

Jørgen Sletten
Per Morten Munkeby

Overvannshåndtering Røyken Næringspark

*Dimensjonering og sammenligning av to systemer for
håndtering av overvann*

Mai 2020

NTNU

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet.
Fakultet for ingeniørvitenskap
Institutt for vareproduksjon og byggteknikk

Bacheloroppgave

2020



Jørgen Sletten
Per Morten Munkeby

Overvannshåndtering Røyken Næringspark

*Dimensjonering og sammenligning av to systemer for
håndtering av overvann*

Bacheloroppgave
Mai 2020

NTNU

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet.
Fakultet for ingeniørvitenskap
Institutt for vareproduksjon og byggteknikk



Kunnskap for en bedre verden

Oppgavens tittel:	Dato: 20.5.2020		
Overvannshåndtering Røyken Næringspark	Antall sider: 101		
	Masteroppgave:	Bacheloroppgave	x
Navn: Jørgen Sletten, Per Morten Munkeby			
Veileder: Fred Robert Johansen			
Eventuelle eksterne faglige kontakter/ veiledere: Øyvind Solberg			

Sammendrag:

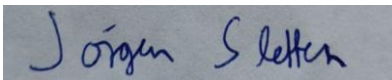
Denne oppgaven tar utgangspunkt i de nye tomtene i Røyken Næringspark. Formålet med oppgaven er å finne ut hvilket overvannssystem som egner seg best på disse tomtene. I samarbeid med fagpersoner hos vår oppdragsgiver Isachsen Anlegg bestemte vi oss for to alternativer vi ville undersøke. Alternativ 1 med permeabelt dekke og grønt tak, og alternativ 2 med tette dekker, regnbed og blått tak. Kriteriene alternativene rangeres etter er først og fremst levetidskostnad, men vi har også vurdert miljøeffekt og krav til drift og vedlikehold.

Første steg i prosessen var å skaffe oss en oversikt over relevante bestemmelser som gjelder for tomtene, for så å lage et forslag på utforming av arealene på ei tomt. Deretter kunne vi detaljere og dimensjonere de to alternativene. Systemene er dimensjonert for 200-årsflom og vi har brukt en klimafaktor på 1,5. Ved beregning av kostnad har vi hentet inn pristilbud fra flere leverandører. Vi har utelatt elementer som er felles for begge alternativene, slik at kostnaden vi kom fram til ikke er den totale kostnaden for systemet, men et kostnadsgrunnlag for sammenligning.

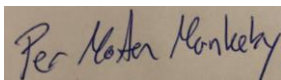
Ved sammenligning av alternativene på pris er alternativ 2 det billigste. På både miljøeffekt og drift/vedlikehold scorer begge alternativene relativt likt, så dette påvirker ikke konklusjonen. En enda bedre løsning vil være å bruke elementer fra begge alternativene. Ved å bruke det permeable dekket fra alternativ 1 og det blå taket fra alternativ 2 får vi den optimale kombinasjonen av tiltakene vi har undersøkt i denne oppgaven. Dette gir den laveste prisen og den beste håndteringen av ekstrem nedbør.

Stikkord:

Overvannshåndtering
Regnbed
Permeable dekker
Infiltrasjon



Jørgen Sletten



Per Morten Munkeby

Abstract

The base of this bachelor thesis is the new building plots in Røyken industrial park. The purpose of the thesis is to decide which stormwater system that is most suitable for these plots. In cooperation with professionals at our employer Isachsen Anlegg we decided on two alternatives we wanted to investigate. Alternative 1 with permeable pavement and green roof, and alternative 2 with impermeable pavement, rain garden and blue roof. The criteria the alternatives are ranked by are first and foremost life cycle cost, but we have also considered environmental impact and requirements for operation and maintenance.

The first step in the process was to get an overview over relevant regulations that apply to the plots, and then make a proposed layout of the areas on the plot. Thereafter we could detail and dimension the two alternatives. The systems are dimensioned for a 200-year flood and all rain intensities are multiplied by a factor of 1,5 to take into account increased precipitation in the future caused by climate change. When calculating the cost of each system we have gathered price offers from multiple suppliers. We have excluded elements that both alternatives have in common, such that the cost we calculated is not the total cost of the systems, but a cost basis for comparison.

When comparing the alternatives on cost we see that alternative 2 is cheaper. Both alternatives get similar results on environmental impact and operation and maintenance, so this does not affect the conclusion. An even better solution would be to use elements of both alternatives. By using the permeable pavement from alternative 1 and the blue roof from alternative 2 we achieve the optimal combination of the measures investigated in this thesis. This gives the lowest cost and the best handling of extreme precipitation.

Forord

Denne oppgaven markerer slutten på den 3-årige byggingeniørutdanningen ved NTNU i Gjøvik. Tida her har vært veldig lærerik og gått altfor fort.

Vi vil rette en takk til Isachsen Anlegg som kom med forslag til tema for oppgaven og hjalp oss med å utforme problemstillingen.

Som følge av virussituasjonen som oppsto har tiden blitt noe spesiell, og vi har ikke fått gjennomført møter og veiledning helt sånn som vi så for oss på forhånd. Også mye av kommunikasjonen innad på gruppa har måttet foregå over nett. Dette har bydd på noen utfordringer, men vi har tilpasset oss situasjonen og gjennomført arbeidet på en god måte.

Til slutt vil vi takke vår kontaktperson hos Isachsen, Øyvind Solberg og vår veileder ved NTNU, Fred Robert Johansen.

Innholdsfortegnelse

Abstract	ii
Forord	iii
Innholdsfortegnelse	iv
Figurliste	vii
Tabelliste	viii
1 Innledning.....	1
1.1 Bakgrunn	2
1.2 Problemstilling.....	3
2 Casebeskrivelse	4
2.1 Omfang	7
2.2 Avgrensning.....	7
3 Teori	8
3.1 Permeable dekker	8
3.2 Regnbed	10
3.3 Grønne tak	12
3.4 Blå tak.....	14
4 Metode.....	16
4.1 Fremgangsmåte.....	16
4.2 Relevante formler og beregningsmetoder.....	17
4.2.1 Den rasjonelle metode	17
4.2.2 Kontinuitetsligningen	19
4.2.3 Darcy-Weisbachs ligning	19
4.2.4 Darcy's formel.....	21
4.2.5 Beregning av vannhøyde i steinfylling.....	22
4.2.6 Beregning av regnbed.....	22
4.3 Kostnadsberegning	23
5 Resultat.....	25
5.1 Utforming av tomta	25
5.2 Elementer som er felles for begge løsningene.....	26
5.3 Alternativ 1	27

5.3.1	Beskrivelse av løsningen	27
5.3.2	Permeabelt dekke	28
5.3.3	Grønt tak.....	31
5.3.4	Kostnad.....	36
5.4	Alternativ 2.....	37
5.4.1	Beskrivelse av løsningen.....	37
5.4.2	Asfaltdekke.....	37
5.4.3	Regnbed.....	37
5.4.4	Blått tak	40
5.4.5	Kostnad.....	42
6	Diskusjon.....	44
6.1	Vurdering av resultatene.....	44
6.1.1	Alternativ 1.....	45
6.1.2	Alternativ 2.....	48
6.2	Sammenligning.....	50
6.3	Muligheter for forbedring.....	52
7	Konklusjon	54
8	Litteraturliste	55
9	Vedlegg	58
9.1	Reguleringsplan	58
9.2	Reguleringsbestemmelser.....	59
9.3	Beregning av arealer.....	66
9.4	IVF-kurve	68
9.5	Dimensjoneringstabeller belegningsstein	69
9.6	Beregning av vannhøyde i steinfylling.....	70
9.7	Beregninger grønt tak og rørsystem	76
9.8	Dimensjoneringstabell for veger med bituminøst dekke.....	79
9.9	Beregninger blått tak og rørsystem.....	80
9.10	Pristilbud alternativ 1	82
9.10.1	Prisliste Hoensmarka.....	82
9.10.2	Asak Belegningsstein	83
9.10.3	Multiblokk belegningsstein	84
9.10.4	Lintho Steinmiljø vedlikehold av permeabelt dekke.....	85

9.10.5	Bergknapp grønt tak	86
9.10.6	Blomtertak grønt tak.....	87
9.10.7	Brødrene Dahl rørdeler.....	88
9.10.8	Viacon infiltrasjonsrør.....	90
9.10.9	Isachsen utførelse infiltrasjonsgrøfter	91
9.10.10	Ragn Sells spyling av rør.....	92
9.11	Pristilbud alternativ 2	93
9.11.1	Veidekke asfalt	93
9.11.2	Svein Boasson planter regnbed	94
9.11.3	Brødrene Dahl fiberduk.....	94
9.11.4	Steen og Lund skjøtsel regnbed	95
9.11.5	Protan blått tak	95
9.11.6	Jørnsen tak inspeksjon.....	96
9.11.7	Brødrene Dahl rørdeler.....	96
9.12	Utdypende kommentarer til beregning av kostnad alternativ 1	97
9.13	Utdypende kommentarer til beregning av kostnad alternativ 2	100

Figurliste

Figur 1 Utklipp fra reguleringsplan (vedlegg 9.1). Tomta vi tar for oss er markert med blått. .	5
Figur 2 Kart over grunnforhold fra http://geo.ngu.no/kart/losmasse/	6
Figur 3 Eksempler på utforming av regnbed. Disse bedene er norske forskningsbed. (Braskerud og Storemyr, 2016)	11
Figur 4 Moodys diagram. Hentet fra (Ødegaard, 2014).....	20
Figur 5 Oversiktsbilde som viser utformingen av tomta. Illustrasjon: Jørgen Sletten.....	25
Figur 6 Oppbygningen av det grønne taket (Vatnaland, 2020).....	32
Figur 7 Inndeling av soner på taket. Illustrasjon: Jørgen Sletten	33
Figur 8 Detaljer for hver sone. Illustrasjon: Jørgen Sletten	33

Tabelliste

Tabell 1 Regnintensiteter i l/s*ha ved 200-årsflom. Data hentet fra klima.met.no.....	29
Tabell 2 Beregnet maksimal vannhøyde h i steinfyllinga	30
Tabell 3 Fordeling av kostnader alt. 1	36
Tabell 4 h_{maks} for ulike scenarioer	38
Tabell 5 Fordeling av kostnader alt. 2.....	43

1 Innledning

Overvann er overflateavrenning som kommer fra nedbør eller smeltevann. Et overvannssystem består av flere tiltak som til sammen skal håndtere vannet. Disse tiltakene kan grovt sett deles i 3 grupper, ofte kalt en treleddsstrategi (Miljødirektoratet, 2019). Nummer 1 er infiltrasjon. Dette går ut på at der det er egnede grunnforhold kan vannet infiltreres ned i grunnen, enten gjennom for eksempel grønne vegetasjonsområder eller permeable dekker. Nummer 2 er fordrøyning. Når det kommer store mengder vann på kort tid er det viktig å forsinke vannet slik at det ikke overbelaster overvannssystemet på kritiske punkter. Dette kan gjøres med dammer eller lukkede fordrøyningsbasseng. Nummer 3 er trygg avledning. Ved ekstreme nedbørsmengder på kort tid vil ikke det ordinære overvannssystemet klare å ta unna alt vannet. Da er det viktig at terrenget er utformet slik at vannet kan ledes til et egnet sted uten å medføre skade.

Lokal overvannsdiskonering (LOD) er tiltak som har som mål å holde vannet i nedbørsfeltet lengst mulig for å unngå overbelastning av avløpsrørene. Dette er en form for kildekontroll. Treleddsstrategien er en god måte å oppnå dette på. Ved å infiltrere mest mulig vann der det er mulig og å lede vann på overflaten kan man oppnå en vesentlig mindre belastning på avløpsrørene.

Overvannshåndtering er et tema som blir viktigere og viktigere i framtida. På grunn av klimaendringer er det forventet at den årlige nedbøren skal øke med mellom 7 og 23 % fram mot år 2100 (Hanssen-Bauer *et al.*, 2015). Det vil bli færre og mindre snøsmelteflommer, mens regnflommene blir større og kommer oftere på grunn av mer ekstrem nedbør. Samtidig bygges større og større arealer ned og hindrer den naturlige infiltrasjonen. Nedbør som faller på for eksempel asfalt vil gi en mye større og hurtigere avrenning enn nedbør som faller på skogsområder. Dette fører til et behov for å utvikle innovative overvannssystemer som kan håndtere alt vannet.

Tradisjonelt sett har målet vært å lede overvannet bort raskest mulig ved hjelp av et rørsystem, enten et separatsystem eller et fellessystem (Aaby, 2008). Dette har noen utfordringer. Systemene er kostbare og ved ekstreme nedbørsmengder har de ofte ikke kapasitet til å ta unna alt vannet. Dette fører til at det kan oppstå skader på infrastruktur. I

fellessystemer blir vannet sendt til et renseanlegg, noe som også skaper ekstra kostnader. Ved overbelastning av renseanlegget blir vannet sendt i overløp uten noen rensing. De siste årene har det blitt satt mer fokus på å bruke åpne overvannsløsninger og det skal vi se nærmere på i denne oppgaven.

