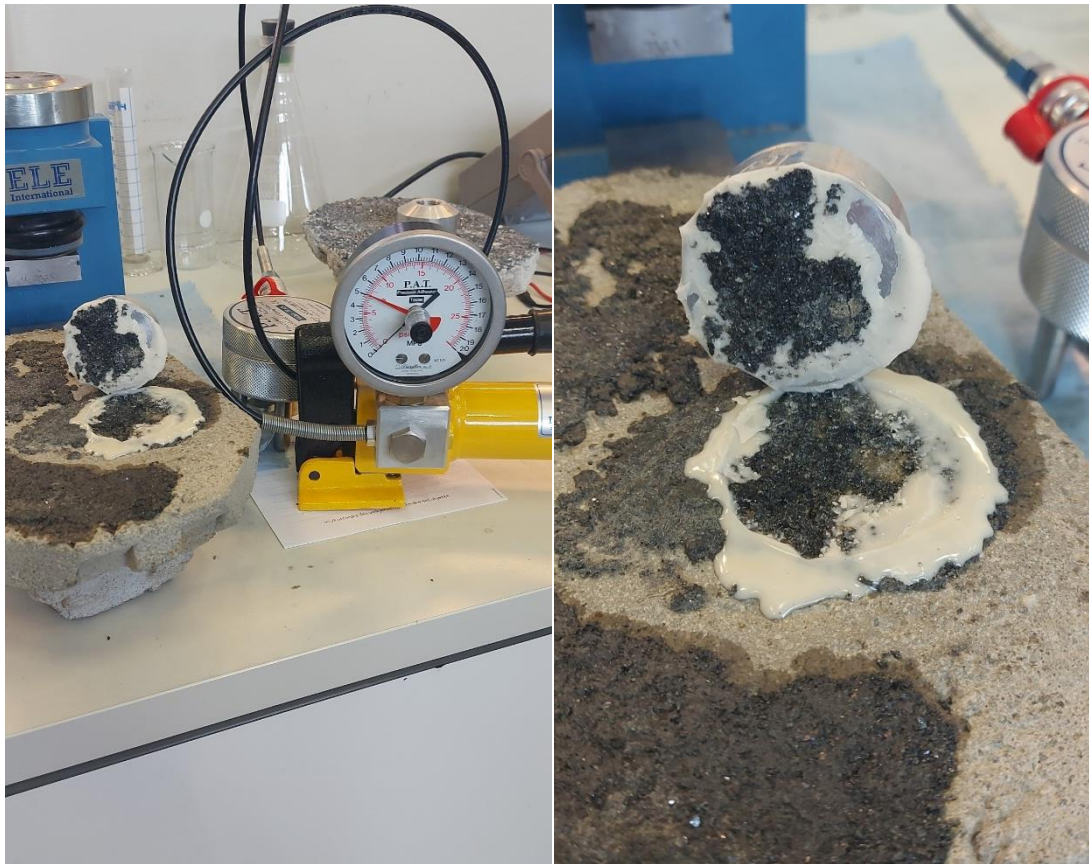


Bilde viser resultatet på stein med epoksy. 0-2 mm.

#### Steinen med epoksy størrelse 1-2:

En resultatverdi på 5,1 MPa eller 740 psi ble oppnådd i strekktesten på denne typen stein, noe som viser at materialet hadde en høyere motstandsdyktighet mot strekktrykken enn den forrige testen på silisiumkarbid på 0-2 mm størrelse. Det bør bemerkes at det er noen usikkerheter knyttet til denne testen, da det ble påført for mye epoksy rundt metalplaten som kan ha påvirket resultatene.