1.1 Bakgrunn

Oppgaven skrives for Isachsen Anlegg. Den tar utgangspunkt i et reelt prosjekt som de utfører, som omhandler opparbeidelse av nye næringsstomter i Røyken Næringspark. Det er et ønske fra Isachsen å finne ut av hva slags type overvannssystem som er best egnet til dette prosjektet. Overvannshåndtering er en problemstilling i stort sett alle anleggsprosjekter og resultatene av denne oppgaven vil også kunne anvendes i liknende prosjekter på seinere tidspunkt. Dette kan derfor være til stor nytte for Isachsen.

Generelt så er kompetanse innenfor vann og avløp veldig ettertraktet i bransjen og overvannshåndtering er en viktig del av dette. Dette er derfor en oppgave som er interessant også i et større perspektiv, både for oss selv og for bransjen, med tanke på utfordringene som kommer i framtida.

God overvannshåndtering kan knyttes opp mot FNs bærekraftsmål. Større og hyppigere regnflommer kommer som følge av klimaendringer, og ved å utarbeide overvannsløsninger som kan motstå dette, vil vi bidra til å redusere konsekvensene av klimaendringene. Mest relevant er delmål 13.1: *Styrke evnen til å stå imot og tilpasse seg klimarelaterte farer og naturkatastrofer i alle land* (FN-sambandet, 2017). Ved å bygge et overvannssystem som kan håndtere ekstremvær kan man unngå skade på infrastruktur og hindre økonomiske tap.

1.2 Problemstilling

Hvilket overvannssystem er best egnet for de nye tomtene i Røyken Næringspark?

Kriteriene alternativene skal rangeres etter er først og fremst livssyklus kost (LCC), men vi vil også vurdere miljøeffekt og hva de krever av drift/vedlikehold.

Et overvannssystem består av flere forskjellige tiltak og det er mange måter å kombinere disse på. En mye brukt løsning er sluk med et rørsystem og tette fordrøyningsbasseng med utløp til kommunalt nett. Denne løsningen er lite hensiktsmessig her av flere årsaker, blant annet grunnforholdene. Vi skal heller vurdere 2 ulike overvannssystemer som legger mer vekt på åpen vannhåndtering og lokal fordrøyning. De 2 alternativene er som følger:

- Alternativ 1 – Permeable dekker. De kjørbare arealene utendørs består av permeable dekker der vannet infiltreres ned i steinfyllinga under dekket. Bygget utføres med grønt tak som absorberer og fordampner en del av vannet. Avrenningen fra taket føres ned i infiltrasjonsrør og infiltreres i steinfyllinga.
- Alternativ 2 – Regnbed. De kjørbare arealene utendørs består av tette dekker (asfalt), og vannet ledes på overflaten til området der vannet infiltreres ned i bakken gjennom grøntarealer i form av regnbed. Bygget utføres med blått tak som fordrøyer vannet på taket. Avrenningen fra taket føres ned i infiltrasjonsrør og infiltreres i steinfyllinga.

Problemstillingen og alternativene er utarbeidet i samarbeid med fagpersoner i Isachsen. Begge alternativene som er beskrevet over er prinsipielle løsninger som må konkretiseres og dimensjoneres. Begge alternativene er relativt «nye» og har ikke vært noe særlig brukt i Norge før i de senere årene.

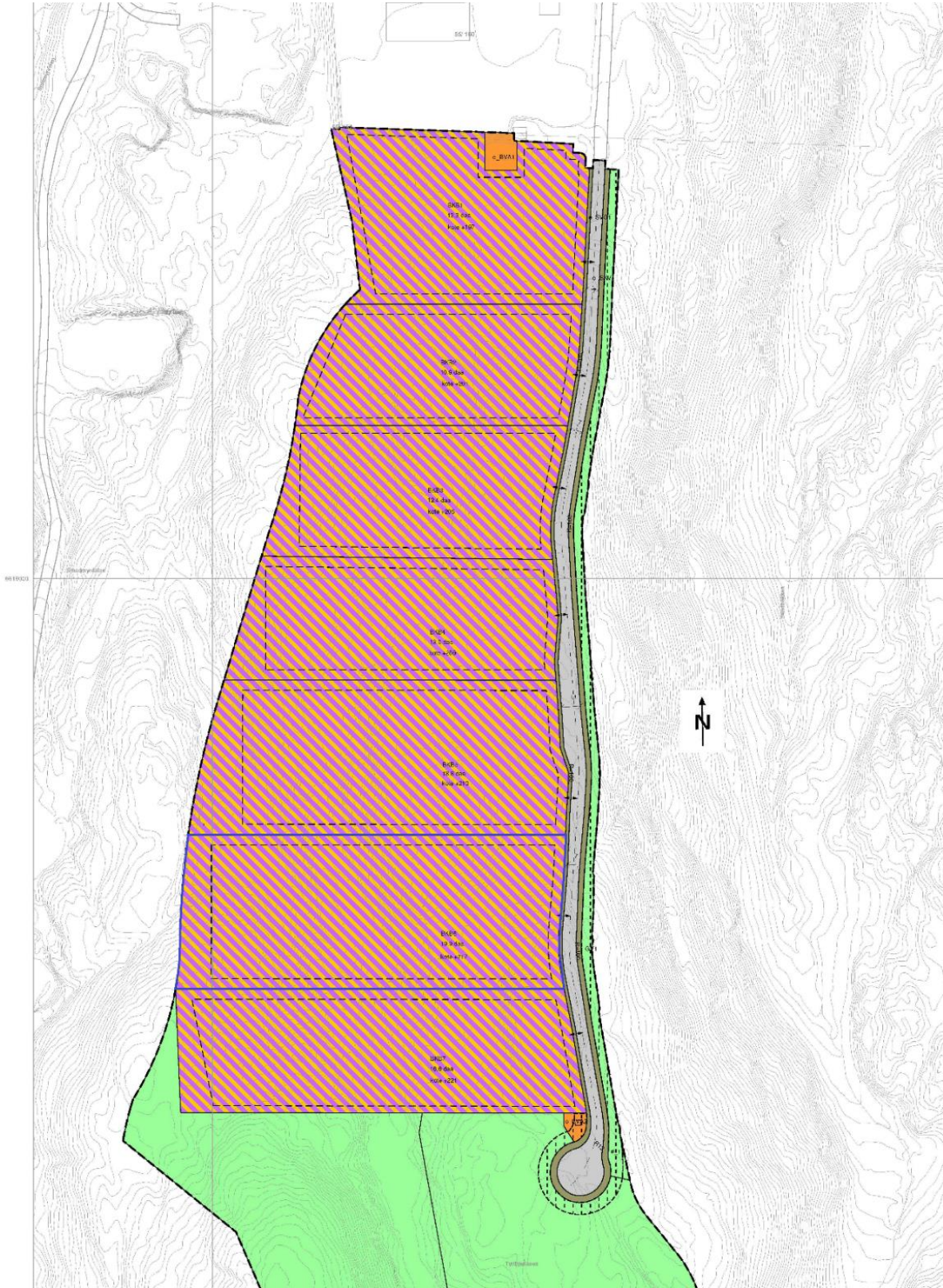
2 Casebeskrivelse

Denne oppgaven tar utgangspunkt i felt E i Røyken Næringspark, som består av 7 nye næringsstomter som skal opparbeides som en utvidelse av den eksisterende næringsparken. Tomtene varierer i størrelse fra 10,9 dekar til 19,9 dekar. Næringsparken er tilrettelagt for bedrifter innen lager og logistikk. Den har sentral beliggenhet, kort vei til både Oslo og Drammen, tilknytning til E134 og effektiv forbindelse til E18 og E6. På området der de nye tomtene skal anlegges er det i dag skog. Grunnforholdene er bart fjell med stedvis tynt dekke. Tomtene ligger på rekke langs toppen av en åsrygg med fall til hver side. Det er også stigning på langs med tomtene.

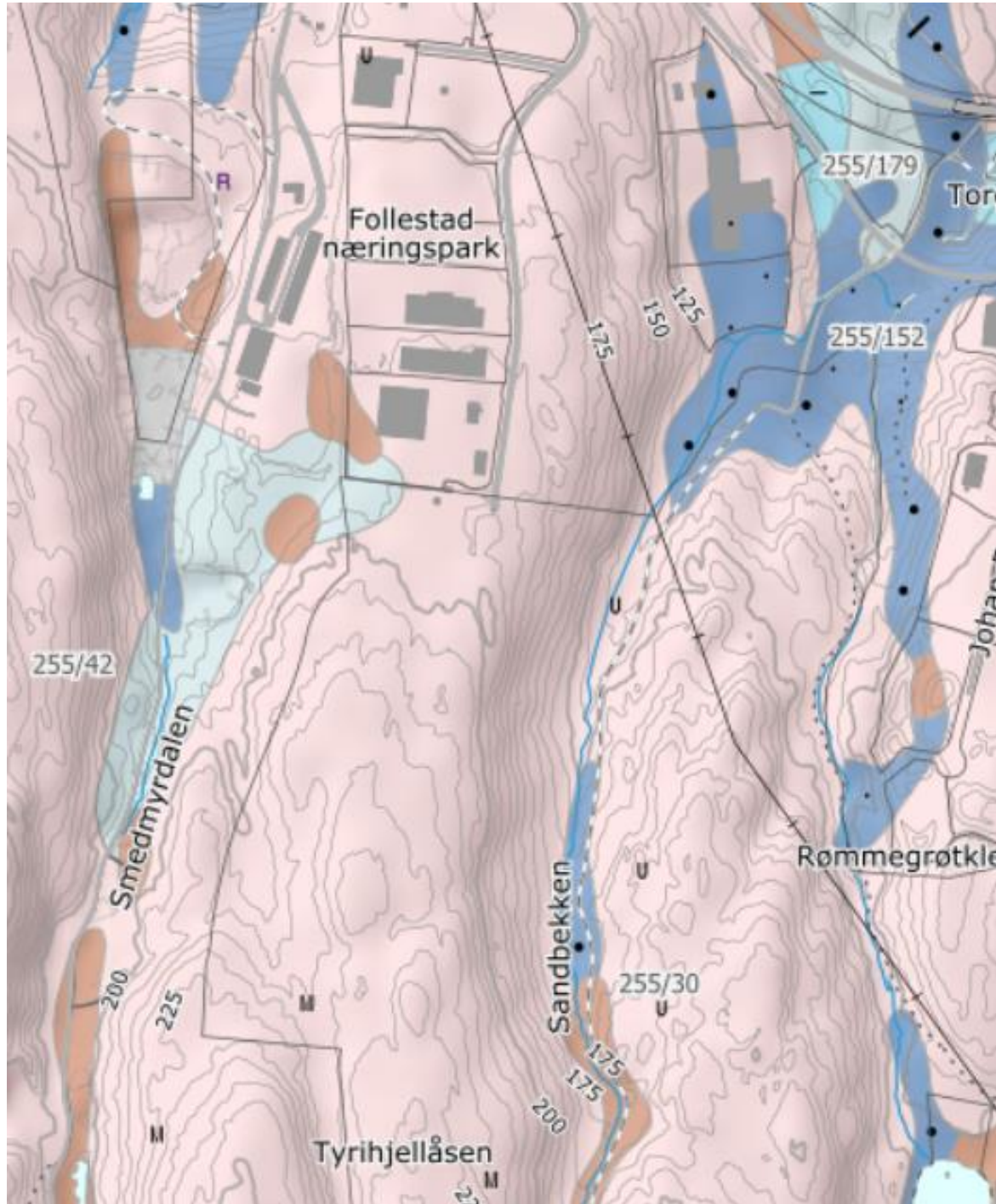
De nye tomtene er ikke solgt, og det ligger ikke inne i den nåværende kontrakten å bygge noe på næringsstomtene. Isachsen vurderer det som svært sannsynlig at de kommer til å få denne jobben, i form av en totalentreprise, når tiden for dette kommer. Dette medfører at vi ikke har noe konkret bygg og tomt å lage et overvannssystem til. Dermed blir en del av oppgaven å utforme ei tomt med et bygg, parkeringsarealer, grøntarealer osv. For å få konkrete tall å forholde oss til vil ta utgangspunkt i én av tomtene. Vi har valgt å se på tomt BKB 6, ettersom dette er den største, og dermed får de største vannmengdene. Tomtene er ellers like. BKB 6 ligger nest øverst og har nabotomter i nord og sør. Tilkomstveien ligger langs med tomta i øst.

Selv om vi tar utgangspunkt i én tomt vil vi utforme tomta så generell og enkel som mulig, slik at resultatene blir anvendbare på flere tomter. Vi vet heller ikke hvilken bedrift som skal bruke tomta og kan derfor ikke gjøre noen tilpasninger til eventuelle spesielle behov. Dette er også en grunn til å velge en generell og enkel utforming.

Det er vedtatt en reguleringsplan med reguleringsbestemmelser som gjelder for alle tomtene. Et viktig krav her er at alle tomtene skal håndtere sitt eget overvann internt på tomta og ikke slippe noe vann inn på offentlig nett. Det er også bestemt at det skal dimensjoneres for 200-årsflom. Vi henter IVF-data fra målestasjonen i Asker og bruker en klimafaktor på 1,5, som spesifisert i Røyken kommunes VA norm (Røyken kommune, 2020).



Figur 1 Utklipp fra reguleringsplan (vedlegg 9.1). Tomta vi tar for oss er markert med blått.



Figur 2 Kart over grunnforhold fra <http://geo.ngu.no/kart/losmasse/>

2.1 Omfang

Vi skal dimensjonere to komplette løsninger for overvannshåndtering og vurdere hvilken som er best egnet ut ifra gitte kriterier. Overvannssystemene skal håndtere all nedbør som faller på tomta. Alt vannet skal infiltreres, fordrøyes og avledes i henhold til treledd-strategien. Arbeidet omfatter beregning av vannmengder, dimensjonering av sluk og rørdiametre, beregning av infiltrasjon, beregning av kapasitet for fordrøyning mm.

Vi skal finne livssykluskosten til de forskjellige alternativene. For å få til dette vil vi lage en liste over alle elementene som inngår i hver av løsningene og prisen på disse, både byggekostnad og kostnader forbundet med drift og vedlikehold. Alternativene skal i tillegg vurderes på miljøeffekt. På miljøeffekt vil vi legge vekt på hvordan løsningene påvirker vannkvaliteten på overvannet. På drift og vedlikehold vil vi se på kostnader, men også hva det krever av organisering og hvilke praktiske ulemper dette medfører, som for eksempel begrenset fremkommelighet ved reasfaltering.

2.2 Avgrensning

Oppgaver som ikke inngår i prosjektet:

- Detaljprosjektering av lagerbygget på tomta. Vi vil kun bestemme størrelse og plassering av bygget, i tillegg til vannhåndteringssystem på taket.
- Utarbeidelse av tekniske tegninger eller detaljtegninger av løsningene vi prosjekterer. Vi lager kun en enkel oversikt og beskrivelser.
- Dimensjonering av bæreevne på kjørbare arealer.
- Plan for hva slags beplantning det skal være på grøntareal og regnbed.
- Fullstendig vurdering av alternativenes miljøeffekt. Dette er svært omfattende arbeid og kunne vært en oppgave i seg selv. Vi vil legge vekt på alternativenes påvirkning på vannkvaliteten, og eventuelt andre store miljøeffekter hvis det er noe som skiller seg ut.

3 Teori

3.1 Permeable dekker

Permeable dekker er en fellesbetegnelse på dekker der vannet kan infiltreres gjennom dekket i stedet for å renne på overflaten. Slike dekker er svært effektive tiltak for lokal overvannsdiskonsering, da de for opptil ganske høye regnintensiteter infiltrerer alt vannet og ikke har noen avrenning. Dette fører til at du unngår å få alt vannet konsentrert inn på et rørsystem slik du ville ved et tradisjonelt system. Dette gir en betydelig lavere risiko for vannskader ved ekstremnedbør. Permeable dekker kan også ha en gunstig miljøeffekt da vannet filtreres når det renner gjennom oppbygningen under dekket. Dette kan holde igjen en del partikler og forurensende stoffer.

Permeable dekker er forholdsvis nytt i Norge, men lenger sør i Europa og USA har det blitt brukt i flere tiår (Myhr, 2013). For eksempel i Tyskland er det lagt over 20 000 000 m² med permeable dekker. De siste årene er det flere nye anlegg i Norge som har benyttet permeable dekker, i størrelsesorden noen tusen kvadratmeter. Det er også bygget en rekke testanlegg, som har som hensikt å dokumentere dekkenes funksjon under norske forhold (Time, 2018).

Dekkene har et stort bruksområde og kan legges på alt fra gangveier og gårdsplasser til store industriområder. Man er imidlertid avhengig av å ha egnede grunnforhold for å kunne bruke permeable dekker. Det må være tilstrekkelig hulrom i massene til å fordrøye vannet og massene må være permeable for å klare å ta unna vannet som kommer. I tillegg bør grunnvannspeilet være minst én meter under overflaten for at man skal få effektiv drenering (Myhr, 2011). Oppbygningen under dekket er i utgangspunktet lik som for tette dekker, men en viktig forskjell er at massene ikke kan inneholde nullstoff. Som regel brukes ikke masser med fraksjoner mindre 2 mm.

En amerikansk studie viser at et permeabelt dekke opplever mindre temperatursvingninger og så mye som 60 % færre tine/fryse sykluser enn ett tett dekke (Rohne og Lebens, 2009). Begrunnelsen er at hulrommet i massene gir en isolerende effekt. Dette er i strid med Statens Vegvesen og håndbok N200 (Statens Vegvesen, 2018) der det stilles minimumskrav til

innhold av finstoff i masser til frostsikringslag. Deres begrunnelse er at masser med finstoff inneholder litt vann og at dette forsinker frostnedgangen når det fryses.

Det finnes flere forskjellige typer permeable dekker. De vanligste er drengasfalt og forskjellige typer belegningsstein. Drengasfalt er et asfaltdekke med høyt nok hulrom til at vann kan renne gjennom asfalten (Ruud, 2014). Hulrommet er ofte på 15-20 volumprosent. Dette oppnås ved å bruke mer pukk og mindre mørtel enn i annen asfalt. I tillegg til de drenerende egenskapene har drengasfalt også fordel av gode lystemniske egenskaper og en støydempende effekt (Ruud, 2014). Ulempen med drengasfalt er at slitestyrken, og dermed levetiden, blir redusert som følge av det store hulrommet (Ruud, 2014). Dette fører til at drengasfalt ikke er egnet på områder med stor trafikk, og spesielt hvis det er mye tungtrafikk.

Permeable dekker av belegningsstein består av tett belegningsstein med brede fuger eller åpning mellom steinene som slipper gjennom vannet. Det finnes flere produsenter med forskjellige typer, men felles for alle er at de tåler veldig høy belastning. Vanlig tykkelse er 8 eller 10 cm. Infiltrasjonskapasiteten til dekkene av belegningsstein bestemmes av fugemassen som brukes og ikke av den prosentvise åpningen (Smith, 2006). Ettersom massene nedover i oppbygningen blir grøvre og grøvre vil disse ha en høyere infiltrasjonsevne og ikke være noen begrensende faktor. Den største ulempen med dekker av belegningsstein sammenlignet med andre alternativer er prisen.

Permeable dekker deles inn i 3 forskjellige systemer etter hvordan de virker (Myhr, 2011):

System A

I system A infiltreres alt vannet gjennom dekket og ned i grunnen, og det er dermed ikke behov for noe rørsystem for å ta unna vann. Dette er gunstig fra et økonomisk perspektiv. Det kan uansett være nødvendig med en overløpsløsning hvis dekket skulle overbelastes. Dette systemet krever at det er egnede grunnforhold.

System B

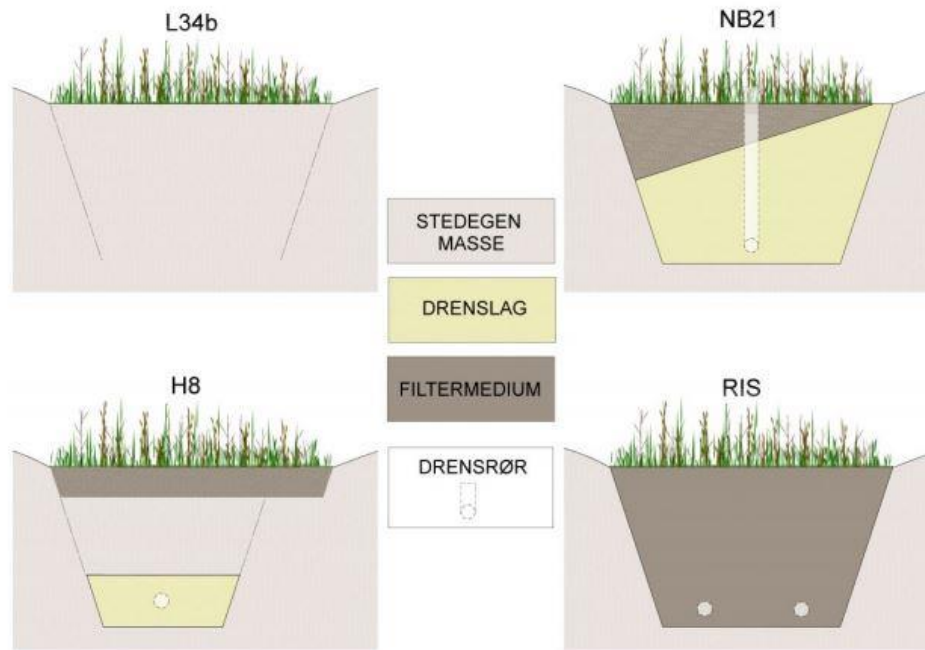
System B kan brukes der undergrunnen ikke klarer å infiltrere alt vannet. Det legges drengsrør under dekket som leder vekk overskuddsvann ved kraftig nedbør. I praksis vil en stor del av nedbøren infiltreres, slik at dekket vil ha en god effekt på avrenningen fra området. Dette systemet stiller mindre krav til grunnforholdene.

System C

I System C infiltreres ikke noe av vannet. Det legges en tett membran under forsterkningslaget og opp langs sidene som lager et basseng. Det legges drenerør under dekket som leder vekk vannet. Dekket fungerer da kun som fordrøyning og vil ikke redusere mengden avrenning. Hvis det ikke er tilstrekkelig hulrom i massene kan det legges inn plasksetter for å øke tilgjengelig fordrøyningsvolum. Dette systemet er egnet hvis grunnen mister stabilitet ved tilførsel av vann eller hvis grunnvannet er en drikkevannskilde og derfor sensitivt mot forurensinger.

3.2 Regnbed

Regnbed er en beplantet forsenkning i terrenget som skal samle, fordrøye (forsinke), rense og infiltrere overvannet til grunnen, eller til overvannsnett. (Braskerud og Paus, 2016). Et regnbed kan være bygd opp på forskjellige måter, avhengig av stedegne materialer. Er det for eksempel leire, må denne skiftes ut med mer drenerende masser som sandholdig morene og drenerlag av pukk og grus. Det kan være aktuelt og bygge opp regnbedet med morene øverst, som et filtermedium, hvor vegetasjon kan utvikle rotsystem. Filtermediet vil også ha en rensende effekt på overvannet i tillegg til at vegetasjonen vil bruke næringsstoffene i vannet slik at disse ikke bidrar til *eutrofiering* i resipienter. Under filtermediet er det ofte et drenerlag bestående av et lag av drenerende masser, som for eksempel grus. Mellom hvert lag vil en fiberduk bidra til å holde lagene adskilt og dermed hindre filtermediet å renne bort.



Figur 3 Eksempler på utforming av regnbed. Disse bedene er norske forskningsbed. (Braskerud og Storemyr, 2016)

Regnbed skal ikke fungere som en transportveg for overvann og skal ikke ha et permanent vannspeil på overflaten. I perioder uten nedbør skal bedet tørke opp. Det er derfor viktig at beplantning i regnbed tåler både perioder med mye vann og tørke. Regnbedet skal plasseres i nærheten av tette flater som veger, parkeringsplasser og tak. Disse tette flatene forsyner bedet med vann.

Det er viktig at regnbedets beplantning får etablert seg raskt. Da vil rotsystemet bidra til å opprettholde infiltrasjonsevnen og føre oksygen ned i filtermediet. I utgangspunktet er det anbefalt at man bruker lokale planter som vegetasjon. Dette fordi lokale planter er best egnet til å håndtere lokale forhold. (Iowa stormwater partnership, 2009). Alternativt kan regnbedet plantes med prydplanter. Dette er mest hensiktsmessig å gjøre i forbindelse med byer og tettsteder hvor man er mest opptatt av det estetiske. Med overvannet kan det komme en del finstoff som i verste fall kan føre til at filtermediet mister infiltrasjonskapasiteten sin. En god løsning for å hindre dette er å lede vannet inn på regnbedet via gresskledd forsenkninger (swales). Dette vil forlenge levetiden og gjøre vedlikeholdsbehovet for regnbedet mindre. For å hindre at mygg etablerer seg i regnbedet er det viktig at det ikke blir stående vann i lange perioder. Det er viktig at regnbedet er godt nok drenert slik at vannspeilet er borte etter 24-48 timer etter endt nedbør.

Fordeler med regnbed:

- God evne til å redusere flomtopper på avløpssystem.
- Gir estetisk gevinst.
- Gir en viss renseseffekt på overvannet.
- Kan fungere som skjerm mot naboer.
- Sørger for å opprettholde grunnvannsstanden i et område.
- Opprettholder en del av grønstrukturen.

Ulemper med regnbed:

- Kan føre til oppsamling av mygg.
- Koster å vedlikeholde.
- Krever overflateareal.
- Kan være dyrt å skifte ut stedegne masser.
- Lite utprøvd i norsk klima.

3.3 Grønne tak

Grønne tak ble først tatt i bruk i nordiske land for flere århundrer siden (Berndtsson, 2010).

Den gangen ble det brukt fordi det var et materiale som var lett å få tak i og det ga isolasjon til husene. Nå er grønne tak på vei tilbake, spesielt i byene der det er tett bebyggelse. Grønne tak går ut på at man legger et vegetasjonsdekke oppå taket. Dette har mange fordeler og noen ulemper. Blant fordelene kan det nevnes at taket (Braskerud, 2014):

- Absorberer og fordrøyer regnvann. Dette bidrar til å minske de verste flomtoppene.
- Gir en isolerende effekt som holder på varmen om vinteren og kjøler om sommeren.
- Forlenger levetida til taket ved å dempe temperatursvingninger og blokkere UV-stråler.
- Gir en god estetisk effekt.
- Utnytter arealet på en effektiv måte.
- Bidrar til biologisk mangfold.