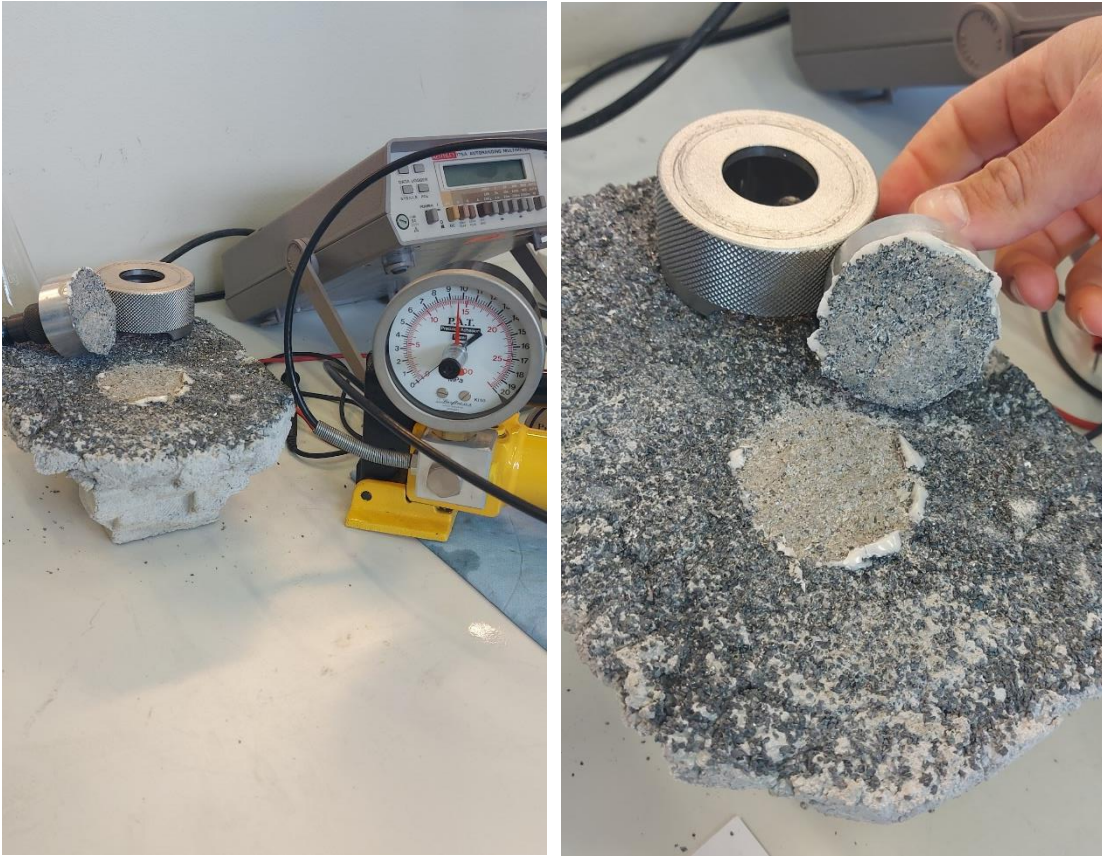
Metalplaten hadde også store mengder epoksy rundt den. I tillegg kan den ujevne overflaten på steinen være en mulig feilkilde i testresultatene. Derfor bør testresultatene tolkes med forsiktighet og sammenlignes med andre tester utført på samme materiale under lignende forhold for å få et mer pålitelig bilde av materialets egenskaper. Bilde under viser epoksy mengden.



Bilde viser resultatet på stein med epoksy. 1-2 mm.

#### Steinen med SiC størrelse 1-2:

I strekktesten på denne typen stein ble det oppnådd en resultatverdi på 10 MPa, som tilsvarer 1450 psi. Dette indikerer den høyeste spenningen som materialet var i stand til å motstå før det brøt eller ble deformert. Dette er beste resultatet vi har fått i strekke testen.



Bilde viser resultatet på stein med betong. 1-2 mm

### Konklusjon:

Basert på resultatene, ser det ut til at belegningssteinen som ble støpt med betong hadde den høyeste motstanden i strekktestingen. Bildet nedenfor viser at i denne steinen var silisiumkarbid så fast at det var betongen som ble trukket i testen, og ikke SiC, i motsetning til de andre steinene der kun SiC ble løsnet med mindre kraft.



Første til venstre viser prøven til 1-2 epoksy. Andre i midten 0-2 epoksy. Tredje til høyere 1-2 betong

## Oppgave konklusjon

Kapittel 1: Patentsteinen har en lovende design som viser seg å være mer effektiv enn vanlige belegningsstein som finnes i dag, designen ble først utviklet av Stavens og fant ut at den var beste designe. Steinene kan tilpasses etter behov ved hjelp av hulrom som kan brukes til flere funksjoner som installere varmekabler. I tillegg åpner denne innovasjonen for muligheten til å integrere fremtidige teknologier som lader biler mens de kjører. Videre har Magnus oppdaget at disse steinene gir en bedre låsning på underlaget enn de beste steinene som brukes idag. Patentsteinen gir rom for mange ulike bruksfunksjoner, og en av de interessante idéene har vært å bruke dem til å lede vann gjennom hulrommene for å forhindre oversvømmelse, som Eikeskog har undersøkt nærmere. Fokuset i denne oppgaven har derfor vært på denne innovative steinen og dens lastfordelingsegenskaper og termiske egenskaper.

### Kapittel 2:

Jeg har lagt grunnlaget for oppgaven ved å undersøke generell informasjon om belegningsstein. Gjennom denne undersøkelsen har jeg fått en grundig forståelse av de ulike typene steiner som finnes på markedet i dag, inkludert patenterte steiner og deres fordeler i forhold til tradisjonell belegningsstein. I tillegg har jeg undersøkt hvordan de nye steinene skiller seg fra vanlig belegningsstein og dannet ideer om hvordan belegningsstein bør legges for å oppnå optimal styrke og sikkerhet for de som ferdes på gaten. Ved å gå grundig gjennom denne informasjonen har jeg bygget en solid base for videre utforskning og analyse av belegningsstein, og jeg er nå klar til å ta oppgaven videre for å utforske dette emnet enda dypere.

### Kapittel 3:

Her har jeg forklart ideen om de nye kombinasjon mellom belegningsstein og silisiumkarbid. Først og fremst, la meg beskrive hvordan vi kan bruke silisiumkarbid i belegningssteinene. Silisiumkarbid er et materiale med eksepsjonell hardhet og slitestyrke, og det er ideelt for bruk i belegningssteinene på grunn av dets evne til å tåle tung trafikk og slitasje over tid. kombinasjonen vil skape en belegningsstein som er mye mer slitesterk og holdbar enn tradisjonelle steiner. Når det gjelder å løse problemet med de bratte bakkene i sentrum av Stavanger kommune, har jeg utviklet flere løsninger som kan hjelpe tungebiler å kjøre opp bakken lettere. En av disse løsningene er å bruke de nye belegningssteinene med silisiumkarbid. Ved å erstatte de gamle steinene med de nye steinene med å gjøre det, vil vi kunne øke friksjonen mellom hjulene på tungebilene og veibanen. Dette vil gjøre det lettere for biler å komme seg opp bakken.