- Kan gi poeng for eksempel ved BREEAM-sertifisering.

Noen ulemper kan være at (Braskerud, 2014):

- Anleggskostnadene er høyere enn for et tradisjonelt tak.
- Vegetasjonen krever skjøtsel og vedlikehold.
- Hvis det oppstår en lekkasje kan den være vanskeligere å finne.

Det finnes i hovedsak to typer grønne tak: ekstensive og intensive. Ekstensive tak er lette og består av et tynt vekstmedium, som regel opptil 100 mm (Standard Norge, 2015). Ofte benyttes sedumarter som legges i tynne matter på 2-9 cm. Disse tåler tørke og næringsfattig jord godt. Intensive tak består av et tykkere lag med vekstmedium, gjerne over 100 mm (Standard Norge, 2015). Her kan det plantes et stort utvalg av forskjellige planter, fra gress og blomster til trær og busker. Intensive tak er som regel beregnet for ferdsel og opphold, som i et annet hageanlegg. Intensive tak kan holde tilbake mer vann enn et ekstensivt tak, men påfører en større belastning på bygget. Det er også mulig med en mellomting mellom ekstensive og intensive tak, som kalles semi-intensive tak (Standard Norge, 2015). Disse har et litt tykkere vekstmedium enn ekstensive tak og tillater et større artsmangfold. Torvtak er et eksempel på dette.

Avrenningen fra et grønt tak er avhengig av mange ulike forhold. En litteraturstudie (Mentens, Raes og Hermy, 2006) som sammenligner avrenningsdata fra 18 tidligere publikasjoner viser at årlig nedbør, type tak, antall lag og dybde på substratet har en signifikant korrelasjon med den årlige avrenningen fra taket, mens alder på taket, takvinkel og lengde ikke er signifikant korrelert. Studien viser også at et tradisjonelt tak kan ha en årlig avrenning på 91% av årlig nedbør, mens de beste intensive takene kan komme så lavt som 15%. Dette gir en årlig avrenningsfaktor på henholdsvis 0,91 og 0,15. Den årlige avrenningsfaktoren er imidlertid lite relevant ved den hydrauliske dimensjoneringen av et grønt tak. Det er store forskjeller i avrenningen mellom årstider og forskjellige værforhold. Ved regn om vinteren med frosne masser vil avrenningsfaktoren være tilnærmet 1 og taket vil i beste fall ha en fordrøyende effekt ved kortvarig regn. Ved regn etter tørt sommervær vil substratet og vegetasjonen absorbere vann frem til det når metningspunktet. Deretter vil

vannet fordrøyes og dreneres av sluk. Vannet som absorberes avgis til omgivelsene gjennom evapotranspirasjon. Dette er summen av evaporasjonen fra jorda og transpirasjonen fra den levende vegetasjonen. Grønne tak er godt egnet til å ta opp mindre regnskyll og til å redusere de største flomtoppene ved kortvarig regn, men ved kraftig regn over lengre tid har de en begrenset effekt.

3.4 Blå tak

Blå tak er tak hvor nedbøren fordrøyes på taket. Norske tak er som regel dimensjonert for å tåle stor belastning. Grunnen til at norske tak er dimensjonert for store laster, er snø- og vindlast. Derfor er det veldig gunstig å utnytte denne dimensjoneringen ved å fordrøye nedbør som havner på taket i form av regn. Dette vil avlaste resten av overvannssystemet, enten det er et lukket eller åpent system for håndtering av overvann. På et såkalt blått tak vil overvannet fordrøyes ved at man har spesielle sluk. Disse slukene slipper ned bare en viss mengde vann. Ved kraftig nedbør vil vannet bygge seg opp på taket og mer og mer vann vil renne ned desto mer vann som ligger på taket. 24 timer etter avsluttet nedbør bør taket være fritt for vann (NFRC, 2020). Vann som står over lengre tid vil kunne føre til at man får store mengder med mygg.

Det finnes flere metoder for å fordrøye vann på tak og blå tak er en nyvinning på dette området. Protan har utviklet en tett membran som brukes som taktekkning og dermed gjør det mulig for å lagre vann på taket i mindre perioder. Metoden går ut på å lagre vannet i basseng på taket, med en maksimal høyde på 10 cm. (Strand, 2019). De har utformet et sluk som slipper kontrollerte mengder vann ned fra taket. Dette reduserer flomtopper ved kraftige regnskyll som igjen hindrer at man overbelaster videre overvannshåndtering lokalisert på bakken. Siden Protan blueproof både kan legges på eksisterende tak og nybygg er det svært anvendelig. Denne løsningen kan være et billigere alternativ til grønne tak, og vil ha mye av de samme effektene. Fordeler med blått tak kan være:

- Fordrøyer regnvann og bidrar dermed til å redusere de største flomtoppene.
- Utnytter konstruksjonen til bygget året rundt. Ikke bare i kalde perioder med snø.

Selv om fordrøying på tak kan virke som en god løsning for håndtering av overvann er det forbundet med en del risiko. Selv om det er snakk om korter perioder på under 1 døgn vil det være fare for at vannet kan trenge gjennom skjøter i taktekkingen. Et lite hull i taktekkingen vil kunne føre til store vannskader på kort tid dersom det står vann på taket. Derfor er det viktig at man ved valg av en slik løsning ser på skadeomfang ved en slik hendelse. Det er også veldig viktig å følge opp og teste taket underveis i byggeperioden. Ulemper med blått tak kan være:

- Dyrere vedlikehold enn ved vanlig tak, da det kreves godkjent taktekker for å inspisere taket.
- Lekkasje kan føre til enorme kostnader. Da det ved stor vannansamling vil kunne renne store mengder vann inn i bygget.

4 Metode

Oppgaven utføres i størst mulig grad med kvantitativ metode. Det er viktig å produsere resultater som er etterprøvbare. All dimensjonering og kostnadsberegning vil utføres kvantitativt. Når det kommer til bestemmelse av miljøeffekt og drift/vedlikehold kan det være vanskelig å finne kvantitative data. Da blir vi nødt til å gjøre en kvalitativ vurdering av resultatene vi kommer frem til. Eventuelle kvalitative vurderinger vil ikke være avgjørende for konklusjonen og vil kun gi noen påvirkning dersom alternativene scorer svært likt på den kvantitative vurderingen.

Vår viktigste informasjonskilde vil være produsenter og leverandører da det er her vi henter både teknisk informasjon om produkter og priser på varer og tjenester. Dette sikrer validitet ved at dataene vi får oppgitt gjelder for de konkrete produktene som benyttes, og dermed gir et korrekt beregningsgrunnlag. Informasjon om rammer for utformingen av tomtene hentes fra reguleringsplanen med reguleringsbestemmelser som vi får tilgang til via Isachsen. Vi vil også sikre validitet ved å kontrollere at vi velger riktig beregningsmetode. Reliabilitet sikres ved å gjøre nøyaktige beregninger. Ved lange og sammensatte beregninger vil vi bruke regneark for å unngå at avrundingsfeil kan bygge seg opp og gi signifikante avvik.

4.1 Fremgangsmåte

1. Få oversikt over relevante bestemmelser som gjelder for tomtene

Vi vil sette oss inn i reguleringsplanen og reguleringsbestemmelsene som gjelder for området. Disse inneholder krav og retningslinjer om hva som skal legges til grunn når tomte og overvannsystemet utformes. Vil vi sørge for å oppfylle krav gitt i Røyken kommunes VA-norm. I tillegg vil vi bruke Norsk Standard der det er relevant.

2. Utforme tomte

Vi vil lage et forslag til hvordan tomte kan utformes. Dette innebærer bestemmelse av størrelse og plassering av et lagerbygg, trafikkarealer med fast dekke og utforming av

grøntarealer. Ved utformingen vil vi legge vekt på god fremkommelighet for varetransport og gode muligheter for effektiv overvannshåndtering.

3. Dimensjonere to overvannsystemer

Vi vil ta utgangspunkt i de foreslåtte løsningene og utforme komplette overvannsystemer som håndterer vannet på en helhetlig måte. Systemene skal dimensjoneres etter kravene gitt reguleringsbestemmelsene og de andre styrende dokumentene. Vi vil også undersøke systemenes miljøeffekt og krav til drift og vedlikehold.

4. Beregne kostnaden på hvert system

Når overvannsystemene er ferdig utformet vil vi lage en oversikt over alle elementene som inngår og innhente priser på disse fra leverandører.

5. Vurdere systemene opp mot hverandre

På dette tidspunktet har vi kvantitative data å vurdere systemene ut ifra. I utgangspunktet er det billigste systemet best, men hvis det er store forskjeller i miljøeffekt eller drift/vedlikehold vil dette kunne påvirke konklusjonen. Vi vil også diskutere om tallene som brukes er realistiske og om det er eventuelle usikkerheter.

6. Konkludere og gi en anbefaling på hvilket system som bør velges

Konklusjonen trekkes ut ifra vurderingene som blir gjort i diskusjonsdelen.

4.2 Relevante formler og beregningsmetoder

Alle formlene, der ikke annet er oppgitt, er hentet fra pensumlitteratur i faget BYG1351 VA-teknikk (Ødegaard, 2014).

4.2.1 Den rasjonelle metode

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

Den rasjonelle metode brukes til å beregne overvannsavrenningen fra et nedbørsfelt. Avrenningen Q , gitt i liter per sekund, bestemmes med utgangspunkt i avrenningskoeffisienten ϕ , arealet av feltet A , gitt i hektar ($10\,000\text{ m}^2$), og regnintensiteten I , gitt i liter per sekund, per hektar. Som regel skal det også inkluderes en klimafaktor som tar høyde for økning av nedbør i framtida på grunn av klimaendringer. I denne oppgaven har vi valgt å gange klimafaktoren med regnintensiteten, slik at vi bruker formelen som den står over med en økt regnintensitet.

Avrenningskoeffisienten ϕ er et dimensjonsløst tall mellom 0 og 1 som angir hvor stor andel av nedbøren som renner av fra et felt. Dette bestemmes av hvilken type overflate det er i feltet. Harde, tette flater som asfalterte plasser eller tak vil ha en høy avrenningskoeffisient, gjerne 0,8 - 0,9, ettersom nesten alt vannet vil renne av. Flater som plen og andre grøntområder kan ha en avrenningskoeffisient ned mot 0,05 – 0,1. Avrenningskoeffisienten er ikke konstant, men vil variere med forholdene. Ved korte regnskyll kan en gressflate infiltrere all nedbøren som kommer, og dermed i praksis ha en avrenningskoeffisient på 0. Derimot ved nedbør over lengre tid, eller ved flere regnskyll over kort tid, kan bakken bli vannmettet og ikke klare å holde tilbake mer vann. Da vil avrenningskoeffisienten bli vesentlig høyere. Ved regn over lengre tid på tak eller asfalt vil avrenningskoeffisienten i praksis være 1. Ved analyse av felt som inneholder flere forskjellige overflater kan det regnes ut en midlere avrenningskoeffisient ved å regne ut et vektet gjennomsnitt av de forskjellige overflatene i feltet.

Regnintensiteten I hentes ut fra IVF-data for det aktuelle området. IVF står for intensitet, varighet og frekvens. IVF-dataene viser hvilke statistisk beregnede regnintensiteter som oppstår ved forskjellige regnvarigheter og returperioder. Disse kan organiseres enten som en tabell eller kurver i et diagram. Ved dimensjonering skal man velge regnvarighet lik konsentrasjonstiden for feltet, for å få den største vannføringen i kritiske punkter. Konsentrasjonstiden er tiden vannet bruker fra ytterkant av feltet til utløpet av feltet, eller eventuelt andre kritiske punkter.

Andre metoder

Ved bruk av IVF-data til manuelle beregninger får man såkalt «kasseregning», der regnet har konstant intensitet gjennom hele nedbørshendelsen. Dette er ikke veldig realistisk, da regnet som regel når maksimal intensitet en tid etter det har startet å regne. Det finnes flere metoder

for å gjøre IVF-dataene mer realistiske. De kan for eksempel omdannes til et symmetrisk regnhyetogram. Hyetogrammet konstrueres slik at den totale nedbørsmengden alltid er den samme som i IVF-dataene, men i stedet for at intensiteten er konstant begynner det veldig rolig og øker til en høy toppintensitet halvveis i nedbørshendelsen, før det avtar igjen på samme måte som det økte. En fordel med dette er at man kan få dimensjonerende vannføringer i alle deler av nettet i den samme beregningen.

En annen metode er summasjonskurvemetoden. Denne er best egnet ved analyse av et område med flere delfelter og gir en oversikt over avrenningen fra de forskjellige delfeltene ved forskjellige tidspunkter etter at regnet starter.

Disse metodene vil vi ikke gå noe mer inn på, da de ikke er relevante for vår oppgave. Nedbørsfeltet vårt er veldig enkelt og med få kritiske punkter. Dermed er det tilstrekkelig med den rasjonelle metode for å finne de maksimale vannføringene som oppstår.

4.2.2 Kontinuitetsligningen

$$Q = A_1 * v_1 = A_2 * v_2$$

Kontinuitetsligningen viser sammenhengen mellom vannføring, tverrsnittsareal og gjennomsnittlig strømningshastighet i et gitt rør. Vi forutsetter at vannet er inkompressibelt. Ligningen sier dermed at vannføringen i et hvert snitt av røret er den samme, fordi en endring av tverrsnittsarealet vil kompenseres med en endring i strømningshastigheten.

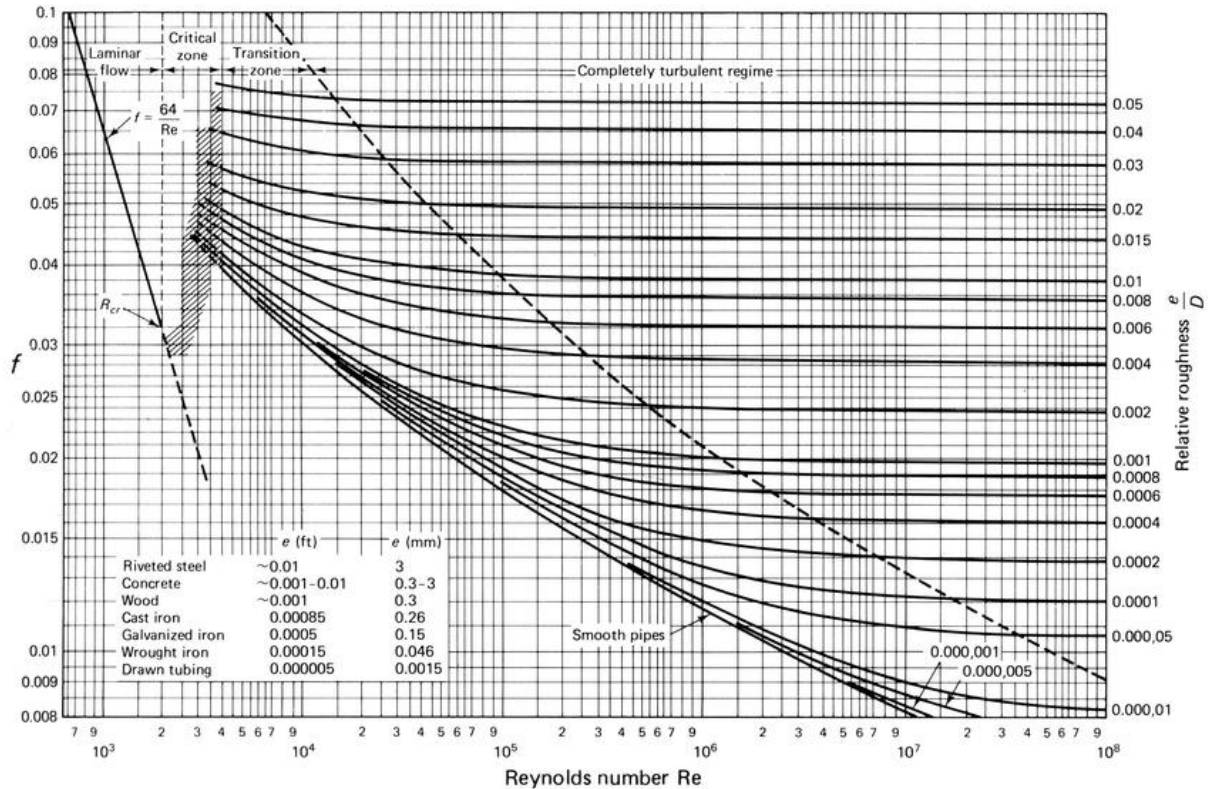
4.2.3 Darcy-Weisbachs ligning

Vann som strømmer gjennom et rør vil få et tap av energi. Dette oppstår som følge av friksjon mellom vannet og rørveggen, og internt i vannet på grunn av turbulens. Friksjonstapet kan beregnes ved hjelp av Darcy-Weisbachs ligning.

$$h_f = f * \frac{L}{D} * \frac{v^2}{2g}$$

Dette er en empirisk formel som gir sammenhengen mellom falltapet h_f , lengden av røret L , diameteren til røret D , den gjennomsnittlige strømningshastigheten v , gravitasjonskonstanten g og en friksjonskoeffisient f . Falltapet h_f er et trykktap med enhet mVs (meter vannsøyle).

Den tapte trykkenergien går over til varmeenergi, som varmer opp vannet i røret. Temperaturøkningen er imidlertid neglisjerbar da et trykktap på 10 meter vannsøyle vil øke temperaturen med 0,02 grader celsius. Friksjonskoeffisienten f kan bestemmes ved hjelp av Moodys diagram, med inngangsverdiene relativ ruhet og Reynolds tall.



Figur 4 Moodys diagram. Hentet fra (Ødegaard, 2014).

Darcy-Weisbachs ligning kan også brukes til å finne nødvendig diameter på et rør for å frakte en gitt vannmengde, hvis man også har gitt lengden på røret og et tilgjengelig falltap. Ved stasjonære forhold vil vannføringen bli slik at alt falltapet som er tilgjengelig går bort som friksjonstap når vannet renner gjennom røret. Ved å dele tilgjengelig falltap på lengden av røret finner vi fallet på røret gitt i meter per meter, betegnet med bokstaven i .

$$\frac{h_f}{L} = i$$

Denne omskrivningen kan puttes inn i Darcy-Weisbachs ligning. Ved hjelp av kontinuitetsligningen og formelen for arealet av en sirkel kan vi komme fram til følgende uttrykk for diameteren d i et rør:

$$D^5 = \frac{8 * Q^2 * f}{\pi^2 * g * i}$$

Reynolds tall

Reynolds tall sier noe om hvordan en væske strømmer gjennom et rør. Ved lave Reynolds tall strømmer væsken laminært, mens ved høye Reynolds tall strømmer væsken turbulent.

Reynolds tall kan regnes ut ved hjelp av formelen:

$$Re = \frac{D * V}{\vartheta}$$

D er rørdiameteren, V er strømningshastigheten og ϑ er væskens kinematiske viskositet. Den kinematiske viskositeten til vann varierer med temperatur og i de temperaturene som er aktuelle i vår situasjon er den ca 10^{-6} .

4.2.4 Darcy's formel

Darcy's formel må ikke forveksles med Darcy-Weisbachs ligning. Darcy's formel brukes til å beregne hvor mye vann som strømmer gjennom masser i grunnen. Formelen ble først formulert av Henry Darcy i 1856 (Darcy, 1856). Det finnes mange forskjellige skrivemåter av formelen, men den enkleste og mest hensiktsmessige her er:

$$q = K * A * i$$

q angir vannstrømmen i kubikkmeter per sekund, K er den hydrauliske ledningsevnen til massene vannet strømmer gjennom (m/s), A er arealet av tverrsnittet til vannstrømmen (m²) og i er den hydrauliske gradienten til strømmen (m/m). Ved å summere opp vannstrømmen over en tid kan man få den totale vannmengden som har strømmet, betegnet med Q. Hvis vannstrømmen endrer seg med tiden må dette gjøres med et integral. Da gjelder:

$$\frac{dQ}{dt} = q$$

Ifølge (Aas, 2017) er det også mulig å bruke en forenklet versjon av Darcy's formel der man ikke tar hensyn til den hydrauliske gradienten:

$$q = K_{sat} * A$$

K_{sat} er den mettede hydrauliske ledningsevnen til massene vannet strømmer gjennom. Denne formelen kan brukes der man ikke kjenner trykkehøyden eller lengden av strømningsveien.

4.2.5 Beregning av vannhøyde i steinfylling

Ved bruk av et permeabelt dekke er man avhengig av å ha nok hulrom i massene under dekket til å fordrøye vannet som kommer. For å kontrollere dette har vi utledet en egen formel, basert på regnenvelopmetoden og Darcy's formel. Prinsippet bak formelen er å finne ut hvor mye vann som er i fyllinga til enhver tid ved å finne differansen mellom vannet som tilføres og vannet som renner ut. Hvis vi kjenner porøsiteten til massene, kan dette regnes om til vannhøyden h . Fullstendig utledning og forklaring av formelen finnes i vedlegg 9.6.

$$h = \frac{I * b}{K * i * L} (1 - e^{-\frac{K * i}{B * p} * t})$$

4.2.6 Beregning av regnbed

Generelle retningslinjer for dimensjonering av regnbed sier at regnbedets overflateareal bør være 5-10% av det totale nedbørfeltets areal (Braskerud og Paus, 2016). Dette regnes for å være en konservativ dimensjonering. Hvis man i stedet ønsker å dimensjonere et regnbed til spesifikke behov, kan man anta at nedbøren kommer med en relativt konstant intensitet over en gitt tid. Dette innebærer at det totale vannvolumet regnbedet kan håndtere er summen av volumet som kan lagres på overflaten og volumet som har rukket å infiltrere i løpet av nedbørens varighet (Braskerud og Paus, 2016). Det nødvendige arealet på regnbedet kan regnes ut med følgende formel:

$$A_{\text{regnbed}} = A_{\text{felt}} \times c \times P / (h_{\text{maks}} + K_h \times t_r)$$

Der:

- A_{regnbed} er regnbedets overflateareal (m^2)
- A_{felt} er nedbørfeltets størrelse (m^2)
- c er nedbørfeltets gjennomsnittlige avrenningskoeffisient (-)

- P er dimensjonerende nedbørsmengde (m)
- h_{maks} er den maksimale vannstanden på overflaten før vannet går i overløp (m)
- K_h er filtermediets mettede hydrauliske konduktivitet (m/t)
- t_r er dimensjonerende varighet på tilrenningen til regnbedet (t)

(Braskerud og Paus, 2016)

En konservativ måte å dimensjonere regnbed på er å utelate K_h og t_r fra formelen. Da tar man ikke hensyn til vannet som vil infiltreres i løpet av nedbørshendelsen.

4.3 Kostnadsberegning

Ved beregning av levetidskostnad har vi utelatt det som er felles for begge løsningene og kun tatt for oss det som er forskjellig. Det vil si at kostnaden vi kom fram til ikke er den totale kostnaden for overvannssystemet, men vi får kostnadsforskjellen mellom de to alternativene og dermed et grunnlag for å vurdere alternativene opp mot hverandre. I prisen har vi inkludert innkjøp av materialer, frakt, arbeid ved bygging og kostnader til drift og vedlikehold. Vi har ikke inkludert kostnader knyttet til rivning eller sanering i slutten av dimensjoneringsperioden da den reelle levetiden sannsynligvis vil være mye lenger.

Den dimensjonerende levetiden har vi satt til 20 år, da det er dette som brukes i Statens Vegvesens håndbok N200 (Statens Vegvesen, 2018). Den tekniske levetiden på de forskjellige elementene antas å være vesentlig lenger enn dette. Den funksjonelle levetiden derimot er vanskelig å si noe om, ettersom vi ikke vet nøyaktig hva slags bedrift som skal bruke tomte. Ved eventuelt nye leietakere eller salg av tomte i framtida kan det oppstå annerledes behov enn det det opprinnelig var.

Ved prissetting har vi i størst mulig grad hentet inn pris fra minst to forskjellige tilbydere for alle elementer, for å sikre at prisene vi fikk oppgitt var korrekte og konkurransedyktige. Det viste seg imidlertid å være utfordrende å få komplette, realistiske priser uten å faktisk legge inn en bestilling. Prisene vi har brukt i beregningene under har vi kommet fram til ved å vurdere og sette sammen priser fra de forskjellige tilbudene vi har hentet inn.

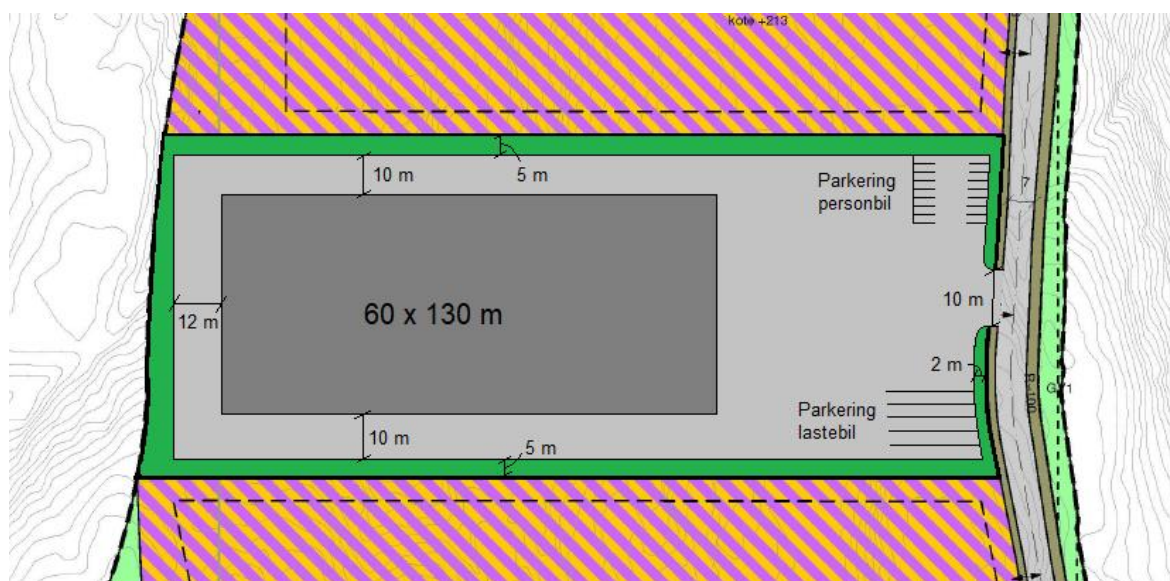
Ved beregning av kostnader som påløper i fremtiden har vi ikke gjort noen diskontering for å regne om beløpet til nåverdi. Vi har heller ikke tatt høyde for prisstigning på vedlikeholdstjenester i fremtiden. Dette er faktorer som motvirker hverandre, så vi har valgt å utelate begge for å gjøre regnejobben enklest mulig.