Jeg har også gjort en del beregninger for å gi en vitenskapelig forståelse av problemet vi står overfor. Ved å analysere stigningen på bakken og tyngden av tungebilene som brukes i området, har jeg vært i stand til å estimere hvor mye friksjon som trengs for å få bilene opp bakken. Dette har hjulpet meg å utvikle de beste løsningene for å hjelpe tyngebilene å kjøre opp bakken mer effektivt. Alt i alt tror jeg at ideen om å bruke de nye belegningssteinene med silisiumkarbid er en svært lovende løsning på problemet vi står overfor i Stavanger kommune. Ved å bruke disse steinene, kan vi hjelpe biler å kjøre opp de bratte bakkene i sentrum, samtidig som vi sikrer at veibanen forblir holdbar og slitesterk over tid.

Kapittel 4 og 5:

I denne delen av prosjektet har jeg tatt ideen til de nye belegningssteinene et steg videre ved å teste ut hvordan silisiumkarbid kan komponeres med belegningsstein for å øke styrken og tettheten. Dette har involvert fysisk arbeid med steinene, der jeg har støpt dem med silisiumkarbid og utført tester for å sikre at de kan tåle stor belastning. Under denne prosessen opplevde jeg at betongen ble hard og vanskelig å jobbe med på grunn av det lave vanninnholdet i betongen. I tillegg var formene vanskelige å jobbe med, spesielt når jeg måtte støpe gjennom små åpninger. Det at silisiumkarbid legger under formene som eget lag gjorde det vanskelig å bruke betongvibrator. Disse årsakene har påvirket negativt på formen til steinene da ble de ikke fyllet riktig med betong.

Jeg lå steinene ligge i vann i 28 dager for å teste dem etter herding. For å teste styrken på betongen støpte jeg fire terninger, hvor to av dem ble testet etter 14 dager og de to andre etter 28 dager. Resultatene jeg fikk tilbake var veldig positive når det gjelder tetthet og trykksterke. Jeg la også merke til at betongtettheten ikke endret seg så mye fra fersk betong til ferdig betong, men det var betydelige forskjeller i styrken mellom 14 og 28 dager.

Basert på disse resultatene vil jeg anbefale at steinene legges i vann i 28 dager for å oppnå best mulig styrke og lang levetid. Disse steinene kan være nyttige på steder med tunge kjøretøy, som militære områder og flyplasser, hvor det er behov for å tåle stor belastning.

## Kapittel 6:

I denne delen av arbeidet har jeg utført en test for å vurdere hvor godt silisiumkarbid sitter på steinene. Sandblåsingstesten jeg har utført er en måte å måle hvor godt overflaten på steinene og bindemiddelet holder opp mot ytre påvirkninger. Ved å utføre testen på steiner som har blitt bindet på forskjellige måter, har jeg kunnet sammenligne resultatene og evaluere hvilken metode som fungerer best. Jeg så også forskjellige måter å feste silisiumkarbid på steinene. Det er tydelig at epoksy har vist seg å være et sterkt bindemiddel, og at det beste resultatet oppnås ved å påføre et lag med epoksy og deretter spre silisiumkarbid over det. Dette er viktig resultat som vil kunne brukes i videre utvikling av produksjonsprosessen. Silisiumkarbid med størrelse på 1-2 mm og epoksy som bindemiddel gir de beste resultatene.

## Kapittel 7:

En strekktest er en viktig test for å vurdere bruddstyrken og stivheten til nye materialer. Det er en prosess der materialet blir utsatt for en økende kraft og måles hvor mye det kan tåle før det ryker eller bryter. I dette tilfellet har du utført strekktest på tre forskjellige steiner, hver med en spesiell metode for å feste silisiumkarbid og med forskjellig størrelse på silisiumkarbidet.

Resultatene av testen viser at steiner som var støpt med betong og hadde silisiumkarbid var den sterkeste og hadde den høyeste bruddstyrken. Dette kan tyde på at betongstøping gir en god binding mellom silisiumkarbidet og steinen og gir dermed høy styrke. Basert på resultatene av strekktesten kan man konkludere med at steiner som er støpt med betong og festet med silisiumkarbid er den beste kombinasjonen i strekktesten.

Til slutt har jeg kommet frem til at silisiumkarbid med størrelse 1-2 mm gir de beste resultatene. Dette er viktig å ta hensyn til når man velger materialer for å oppnå maksimal styrke og holdbarhet. Videre anbefaler jeg å bruke epoksy som bindemiddel i stedet for betong. Dette skyldes at steinene skal tåle store mengder slitasje og korrosjon over tid, og epoksy har vist seg å være mer effektivt enn betong når det kommer til slitasje (sandblåsing). Det er viktig å bemerke at har testet både betongbinding og epoksybinding i 60 sekunder på hver stein, og begge hadde silisiumkarbid igjen. Men det var klart mer silisiumkarbid igjen i epoksybindingen, noe som viser at denne typen binding gir bedre resultater når det kommer til å holde fast silisiumkarbidet på steinene.