Priser på knuste steinmasser er oppgitt per tonn. For å regne om fra kubikkmeter til tonn bruker vi en faktor på 1,6. Dette er i henhold til prosedyren på Isachsens nettsider (Isachsen, 2020).

Alle priser er eksklusiv merverdiavgift.

5 Resultat

5.1 Utforming av tomta



Figur 5 Oversiktsbilde som viser utformingen av tomta. Illustrasjon: Jørgen Sletten

Reguleringsplanen gir et krav om maks utnyttelse på $BYA = 70\%$, der 30% kun kan brukes til parkering på terreng uten overbygning og dermed 40% kan benyttes til bygget.

Tomtestørrelsen er $19\,900\text{ m}^2$ og 40% av dette er 7960 m^2 . Vi har valgt å bruke et bygg på $60 \times 130\text{ m}$ som blir 7800 m^2 , da dette er tett opptil hva som er tillatt. Bygget er plassert helt mot byggegrensen i vest og midt på tomta i nord/sør-retningen. Utrykningskjøretøy og annen nyttetransport vil ha tilgang til hele bygget da det er lagt opp til å kunne kjøre rundt, med 10 meter trafikkareal langs langsiden av bygget og 12 meter i enden.

Parkering har vi lagt opp til at skal være i den østre delen av tomta mot tilkomstveien. Dette vil være plasser som blir merket opp på det samme dekket som resten av plassen og vil derfor ikke påvirke våre beregninger.

Det er også krav i reguleringsplanen om minst 10% grøntområder på tomta. Dette har vi valgt å legge i en stripe rundt hele tomta. 2 meter bredt mot tilkomstveien i øst, 5 meter bredt langs langsiden i nord og sør og ei stripe med variabel bredde mot vest. Til sammen blir dette ca

14 % av tomta. Beregning av arealer er vist i vedlegg 9.3. Grøntarealene er plassert slik for å kunne benyttes som regnbed og infiltrasjonsflate uten å være i veien for aktiviteten på tomta. Det gir oss også muligheten til å avskjære vannet og hindre at noe renner videre til nabotomta. Det er de 5 meter brede stripene langs langsiden som først om fremst vil brukes til vannhåndtering. Ved ekstreme nedbørmengder vil disse fungere som overløpsrenner som leder vannet mot vest og ut i lavere terreng.

Tomta ligger i skrått terreng med fjell som stiger mot sør. Dette fører til at det i den sørlige delen av tomta må sprenges, mens det i den nordlige delen må fylles ut. I henhold til den tekniske beskrivelsen for prosjektet skal den opparbeidede tomta leveres med sprengt fjell ned til minst 80 cm under overflaten. I fyllingen brukes sprengstein, slik at når prosjektet vårt starter er hele tomta planert på en gitt høyde med sprengstein og en minste avstand ned til fjell på 80 cm.

5.2 Elementer som er felles for begge løsningene

Følgende punkter er felles for begge løsningene, og vil derfor bli utelatt fra kostnadsberegninger:

- Arbeid med oppbygningen av fundament til trafikkarealer. Massene er forskjellige, men jobben er den samme.
- Kantstein mellom grøntområder og trafikkarealer. Går hele veien rundt for å låse inn belegningssteinen i det permeable dekket og forsterke asfaltkanten. 0 vis for å la vannet renne ut på grøntområdene.
- Drift av trafikkarealene med strøing, feiing osv.
- Generell utforming av grøntområdene på tomta. I regnbed kommer beplantning osv. i tillegg.
- Leireranke på fjell for å avskjære vannstrømmer i grunnen. Langs tomtegrensen i nord legges en leireranke nede på fast fjell for å avskjære vannet og lede det mot vest, ut i lavere terreng. Dette for å hindre at det infiltrerte vannet fra vår tomt skaper problemer for nabotomten i nord. Vi forutsetter at det er gjort lignende tiltak på vår nabotomt i sør, slik at det ikke kommer vannstrømmer i grunnen inn på vår tomt fra sør.

I tillegg til punktene over har vi valgt å utelate kostnaden med å montere rørsystemet innvendig i bygget for å få takvannet ned på bakkenivå. Dette fordi det er nærmest umulig å finne valide tall så lenge vi ikke har noe konkret bygg å forholde oss til. Rørsystemet for alternativet med grønt tak benytter grøvre dimensjoner, men samtidig færre rør, så monteringskostnaden vil sannsynligvis ikke avvike mye mellom alternativene. Disse kostnadene må vurderes mer nøyaktig i hvert konkrete tilfelle der det blir aktuelt å bruke resultatene av denne oppgaven.

5.3 Alternativ 1

5.3.1 Beskrivelse av løsningen

Hovedprinsippet bak denne løsningen er å infiltrere mest mulig vann der det lander. For å oppnå dette vil det legges permeabelt dekke på de kjørbare arealene utendørs, mens bygningen utføres med et ekstensivt grønt tak. Det grønne taket vil absorbere og fordampe små til middels store regnskyll. Ved kraftigere regnskyll vil taket absorbere og fordrøye en del av vannet, mens resten ledes ned i infiltrasjonsrør som ligger i steinfyllingen med fall vekk fra bygget.

Det permeable dekket har kapasitet til å ta opp ganske kraftig regn. Som en ekstra sikkerhet ved ekstreme nedbørsmengder vil tomta utformes med et fall på 1% mot de grønne områdene langs kanten på tomta slik at ved en overbelastning av dekket vil vannet som ikke infiltreres ledes dit.

Grøntområdene på tomta bygges opp med fiberduk og stedlige jordmasser, og utformes slik at vannet som havner der i størst mulig grad samles opp og infiltreres gjennom vegetasjonen. Hvis vannstanden her skulle stige vil vannet renne ut av tomta og til egnet, lavereliggende terreng.

5.3.2 Permeabelt dekke

Valg av dekke

Grunnforholdene på tomte med fjell og sprengsteinsfylling gjør at det egner seg godt med et permeabelt dekke etter system A, der alt vannet blir infiltrert (Myhr, 2011). For å bruke system A med full infiltrasjon er det et krav om at grunnvannsspeilet skal være minst 1000 mm under overflaten, og det kravet er oppfylt her.

Vi har valgt å bruke et dekke bestående av Asak Permac Lock Dren belegningsstein som er 100 mm tykk. Dette er en belegningsstein som tåler store laster og vridning godt, noe som er viktig på en næringstomt. Prisen er også konkurransedyktig mot tilsvarende stein fra andre produsenter.

Dimensjonering

Fundamentet under steinen utføres i henhold til Statens Vegvesens håndbok N200 (Statens Vegvesen, 2018). Dimensjoneringstabell i vedlegg 9.5. Vi antar trafikkgruppe A.

Oppbyggingen er som følger, fra topp:

- 30 mm settelag av 2-6,3 mm finpukk
- 150 mm øvre bærelag av pukk 4-20 mm
- 300 mm nedre bærelag av kult 22-120 mm
- Sprengstein/fjell

Som fugemasse brukes det samme fraksjon som i settelaget. Siden oppbyggingen må være permeabel kan vi ikke bruke fraksjoner med nullstoff i. Derfor brukes fraksjonene som anbefales i en veileder basert på internasjonale erfaringer utarbeidet av en arbeidsgruppe bestående av norske fagfolk (Myhr, 2011).

Infiltrasjonskapasiteten når dekket er nylagt er rundt 5000 l/s*ha, men over tid vil finstoff gradvis tette igjen fugene og infiltrasjonskapasiteten vil falle (Asak, 2020). Norsk Belegningsstein anbefaler å bruke en dimensjonerende infiltrasjonskapasitet for dekket på 200 l/s*ha (Myhr, 2013). De omtaler dette som et konservativt anslag og at et nytt dekke vil ta unna mange ganger mer vann. ASAK skriver i sin brosjyre at infiltrasjonskapasiteten kan

settes til 1000 l/s*ha (Asak, 2020). De henviser til et prosjekt i Tyskland der infiltrasjonskapasiteten ble målt til 1000 l/s*ha etter 7 år og ikke avtok etter det. En amerikansk studie (Smith, 2006) anbefaler å bruke 210 l/s*ha som dimensjonerende infiltrasjonskapasitet på et dekke som er ment å vare i 20 år, men påpeker at det varierer med bruk og hvor mye finstoff som tilføres. Ut ifra dette kan vi anta at kapasiteten på sikt vil stabilisere seg på et nivå i området mellom 200 og 1000 l/s*ha, avhengig av hva slags virksomhet som vil foregå på tomta. Asak anbefaler å bytte ut fugematerialet hvert 3-5 år da dette vil «nullstille» dekket og gi tilnærmet samme kapasitet som da det var nytt (Asak, 2017).

Hvor fort og hvor mye fugene tettes igjen er veldig avhengig av hva slags aktivitet som foregår på tomta. Ut ifra IVF-dataene ser vi at en regnintensitet på 200 l/s*ha passerer ved en regnvarighet på mellom 60 og 90 minutter. Alle regnskyll med lenger varighet (og dermed lavere intensitet) enn dette infiltreres i sin helhet gjennom dekket. Den høyeste regnintensiteten som kan oppstå ut ifra IVF-dataene er 794 l/s*ha, ved en regnvarighet på ett minutt. Når dekket er nytt vil også alt dette vannet infiltreres i sin helhet, men avhengig av hvor mye infiltrasjonskapasiteten synker over tid vil det kunne bli noe avrenning fra dekket.

*Tabell 1 Regnintensiteter i l/s*ha ved 200-årsflom. Data hentet fra eklime.met.no.*

Regnvarighet (min)	1	2	3	5	10	15	20	30	45	60	90	120	180	360
Regnintensitet	529,3	491,3	472,6	432,7	348,1	301,5	277,5	223,1	175,6	146,1	103,6	81,5	58,6	31,9
Regnintensitet inkl. klimafaktor	793,95	736,95	708,9	649,05	522,15	452,25	416,25	334,65	263,4	219,15	155,4	122,25	87,9	47,85

Vannet som infiltreres fordrøyes i steinmassene under dekket. Ifølge Norsk Belegningsstein (Myhr, 2013) har pukk og sprengstein et porevolum på 15-20% som er disponibelt til å lagre vann. I de tekniske beskrivelsene for prosjektet vårt står det at det skal være sprengt fjell ned til minst 80 cm under ferdig tomt. Hvis vi trekker fra de 10 cm som selve steinen utgjør, så er det minst 70 cm igjen med sprengstein og pukk i bærelaget. For å kontrollere om dette er tilstrekkelig bruker vi formelen vi utledet som gir vannhøyden i steinfyllinga ved regn av en gitt intensitet etter en gitt tid (vedlegg 9.6).

Beregningene viser at den største vannstanden som oppstår i steinfyllinga er 64 cm og det dermed er tilstrekkelig hulrom i steinmassene til å fordrøye den største vannmengden som

kommer i løpet av en nedbørshendelse. Beregningene viser også at 90% av vannet fra den dimensjonerende nedbørshendelsen er ute av fyllinga etter under 4 dager.

Tabell 2 Beregnet maksimal vannhøyde h i steinfyllinga

Regnvarighet (sek)	60	120	180	300	600	900	1200	1800	2700	3600	5400	7200	10800	21600
Regnintensitet	529,3	491,3	472,6	432,7	348,1	301,5	277,5	223,1	175,6	146,1	103,6	81,5	58,6	31,9
Regnintensitet inkl. klimafaktor	793,95	736,95	708,9	649,05	522,15	452,25	416,25	334,65	263,4	219,15	155,4	122,25	87,9	47,85
Vannhøyde h (m)	0,032	0,059	0,085	0,130	0,209	0,272	0,333	0,401	0,472	0,522	0,551	0,574	0,611	0,640

Det er viktig at det sprengte fjellet på tomta er forholdsvis jevnt, slik at det ikke blir større vanddammer i fyllinga som ikke kan renne vekk. Fjellet har slepper og åpninger, så noe vann kan infiltreres ned i selve fjellet, men mye må renne ut til siden og ned i lavere terreng. Når dette er oppfylt vil det ikke bli problemer med frost og telehiv, ettersom det ikke blir stående noe vann som kan fryse. Det vil også bli lite is på overflaten ved tine/fryse sykluser om vinteren ettersom smeltevannet dreneres bort i stedet for å bli stående i dammer på overflaten.

I praksis gjelder beregningene av vannhøyde i fyllinga kun for den sørlige delen av tomta der det sprenges, mens i den nordlige delen, der det er fylling, vil det være brattere fall og mer hulrom til å lagre vann.

Miljø

Permeable dekker kan ha gunstig miljøeffekt med tanke på forurensing av grunnvann og resipienter. Partikler og tungmetaller vil i noen grad filtreres ut når vannet renner gjennom bærelaget under dekket. En studie fra USA viser at det infiltrerte vannet inneholder mye mindre miljøgifter enn vann som har rent av på asfalt (Brattebo og Booth, 2003). I denne testen ble det gjort målinger på kobber og sink. Den viser også at utslipp fra mindre drivstofflekkasjer kan begrenses sterkt eller stoppes med et permeabelt dekke. En annen studie viser også gode resultater for filtrering av forurensninger, men påpeker at renseeffekten varierer med både regnintensitet og tykkelse på gruslagene (Liu *et al.*, 2019).

Det at alt vannet infiltreres der det faller fører til at det ikke blir noe konsentrert utløp fra feltet. Dette er gunstig for resipienter som med tradisjonelle løsninger ofte ville fått alt utløpet gjennom ett rør. Det at dekket er slitesterkt og har lang levetid vil også være et positivt bidrag, da det kan ligge lenge uten at det må byttes eller gjøres mer omfattende vedlikehold.

Vedlikehold

Over tid vil fugene i dekket tette seg igjen noe ettersom støv og finstoff samler seg opp. Dette vil føre til en reduksjon i permeabiliteten. For å motvirke dette er det anbefalt at man feier dekket med jevne mellomrom avhengig av aktiviteten på området, men minst før og etter vinteren. Når det strøs om vinteren bør det benyttes samme fraksjon som fugemassen. ASAK anbefaler at fugemassen byttes ut hvert 3-5 år for å opprettholde infiltrasjonskapasiteten (Asak, 2017). Det kan vurderes om dette er nødvendig ettersom det finnes studier som viser at kapasiteten holdes på et akseptabelt nivå selv uten vedlikehold, og siden det er tatt høyde for gjentetting i beregningene. Gjentetting av fugene vil også ha en gunstig miljøeffekt ettersom det gir en bedre renseeffekt på vannet som renner igjennom. Behovet for vedlikehold vil variere mye med aktiviteten som foregår på tomta.

5.3.3 Grønt tak

Valg av type tak

Bygget vårt er et stort industribygg der det i utgangspunktet skal oppholde seg lite folk. Det er også god plass rundt bygget til å håndtere overvann. Ut ifra dette vurderer vi det som lite hensiktsmessig med et intensivt tak og velger å gå for et ekstensivt tak. Et ekstensivt tak som bygges opp med drenslag, filtag og en prefabrikkert sedummatte vurderes som gunstig i vårt tilfelle. Dette taket har lav egenvekt og påvirker derfor konstruksjonen i liten grad og det har et estetisk uttrykk som passer godt inn i det skogsnære industriområdet.

Vi bruker et dekke av sedummatter fra Bergknapp AS. Vi valgte Bergknapp fordi de har en del teknisk informasjon om sitt dekke på sine nettsider. Vi har også sjekket deres pris opp mot andre leverandører av tilsvarende dekke og prisene er veldig like.

Dimensjonering

Det grønne dekket bygges opp som følger, fra topp (Bergknapp, 2020a):

- Prefabrikkert sedummatte, Bergknapp sedummix 2-4 cm
- Filtag, OwaTex
- Drensmatte, Isola DE 25



Figur 6 Oppbygningen av det grønne taket (Vatnaland, 2020)

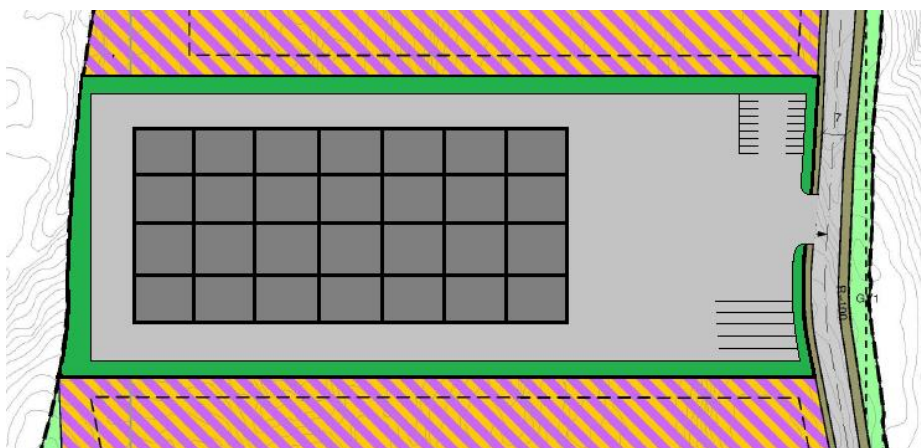
Selve taket, under drens-matten, avsluttes med en membran som er vanntett og rotbestandig. Dekket har en egenvekt som fører til at det blir større laster på takkonstruksjonen. I tørr tilstand er egenvekten til dekket 25 kg/m^2 , eller ca $0,25 \text{ kN/m}^2$ (Bergknapp, 2020b). Til sammenligning er karakteristisk snølast $4,0 \text{ kN/m}^2$ i Røyken (Standard Norge, 2003). Dette vil føre til at bæresystemet til bygget blir noe dyrere ettersom det må dimensjoneres for en høyere egenlast, men prosentvis vil det ikke være snakk om en stor endring.

Når det regner fanges vannet først av plantene. Plantene i sedummattene er 10-20 cm høye. Etter hvert vil vannet renne ned og absorberes i vekstmediet. Leverandøren har ikke oppgitt spesifikt hvor mye vann dekket kan holde på, men vi har gjort et anslag på 20 mm. Beregning i vedlegg 9.7.

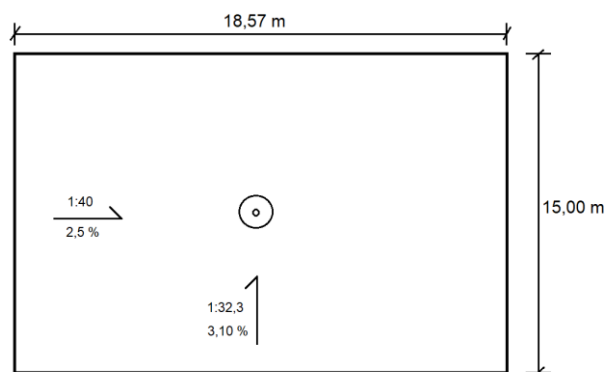
Det er mange forhold som påvirker avrenningen fra taket. I tørr tilstand vil dekket kunne ta opp tilnærmet alt vann ved lav til medium regnintensitet fram til den totale mengden overstiger 20 mm. Ved kraftig regn vil det kunne bli noe avrenning selv om dekket ikke er helt vanntett ettersom det ikke klarer å absorbere vannet raskt nok. Ved flere regnskyll tett etter hverandre vil dekket være delvis mettet når det begynner å regne. Da vil naturligvis evnen til å absorbere vann reduseres, avhengig av vanninnholdet i dekket. Dekket vil likevel ha en fordrøyende effekt som bidrar til å dempe de verste flomtoppene. Studier viser at tykkelsen på substratet ikke påvirker avrenningsintensiteten vesentlig (Braskerud, 2014). Det betyr at selv vårt tynne dekke på 2-4 cm kan ha en betydelig fordrøyende effekt. Denne oppstår fordi vannet renner saktere gjennom vegetasjonen og drens-matten enn det gjør på et vanlig plant tak. Fordrøyningeffekten hadde vært enda bedre om vi ikke hadde benyttet en

drensmatte, men denne er nødvendig ettersom sedumrøttene ikke tåler å stå under vann over tid.

Taket vil være flatt med et fall på 1:40 mot sluk. Dette er det minste fallet man kan ha i henhold til NS 3840 (Standard Norge, 2015). Rundt slukene vil det legges 30-50 cm singel, som anbefalt i NS 3840 (Standard Norge, 2015). Langs ytterkanten av taket vil det være en parapet som hindrer avrenning og som sikrer dekket mot vindsug langs kantene. Taket deles opp i 28 like store soner, der hver sone har ett sluk i midten. Med et totalt takareal på 7800 m² gir det et areal på ca 279 m² per sluk. Grunnen til at vi valgte 28 sluk er at det gir kurante dimensjoner på rørsystemet. Beregninger i vedlegg 9.7.



Figur 7 Inndeling av soner på taket. Illustrasjon: Jørgen Sletten



Figur 8 Detaljer for hver sone. Illustrasjon: Jørgen Sletten

Avrenningen fra hver sone beregnes ved hjelp av den rasjonelle formel. På grunn av den fordrøyende effekten til sedummatten bruker vi en konsentrasjonstid på 10 minutter. Avrenningsfaktoren settes til 0,8. Dette gir en avrenning per sluk på 11,64 l/s. Ved hjelp av Darcy-Weisbachs ligning finner vi at den minste standard rørdimensjonen som kan frakte dette vannet er 125 mm PVC. Vi forutsetter at slukboksen slipper gjennom nok vann til at det er vannføringen i røret som blir dimensjonerende. Vi fører sammen to og to 125 mm rør til ett 160 mm rør ved hjelp av et grennrør. Retningsendring av rørene gjøres med langbend, i henhold til Røyken kommunes VA-norm (Røyken kommune, 2020). 160 mm rørene føres ned til bakken langs veggen innvendig i bygget. Dette for å forhindre frost om vinteren. Fra veggen av bygget og ut mot grøntområdene legges det 160 mm infiltrasjonsrør av typen Viacon Pecor. Infiltrasjonsgrøftene blir 10 meter lange. Rørene legges med slissene i bunnen slik at vannet i rørene kan renne ut i steinfyllingen. Rundt rørene legges 30 cm 8/12 singel og fiberduk klasse 2 i henhold til Røyken kommunes VA-norm (Røyken kommune, 2020). Rørene krever en overfyllingshøyde på 60 cm for å tåle trafikklast (Viacon, 2020). Beregninger på infiltrasjonsrør ligger i vedlegg 9.7.

I enden av hvert infiltrasjonsrør, langs kanten av grøntområdet, setter vi ned en stake/spylekum med 315 mm stigerør og flyteramme med ristlokk. Dette for å ha tilgang til å inspisere røret og eventuelt spyle røret hvis det skulle tette seg med tiden. Ristlokket fungerer som lufting for røret og kan også fungere som overløp ved ekstremt store nedbørsmengder.

Miljø

Vannkvaliteten på avrenningen fra det grønne taket påvirkes av mange forskjellige faktorer. Forurensninger som fosfor, nitrogen og tungmetaller kan i noen grad holdes igjen på taket og føre til lavere konsentrasjoner i avrenningen sammenlignet med avrenning fra harde overflater (Berndtsson, 2010). Men dette er ikke alltid tilfelle. Ved kraftig regn etter en tørr periode vil forurensninger som har samlet seg opp på taket skylles ned og føre til høyere konsentrasjon enn normalt. Dette kan omfatte for eksempel fugleavføring og luftforurensning som bindes til vegetasjonen. En viktig faktor som påvirker avrenningen er bruk av gjødsel (Berndtsson, 2010). Gjødsel inneholder nitrogen og fosfor, og ved større regnmengder kan dette vaskes ut og renne av taket.

Det er vist at grønne tak øker pH-en i nedbør fra 5-6 til 7-8 (Berndtsson, 2010). Dette bidrar til å redusere virkningen av surt regn på lokale resipienter.

Det grønne taket kan ha en positiv effekt på naturmiljøet ved å bidra til biologisk mangfold. Det kan gi leveplass for fugler og insekter og kan også tilrettelegges for rødlistearter. Dette avhenger imidlertid av tykkelsen av substratet, så i vårt tilfelle med en tynn sedummatte er det relativt begrensede muligheter.

Vedlikehold

Et sedumtak krever minimalt med vedlikehold sammenlignet med andre grønne taktyper. Plantene tåler tørke godt, men ved langvarig tørke og høye temperaturer kan det bli nødvendig å vanne. Ved perioder med mye nedbør kan ugress etablere seg. Dette må fjernes med luking hvert år for at taket ikke skal bli gjengrodd. Mesteparten av ugresset vil imidlertid dø i tørre perioder.

Taket bør gjødsles 2 ganger i året. Første gang om våren etter snøsmelting og andre mellom juni og august. Det bør brukes minst 50 g/m² og anbefalt type gjødsel er 50% Scotts Osmocote Flora (virkningstid 8 mnd) eller tilsvarende og 50% fullgjødsel (Bergknapp, 2020a). Gjødslingen bør skje ved nedbør og ikke i sollys.

Slukene må holdes åpne til enhver tid. Løv og annen forurensning må fjernes. Dette vil ikke bli noe stort problem her ettersom det ikke er trær på taket eller i nærheten slik at løv kan havne på taket. Om våren når snøsmeltingen starter er det viktig at slukene er frostfrie og klare til å ta unna vann.