På bakgrunn av disse resultatene vil jeg sterkt anbefale å bruke silisiumkarbid med størrelse 1-2 mm og epoksy som bindemiddel for å oppnå maksimal styrke og holdbarhet på steinene. Dette er spesielt viktig på steder med mye slitasje, som tunge kjøretøyer.

#### Kilder:

- [1] Patentstyret. "Siste publiserte versjon av patent." Patentstyret.  
<https://search.patentstyret.no/Patentskrifter/Publisering/334243.pdf>. [Funnet 17.02.2020].
- [2] F. Stavnes, *Videreutvikling av belegningsstein med mulighet for integrerte tekniske installasjoner..* Stavanger: UiS, 2017.
- [3] K.M. Torgrimsen, *Trykkfordelende belegningsstein med mulighet for tekniske installasjoner.* Stavanger: UiS, 2020.
- [4] A. Eikeskog, *Trykkfordelende belegningsstein med mulighet for overvannshåndtering.* Stavanger: UiS, 2021.
- [6] Vegdirektoratet, *Steindekker*, Statens Vegvesen, 2018. [Online]. Hentet fra:  
<https://www.vegvesen.no/globalassets/fag/handboker/hb-v262-steindekker.pdf>. [Nedlastet 17.01.2023].
- [7] J. V. Thue. "fundament." Store norske leksikon. <https://snl.no/fundament>. [Funnet 11.02.2020].
- [8] Norsk Betongindustriforening, *Belegningsprodukter på veier og plasser*, [Oslo], Norsk betongindustriforening, 2000. [Online]. Hentet fra:  
<https://www.yumpu.com/no/document/read/6822102/dimensjoneringstabell-for-veg-overbygninger-norsk-belegningsstein>. [Nedlastet 25.01.2023].
- [9] Vegdirektoratet, *Vegbygging N-200*, Statens Vegvesen, 2018. [Online]. Hentet fra:  
<https://www.vegvesen.no/globalassets/fag/handboker/hb-n200-vegbygging-juli-2018.pdf>
- [10] Norsk Belegningsstein. "Settelag | Belegningsstein.info." Norsk Belegningsstein.  
<http://www.belegningsstein.info/utfoerelse/settelag/> . [Funnet 04.02.2020].
- [11] Norsk Kommunalteknisk Forening, *Belegningsstein og heller av betong - en veiledning*, Oslo, Norsk Kommunalteknisk Forening, 2005. [Online]. Hentet fra:  
<https://www.asak.no/content/download/6548/37204/file/NKF-hefte.pdf>.



- [12] J. V. Thue. "fuge – mellomrom." Store Norske Leksikon. [fuge – mellomrom – Store norske leksikon \(snl.no\)](https://snl.no/fuge-mellomrom) [Funnet 11.02.2020].
- [13] Norsk Belegningsstein. "Produksjon | Belegningsstein.info." Norsk Belegningsstein. <http://www.belegningsstein.info/produkt/produksjon/> . [Funnet 10.02.2020].
- [20] Norsk Kommunalteknisk Forening. *Belegningsstein og heller av betong - en veiledning*. Oslo, november 2005. <https://www.asak.no/content/download/6548/37204/file/NKF-hefte.pdf> [funnet 15/1/2023]
- [21] Norsk belegningsstein. *Lyd-, lys og friksjonsegenskaper*. CID AS 2016  
<http://www.belegningsstein.info/produkt/trafikksikkerhet/lyd-lys-og-friksjonsegenskaper/> (Funnet 18/1/2023)
- [22] Norsk belegningsstein. *Legging av belegningsstein*. CID AS 2016  
<http://www.belegningsstein.info/utførelse/legging-av-belegningsstein/> (Funnet 20/1/2023)
- [23] En praktisk håndbok. *Legging av belegningsstein og heller*. Tempa AS, Oslo  
<https://www.yumpu.com/no/document/read/6569997/legging-av-belegningsstein-og-heller-norsk-belegningsstein>(Funnet 20/1/2023)
- [24] Norsk belegningsstein. *Dimensjonering*. CID AS 2016.  
<http://www.belegningsstein.info/utførelse/dimensjonering/>(Funnet 21/1/2023)
- [25] Byggforskeren, *Belegg på mindre vegger og plasser 517.112*. Høst 1998  
[https://www.byggforsk.no/dokument/268/belegg\\_paa\\_mindre\\_vegger\\_og\\_plasser](https://www.byggforsk.no/dokument/268/belegg_paa_mindre_vegger_og_plasser) (Funnet 1/2/2023)
- [26] Statens Vegvesen, *Vegbygging: normaler [Håndbok 018- 2005]*.  
<https://vegvesen.brage.unit.no/vegvesen-xmlui/handle/11250/2583318?show=full> (Funnet 26/1/2023)
- [27] Gjør det selv. *Slik slipper du ugress i belegningen*. Bo Karlsen 2018  
<https://gjoerdetselv.com/legge-belegningsstein/sa-enkelt-slipper-du-ugress> (Funnet 3/2/2023)
- [28] Miljøstein, *Hvordan legge belegningsstein*.  
[Hvordan legge belegningsstein og betongheller? | Miljøstein \(miljostein.no\)](http://www.miljostein.no/hvordan-legge-belegningsstein-og-betongheller/) (Funnet 14/2/2023)
- [29] Norsk Kommunalteknisk Forening, *Belegningsstein og heller i betong*. MUR+BETONG 4–2007  
<https://murbetong.no/wp-content/uploads/converted/joomdocs/704-belegning2.pdf> (Funnet 19/1/2023)
- [30] Sintef. *Permeable dekker med belegningsstein i betong håndterer overvann*. 2018  
<https://www.sintef.no/community/fagblogg/poster/permeable-dekker-med-belegningsstein-i-betong-handterer-overvann/> (Funnet 26/1/2023)
- [31] Norsk belegningsstein. *produkt*. CID AS 2016  
<http://www.belegningsstein.info/produkt/> (Funnet 15/1/2023)
- [32] Norsk belegningsstein. *utførelse*. CID AS 2016

<http://www.belegningsstein.info/utfoerelse/legging-av-belegningsstein/> (Funnet 15/1/2023)

[33] Forskning.no, *Silisiumkarbid minsker energitapet i elektronikken vår*. Øystein Rygg Haanæs 2019

<https://forskning.no/de-regionale-forskningsfondene-energi-industry/silisiumkarbid-minsker-energitapet-i-elektronikken-var/1572613>

[34] Aftenposten, Tesla-sjefens nye tunnel-idé lar deg kjøre under køen i 250 km/t. Per Kristian Bjørkeng 2019

<https://www.aftenposten.no/kultur/i/G1E8bl/tesla-sjefens-nye-tunnel-ide-lar-deg-koere-under-koen-i-250-km-t>

[35] Imerys. Silicon carbide. <https://www.imerys.com/product-ranges/silicon-carbide>

[36] X-engineer, How to calculate road slope (gradient) force. <https://x-engineer.org/road-slope-gradient-force/>

[37] Renovasjonsteknisk veileder. <https://bir.no/media/10641/rtv-revisjon-20.pdf>

[38] Statens Vegvesen, friksjon og friksjonsmålinger. <https://shorturl.at/ekGH1>

[39] Stigning. <https://no.wikipedia.org/wiki/Stigning>

[40] Densitet <https://snl.no/densitet>

[41] Kiwa, *Strekprøving av metaller, plast og kompositter*  
<https://www.kiwa.com/no/no/tjeneste/testing/strekproving/>

## Vedlegg

1. Databladet Robust Støpemørtel B40
2. Databladet SIKA silicon Carbid
3. Databladet Biltema. Hurtigepoksy, 2 x 21 g
4. Databladet Biltema. Epoksy, supersterk
5. Risikovurdering

# 1. Databladet Robust

## Robust Gulvsystem



## Robust Støpemørtel B40

Universal tørrbetong til støpearbeider med krav om høy styrke. Kan benyttes til påstøp på industrigulv, maskinfundamenter, kaier, broer, trapper som er utsatt for store påkjenninger. God bearbeidelighet. Benyttes inne og ute.

### Enkelt å regne forbruk

- 1 sekk gir 10 liter ferdig masse.
- 1 sekk pr. cm/m<sup>2</sup>

### Beskrivelse

Robust Støpemørtel B40 er en universal tørrbetong til støpearbeider med krav om høy styrke. Kan benyttes til påstøp på industrigulv, maskinfundamenter, kaier, broer, trapper som er utsatt for store påkjenninger. Anbefalt støpetykkelse på gulv er 20-80 mm. Til større/tykkere støpearbeider lages en grovere betong hvor det tilsettes inntil 30% singel/pukk (8-16mm eller 16-22mm) til Robust Støpemørtel.

### Forarbeid

Underlaget skal være fast og rengjort for løse partikler, sementslam, støv eller annen forurensning som kan forhindre heft til underlaget. Om nødvendig prikkhugges og/eller sandblåses underlaget før mørtelen legges ut. Underlaget skal ha en trekkstyrke på min. 1,5 MPa i overflaten. Den rengjorte overflaten forvannes eller primes til overflaten er mett. Unngå at det dannes damper. Velg riktig primer til underlaget. Støpetykkelse under som bør alltid være fast forankret med Robust Limemørtel eller gysing. Underlaget slemmes med Robust Limemørtel og mørtelen støpes så «vått i vått». Ved gysing lages gysmassen ved å blande litt mørtelpulver med 1 del vann og 1 del Robust Primer & Tilsetning til en vellingkonsistens. Dette koster ut som grunning (gysing). Støping kan utføres når gysingen er gangbar.

### Utblanding

Små mengder kan blandes for hånd, noe større mengder med kraftig drill. Tvangs- eller vanlig mørtelblander benyttes til større arbeider. Hell først i ca. 80% av vannet (rent vann) i blanderen og bland til en klumpfri, homogen masse. Juster konsistensen med mer vann, og bland massen ytterligere. Konsistensen justeres etter støpearbeidets art. Vannforbruk er ca. 2,4 liter pr. 20 kg sekk. Merk at for mye vann svekker mørtelen.

### Bruksmåte

Mørtelen påføres med pussbrett, murskje e.l. Det er viktig at massen komprimeres godt med underlaget, slik at luftlommer unngås. Filsing/glatting kan skje så snart massen har satt seg. Rett etter påføring bør støpen beskyttes mot for hurtig uttørring ved å påføre membranherder, legge på plastfilm eller ettervanne i 1-2 døgn når støpen har satt seg. Brukstil utblandet masse er ca. 2 timer, ikke tilsett mer vann når massen har begynt å herde. Ved støping av flytende gulv (min. 5 cm tykkelse) på f.eks. plastfolie, eller EPS/XPS bør det legges inn armering. Ved støping med forskaling kan forskalingen fjernes etter 1-2 dager. Masse som har begynt å herde skal ikke brukes. Redskap rengjøres med vann.

### Forbruk

Forbruk: 2 kg/mm/m<sup>2</sup>.  
Volum: ca. 10 liter/20kg.

### Torketid (+20°C og 50% RF)

Temperatur skal ligge mellom +5 og +25°C, dette gjelder også underlaget. Det anbefales å påføre membranherder eller plast umiddelbart etter utlegging. Unngå å påføre mørtelen på varme overflater, i sterkt solskinn eller i regnvær.

Det anbefales å ettervanne i 1-2 døgn etter herding for å unngå krymp, sprekker og svekking av konstruksjonen. Ved høye temperaturer bør det ettervannes i 4-5 dager.

### Lagring

Lagres tørt, i uåpnet originalpakning. Beste bruksegenskaper innen 2 år fra produksjonsdato. Etter ca. 1 år reduseres effekten av de kromreducerende tilsetningsstoffene.

### Tekniske data

Vanntilsetning:	ca. 2,4 liter pr. sekk
Forbruk:	2 kg/mm/m <sup>2</sup>
Bruktid:	ca. 2 timer
Største kornstørrelse:	0-6 mm
Fasthetsklasse:	B40
Klasse:	NS-EN 206 + NA Betong
Bestandighetsklasse:	M60
Kloridklasse:	C1 0,1
Trykkfasthet:	Etter 28 døgn: > 50 MPa

### Varedata

Emballasje/pall: 20 kg plastsekk. 54 stk/pall.  
500 og 1000 kg big-bag. Miljøvennlig emballasje med lenger holdbarhet. Gjenvinnes som ren plast.

### Vare nr.

20kg:	169
500kg:	438
1000kg:	145

### Nobb nr.

20kg:	55162584
500kg:	55162592
1000kg:	55162603


### Gtin:

20kg:	7090040901699
500kg:	7090040904396
1000kg:	7090040901453

Arbeidshygiene forhold/vernetiltak. Produktet inneholder sement og blandet med vann kan virke irriterende på hud og øyne. Les alltid advarelseløket på pakningen for arbeidsgangsettes. NB! Berytt alltid siste oppdaterte dokumentasjon som er tilgjengelig på [www.robustnorge.no](http://www.robustnorge.no).

Revisjons dato: 01.01.2019

## 2. Databladet SIKA silicon Carbide

									
FICHE D'ANALYSE								CF 03	
Fiche N°:	LAB Sample			Client:	Universitetet i Stavanger				
Date d'analyse:	28.02.2023			Date de production:	28.02.2023		A l'attention de:	Q.C DEPARTEMENT	
Produit:	SIKA REF II			Granulométrie:	0 - 2 mm		Date :	28.02.2023	
Production:	REFRA 1 (A22/177+A23/12)			Emballage:	B.B.		Tonnage:	1 Kg	
Vos réf:	John C Gronli			Nos réf:	SR N° 23-006		Signature:	F. Artus	
Analyse granulométrique				Pesée:	100 gr		Temps:	5 min	
N° de palette									S950-2V1
Tamis contrôle n°: 17	Refus (%)	Refus (%)	Refus (%)	Refus (%)	Refus (%)	Refus (%)	Refus (%)	Refus (%)	Spécification (%)
> 2 mm	1,00								0 - 5
> 1	48,00								20 - 50
> 0,5	72,00								45 - 75
> 0,1	97,00								90 - 100
< 0,1	3,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	0 - 10

Matériaux Céramiques S.A.  
Route de Villers, 19 - B-4162 HODY (Belgique) - Bureaux Tél : +32 4 383 98 20 - Fax : +32 4 383 72 09

# 2. Databladet SIKA silicon Carbide



FICHE D'ANALYSE								CF 03	
Fiche N°:	A 23 / 12			Client:	Universitetet i Stavanger				
Date d'analyse:	28.02.2023			Date de production:	28.02.2023		A l'attention de:	Q.C DEPARTEMENT	
Produit:	SIKA REF II			Granulométrie:	1 - 2 mm		Date :	28.02.2023	
Production:	REFRA 1			Emballage:	B.B		Tonnage:	1 Kg	
Vos réf:	John C Gronli			Nos réf:	SR N° 23-006		Signature:	F. Artus	
Analyse granulométrique				Pesée:	100 gr		Temps:	5 min	
N° de palette									S951-2V1
Tamis contrôle n°: 2	Refus (%)	Refus (%)	Refus (%)	Refus (%)	Refus (%)	Refus (%)	Refus (%)	Refus (%)	Specification (%)
> 2 mm	1,00								0 - 10
> 1	92,00								90 - 100
< 1	7,00								0 - 10

Matériaux Céramiques S.A.  
 Route de Villers,19-B-4102 HODY (Belgique) – Bureaux Tél : +32 4 383 98 20 - Fax : +32 4 383 72 09

### 3. Databladet Biltema. Hurtigepoksy, 2 x 21 g



**39<sup>90</sup>**

ekskl. mva.: 31 92

Pris / KG: 950,-

#### Hurtigepoksy, 2 x 21 g

Art.nr. 36-2361

Finnes på lager i [68 varehus](#)



LEGG I HANDLEVOGN

#### Kjøp & Hent

Kjøp & Hent i ditt varehus.

LES MER →

#### Beskrivelse

Transparent. Ekstra sterkt. Limer keramikk, tre, glass, metall, stein med mer. Tokomponent epoksyylim med ekstremt høy styrke. Fyller hulrom og gir ekstra sterke og vannette fuger.

#### Bruksanvisning

1. Sørg for at overflatene er rene. Harde, glatte overflater må pusses ru.
2. Trykk ut en like stor mengde fra begge tubene på en ren plate.
3. Bland grundig i ett minutt. Ferdigblandet epoksyylim må brukes umiddelbart.
4. Påfør lim på en overflate. Press sammen umiddelbart, og fortsett å trykke i to minutter til limfugen har herdet.
5. Den fester etter cirka 20 minutter i romtemperatur. Full styrke oppnås etter cirka 24 timer.

**OBS!** Skal oppbevares vertikalt i romtemperatur.

**OBS!** Vernehansker anbefales.

Irriterer huden. Gir alvorlig øyeirritasjon. Oppbevares utilgjengelig for barn. Dersom det er nødvendig med legehjelp, ha produktets beholder eller etikett for hånden. Vask hendene grundig etter bruk. Benytt vernehansker/vernebriller/ansiktsvern. VED HUDKONTAKT:Vask med mye vann. VED KONTAKT MED ØYNENE:Skyll forsiktig med vann i flere minutter. Fjern eventuelle kontaktlinser dersom dette enkelt lar seg gjøre. Fortsett skyllingen. Tilsølte klær må fjernes. Og vaskes før bruk.

Irriterer huden. Gir alvorlig øyeirritasjon. Kan utløse en allergisk hudreaksjon. Giftig, med langtidsvirkning, for liv i vann. Oppbevares utilgjengelig for barn. Dersom det er nødvendig med legehjelp, ha produktets beholder eller etikett for hånden. Unngå utslipp til miljøet. Benytt vernehansker/verneklær/vernebriller/ansiktsvern. VED HUDKONTAKT:Vask med mye vann. VED KONTAKT MED ØYNENE: Skyll forsiktig med vann i flere minutter. Fjern eventuelle kontaktlinser dersom dette enkelt lar seg gjøre. Fortsett skyllingen. Samle opp spill.

Innhold/holder leveres i henhold til nasjonale bestemmelser. Inneholder: Propane, 2,2-bis [p-(2,3-epoxypropoxy) phenyl]-polymers

# 4. Databladet Biltema. Epoksy, supersterk



**89<sup>90</sup>**

ekskl. mva.: 71 92

Pris / L: 599 33

## Epoksy, supersterk

Art.nr. 36-2421

Finnes på lager i [1 varehus](#)

 Erstattes av [36-2366](#)



LEGG I HANDLEVOGN 

### Kjøp & Hent

Kjøp & Hent i ditt varehus.

LES MER →

## Beskrivelse

- Tokomponent epoksyrim som fuger, fyller, fester og reparerer.
- Gir svært sterke fuger for de fleste materialer, som plast, metall, glass, keramikk, tre, stein, glassfiber med mer.
- Egnert for å feste detaljer og reparere plast, servanter, båter med mer.
- Grå. 2 x 75 ml.

## Bruksanvisning


1. Rengjør og tork overflatene som skal limes.
2. Bland like deler fra de to boksene.
3. Påføres innen 2 timer.
4. Jevn ut med en fuktet spatel.
5. Herder på 3 timer. Etter 24 timer kan overflaten slipes, bores og males.

## Herder



### Fare

Kan utløse en allergisk hudreaksjon. Gir alvorlig øyeskade. Skadelig, med langtidsvirkning, for liv i vann.

Vis faresymboler 



# 5. Risikovurdering

		Eksist. tiltak				Nye tiltak												
Område / Prosess / Aktivitet	Mulig uønsket hendelse	Mulig konsekvens	Konsekvensreduerende tiltak hensyntatt i analysen	Mulige årsaker	Sannsynlighetsreduerende tiltak hensyntatt i analysen	T	K	S	R	Tiltak	Prioritet	Ansvarlig for gjennomføring	Frist	K	S	R		
Bruk av flytende betong og støping arbeid	kontakt med sement (tørr og flytende)	Brannskader	Pakke til brannskader i førstehjelp boks på veggen, ved siden av inngangen	ved tømming fra pose og fylling i beholdere	Bruk av hansker og riktig klær under testen	M	2	1	L							2	1	L
	flytende betong under laging	Irritasjon av øyne og ansiktet	Nøddusj ved siden av inngangen	røremaskinen er ikke lukket ordentlig	bruk av briller/ glass masket	M	2	1	L							2	1	L
	støy fra røremaskin	skader i høresansen	bruke riktig utstyr (Hørseilvern)	maskinen lager høylyd ved røring	bruk hørseilvern	M	1	2	L							1	2	L
	Miste formene på fottene	skader på foten		men er ikke nøye med arbeidet	bruke vernesko	M	2	3	M							2	3	M
	støv fra sement	irritasjon av luftveier		Hodet over instrument ved mykningspunkt og avsugsarmen ikke i bruk	Kontinuerlig bruk av avsugsarmer på laben når undersøkelsene er i gang. Man må ha på maske uavhengig om det er inne eller ute	M	2	2	L							2	2	L

## Kriterier

## Før tiltak

## Etter tiltak

Sannsynlighet	Svært sannsynlig	5	M	H	H	H	H
	Meget sannsynlig	4	L	M	H	H	H
	Sannsynlig	3	L	M	M	H	H
	Mindre sannsynlig	2	L	L	M	M	H
	Lite sannsynlig	1	L	L	L	L	M
			1	2	3	4	5
			Ufarlig	En viss fare	Farlig	Kritisk	Katastrofal
			Konsekvens				

Sannsynlighet	Svært sannsynlig	5					
	Meget sannsynlig	4					
	Sannsynlig	3		1			
	Mindre sannsynlig	2	1	1			
	Lite sannsynlig	1		2			
			1	2	3	4	
			Ufarlig	En viss fare	Farlig	Kritisk	
			Konsekvens				

Sannsynlighet	Svært sannsynlig	5					
	Meget sannsynlig	4					
	Sannsynlig	3		1			
	Mindre sannsynlig	2	1	1			
	Lite sannsynlig	1		2			
			1	2	3	4	
			Ufarlig	En viss fare	Farlig	Kritisk	
			Konsekvens				

1	Lite sannsynlig	Sjeldnere enn hvert 10. år
2	Mindre sannsynlig	1 gang per 10. år eller oftere
3	Sannsynlig	1 gang per 5. år eller oftere
4	Meget sannsynlig	1 gang i året eller oftere
5	Svært sannsynlig	1 gang pr.måned eller oftere

	1	2	3	4	5
	Ufarlig	En viss fare	Farlig	Kritisk	Katastrofe
<b>1. Menneske</b>	Liten personskade uten fravær.	Mindre personskade med egenmelding.	Alvorlig personskade med sykemelding.	Skade som kan resultere permanent uforhørd/død for en person.	Skade som kan resultere flere dødsfall, samt flere personer kritisk skadd.
<b>2. Ytre miljø</b>	Ingen miljøskader.	Moderate miljøskader (restitusjonstid opp til en måned).	Alvorlige miljøskader (restitusjonstid 1 måned til 1 år).	Meget alvorlige miljøskader (restitusjonstid 1 til 10 år).	Svært alvorlige miljøskader (restitusjonstid lenger enn 10 år).
<b>3. Økonomiske / materielle verdier</b>	Hendelser som fører til økonomisk tap for UIS på opp til kr. 100.000. For enheten: Inntil 100.000.	Hendelser som kan føre til økonomisk tap for UIS fra kr. 100.000 - kr. 1.000.000. For enheten: Inntil 0,5% av driftsmidlene.	Hendelser som kan føre til økonomisk tap for UIS fra kr. 1.000.000 - kr. 10.000.000. For enheten: Inntil 5% av driftsmidlene.	Hendelser som kan føre til økonomisk tap for UIS fra kr. 10.000.000 - kr. 20.000.000. For enheten: Inntil 10% av driftsmidlene.	Hendelser som kan føre til økonomisk tap for UIS på over kr. 20.000.000. For enheten: Over 10% av driftsmidlene.
<b>4. Omdømme</b>	Ingen negativ oppmerksomhet.	Negativ oppmerksomhet regionalt som kan føre til: <ul style="list-style-type: none"> <li>Svekkelse av troverdighet og respekt.</li> <li>Svekket regionalt samarbeid.</li> <li>Svekket rekruttering av studenter og/eller tilsatte</li> </ul>	Vesentlig oppmerksomhet regionalt som kan føre til: <ul style="list-style-type: none"> <li>Tap av troverdighet og respekt.</li> <li>Svekket regionalt samarbeid.</li> <li>Svekket rekruttering av studenter og/eller tilsatte</li> </ul>	Vesentlig negativ oppmerksomhet nasjonalt og internasjonalt som kan føre til: <ul style="list-style-type: none"> <li>Stort tap av troverdighet og respekt.</li> <li>Tap av lokale samarbeidspartnere,</li> <li>Lav rekruttering av studenter og/eller tilsatte,</li> </ul>	Vesentlig negativ oppmerksomhet nasjonalt og internasjonalt som kan føre til: <ul style="list-style-type: none"> <li>Vesentlig og langvarig tap av troverdighet og respekt.</li> <li>Langvarig tap av lokale samarbeidspartnere,</li> <li>Varig lav rekruttering av</li> </ul>