5.3.4 Kostnad

Post	Enhet	Enhetspris	Antall	Pris	Kilde
Permeabelt dekke					
Kult 22-120	tonn	kr 91,00	4466,4	kr 406 442,40	Vedlegg 9.10.1
Pukk 2-32	tonn	kr 140,00	2233,2	kr 312 648,00	Vedlegg 9.10.1
Settelag 2-6	tonn	kr 214,00	446,64	kr 95 580,96	Vedlegg 9.10.1
Belegningsstein m/frakt	m ²	kr 142,00	9305	kr 1 321 310,00	Vedlegg 9.10.2
Arbeid legging	m ²	kr 100,00	9305	kr 930 500,00	Vedlegg 9.10.3
Bytte av fuger/vedlikehold	RS	kr 75 000,00	4	kr 300 000,00	Vedlegg 9.10.4
Sum permeabelt dekke				kr 3 366 481,36	
Grønt tak					
Sedumtak m/frakt og legging	m ²	kr 300,00	7800	kr 2 340 000,00	Vedlegg 9.10.5
Kran	timer	kr 2 500,00	104	kr 260 000,00	Vedlegg 9.10.6
Rigg kran	RS	kr 20 000,00	1	kr 20 000,00	Vedlegg 9.10.6
Lossing	RS	kr 30 000,00	1	kr 30 000,00	Vedlegg 9.10.6
Slukbokser	stk	kr 963,00	28	kr 26 964,00	Vedlegg 9.10.5
Singel rundt sluk 8/16	tonn	kr 127,00	11,2	kr 1 422,40	Vedlegg 9.10.1
Skjøtsel	m ² *år	kr 10,50	156000	kr 1 638 000,00	Vedlegg 9.10.5
PVC 125 mm rør	m	kr 195,00	210	kr 40 950,00	Vedlegg 9.10.7
PVC 160 mm rør	m	kr 271,00	245	kr 66 395,00	Vedlegg 9.10.7
Langbend 125 mm	stk	kr 955,00	42	kr 40 110,00	Vedlegg 9.10.7
Langbend 160 mm	stk	kr 1 675,00	56	kr 93 800,00	Vedlegg 9.10.7
Muffe 125 mm	stk	kr 202,00	28	kr 5 656,00	Vedlegg 9.10.7
Muffe 160 mm	stk	kr 221,00	28	kr 6 188,00	Vedlegg 9.10.7
Gren 160/125	stk	kr 318,00	14	kr 4 452,00	Vedlegg 9.10.7
Overgang 125/160	stk	kr 259,00	14	kr 3 626,00	Vedlegg 9.10.7
Infiltrasjonsrør	m	kr 56,00	140	kr 7 840,00	Vedlegg 9.10.8
Fiberduk kl 2 4x110 m	stk	kr 4 890,00	1	kr 4 890,00	Vedlegg 9.10.7
Singel, grøft 8/11	tonn	kr 188,00	97,1	kr 18 254,80	Vedlegg 9.10.1
Stake/spylekum 160/315	stk	kr 2 080,00	14	kr 29 120,00	Vedlegg 9.10.7
Ters 160 mm	stk	kr 139,00	14	kr 1 946,00	Vedlegg 9.10.7
315 mm stigerør 6m	stk	kr 6 280,00	2	kr 12 560,00	Vedlegg 9.10.7
Teleskoprør 315 m/pakning	stk	kr 960,00	14	kr 13 440,00	Vedlegg 9.10.7
Flyteramme m/ristlokk 315	stk	kr 3 350,00	14	kr 46 900,00	Vedlegg 9.10.7
Glidemiddel 400 ml spray	stk	kr 121,00	4	kr 484,00	Vedlegg 9.10.7
Graving/rørlegging infiltrasjonsgrøft	m	kr 809,00	140	kr 113 260,00	Vedlegg 9.10.9
Montering stake/spylekum	stk	kr 630,00	14	kr 8 820,00	Vedlegg 9.10.9
Spyling av infiltrasjonsrør	RS	kr 13 250,00	10	kr 132 500,00	Vedlegg 9.10.10
Anslått ekstra kost takkonstruksjon	RS		1	kr -	
Sum grønt tak				kr 4 967 578,20	
SUM alternativ 2				kr 8 334 059,56	

Utfyllende kommentarer til tallene i regnearket finnes i vedlegg 9.12.

Tabell 3 Fordeling av kostnader alt. 1

Permeabelt dekke	
Byggekostnad	kr 3 066 481,36
Drift/vedlikehold	kr 300 000,00
Grønt tak	
Byggekostnad	kr 3 197 078,20
Drift/vedlikehold	kr 1 770 500,00

5.4 Alternativ 2

5.4.1 Beskrivelse av løsningen

Løsningen bygger på ideen om å håndtere overvannet på overflaten. Det vil si at man leder vannet fra impermeable dekker til egnede steder hvor vannet kan infiltrere ned i grunnen. I vårt tilfelle vil disse infiltrasjonsarealene være regnbed. Regnbed som er bygd opp har god evne til infiltrasjon og ikke minst evnen til å lagre vann på overflaten i en periode. Kjørbare areal og parkering vil bestå av et tett, tradisjonelt dekke (asfalt), med fall mot regnbed. På taket vil det være fordrøyning i form av hevet sluk, slik at noe vann vil lagres som dammer på taket. Vannet som renner ned fra taket vil infiltreres i grunnen ved hjelp av et infiltrasjonsrør.

5.4.2 Asfaltdekke

Oppbygningen av fundamentet under asfaltdekket utføres i henhold til håndbok N200 (Statens Vegvesen, 2018). Dimensjoneringstabell i vedlegg 9.8. Vi antar trafikkgruppe A. Ettersom grunnforholdene er fjell og sprengstein er det ikke nødvendig med frostsikringslag.

Oppbygningen blir som følger, fra topp:

- 40 mm slitelagsdekke, Ab 11
- 60 mm bærelagsdekke, Ag 16
- 200 mm bærelag, Fk 0-32
- 300 mm forsterkningslag, kult 22-120
- Sprengstein

5.4.3 Regnbed

Dimensjonering

Begge langsiden med grøntareal på den aktuelle tomten har et samlet areal på 2215 m². Vi velger av estetiske hensyn å bruke hele dette arealet som bed. Dette for skjerming mot nabotomter i tillegg til et helhetlig og gjennomført utseende på tomten. Derfor snur vi om på formelen for å finne ut hvor stor h_{maks} blir ved de forskjellige scenariene med et så stort

regnbed. (Braskerud og Paus, 2016) anbefaler i sin veiledning til norske regnbed at man ikke har en h_{maks} på mer enn 0,3 meter.

Tabell 4 h_{maks} for ulike scenarioer

Returperiode	200 års flom		50 års flom		25 års flom	
	60 min.	360 min.	60 min.	360 min.	60 min.	360 min.
$k_h = 0,1$	0,331	-0,035	0,247	-0,115	0,206	-0,156
$k_h = 0,05$	0,381	0,265	0,297	0,006	0,206	-0,300
$k_h = 0,025$	0,406	0,415	0,322	0,294	0,281	-0,150

I tabellen ovenfor kan man se forskjellige h_{maks} -verdier for regnbedet på 2215 m². I rødt har vi verdier som overstiger 0,3 meter vannstand, i gult verdier under 0 og i grønt verdier mellom 0 og 0,3 meter. Røde verdier indikerer situasjoner hvor vann vil gå i overløp, mens gule verdier tyder på at alt overvannet infiltrerer i grunnen uten at det bygger seg opp på overflaten. De grønne verdiene er situasjoner hvor det vil bygge seg opp vann på overflaten av regnbedet, men ikke mer enn 30 cm. Det vil si at for gule og grønne verdier er regnbedet i stand til å håndtere nedbørshendelsen.

Desto kortere en nedbørshendelse er jo større krav stiller dette til lagringskapasiteten på overflaten i regnbedet. For lengre nedbørshendelser vil filtermediets mettede hydrauliske konduktivitet ha mye å si for regnbedets kapasitet.

I Norge er det anbefalt å ha et filtermedium med en mettet hydraulisk konduktivitet på 0,1 m/t. Dette er 4 ganger så stort som den anbefalte verdien i USA, hvor k_h er satt til å være minimum 0,025 m/t (Jersey, 2016). Vi har valgt å regne med en k_h på 0,05 da vi ikke har gjort prøver av filtermediets mettede hydrauliske konduktivitet, og dette er sådan en konservativ beregningsmetode.

Regnbedet blir bygd opp over steinfyllingen. Det blir lagt en fiberduk for å holde jorda atskilt fra steinfyllingen. For å kunne bruke en fiberduk med lavere klasse, og dermed større evne til å drenere vann, har vi valgt å legge 30 cm med kult 22-120 mellom fyllinga og fiberduken. En slik fiberduk har liten effekt om filtermedium og drenslag har samme kornstørrelse, men siden

sprengtstein og det naturlige dekke på tomta har stor forskjell i kornstørrelse anser vi dette som nødvendig. Fiberduken hindrer at jorda (filtermediet) blir med vannet og renner bort. Over duken har vi tenkt å bruke deler av det naturlige dekket. Vi velger å bruke 40 cm med jord, som anbefalt som minimum dybde for filtermedium (Braskerud og Paus, 2016). Dette utgjør ca. 670 m³ med jord. Bedet utformes som en u med snitthøyde på 30 cm. Siden massene under regnbedet har gode infiltrasjonsevner ser vi det som unødvendig med drenerør i drenerlaget. Det anbefales heller å legge vekt på overløpsmulighet i vest. Det er mulig med vertikale overløpsrør som stikker opp 30 cm og går ned i fyllingen. Vi har dog valgt å utforme regnbedet slik at overløp vil skje ut i vestkanten av tomta. Grunnen til dette er at der er kun ved 200-årsflom og kortvarig regn at regnbedet ikke vil greie å håndtere alt vannet. Denne løsningen vil ikke bidra til større flomskader enn det gjør i dagens naturlige situasjon.

Miljø

Regnbedet renser overvannet for både partikler og løste forurensninger. Regnbed har spesielt god renseeffekt for løste metaller og organiske miljøgifter da disse samles opp i de første 10 cm av filtermediet. Denne renseevnen er avhengig av mengden kompost i filtermediet. Ved å øke mengden kompost i filtermediet vil renseevnen til bedet øke, men samtidig vil infiltrasjonsevnen reduseres. Derfor vil lokale forhold og behov for renseeffekt være avgjørende for sammensetningen av filtermediet. Det er viktig at regnbed ikke blir utsatt for vegsalt. Både planter og jordstruktur blir ødelagt om regnbedet blir utsatt for vegsalt. I tillegg vil vegsaltet kunne mobilisere tungmetaller som er akkumulert i bedet.

Vedlikehold

Vedlikehold av regnbed består av næringstilførsel, mekanisk ugressbekjemping og oppfølging av beplantning. Med oppfølging av beplantning menes utskifting av planter som ikke klarer å etablere seg. Det kan være behov for vanning i etableringsfasen. Etter hvert som bedet er etablert skal det kunne klare seg selv uten vanning og med en begrenset mengde næringstilførsel.

5.4.4 Blått tak

Valg av leverandør

Leverandøren på det blå taket er Protan. Protan er et norsk industrikonsern med nesten 80 års erfaring. Konsernet har tak og membraner som sitt største forretningsområdet. Med hovedkontor i Drammen og som av Nordens største takentreprenører leverer de komplette løsninger for tak (Protan Gruppen, 2020). De er også så vidt vi vet de eneste i Norge som leverer Sintef sertifisert løsning for fordrøyning av vann på tak. Dette, sammen med god vilje til å bidra i oppgaven, gjorde at vi valgte Protan Blueproof som løsning på taket i alternativ 2.

Dimensjonering

Til dimensjoneringen av det blå taket har vi fått hjelp fra Protan. Denne dimensjoneringen er forutsatt at taket tåler en last på 10 cm vann fordelt over hele taket, eller 100 kg per m² som tilsvarer ca 1 kN per m². Karakteristisk snølast er til sammenligning 4,0 kN per m² (Standard Norge, 2003) så dette vil være godt innenfor hva taket er konstruert for.

- 7800 m² takareal
- 40 sluk
- 1:100 fall
- Avrenningskoeffisient 0,9
- Gjentakintervall 200 år
- Klimafaktor 1,5

Beregninger finnes i vedlegg 9.9.

Maks beregnet påslipp fra taket er 11,85 l/s ved regnvarighet 360 min. Her har vi reduksjon på 67 %. En fordel med blått tak er at man også fra starten av en ekstrem nedbørshendelse vil ha stor fordrøyning.

Den totale avrenningen på 11,85 l/s er fordelt likt på de 40 slukene. Dette gir en avrenning på ca 0,3 l/s per sluk. Dette krever strengt tatt en innvendig rørdiameter på 25 mm for å frakte alt vannet. Likevel anbefaler Protan å bruke minst 110 mm diameter på rørsystemet. Slukene er plassert i et rutenett på 4 x 10 sluk. Vannet fra alle slukene skal samles og føres ned i ett 160

mm infiltrasjonsrør. For å få til dette legger vi et 110 mm samlerør langs hver langside av bygget, som føres sammen til et 160 mm rør i det nord-vestre hjørnet av bygget. Det kobles 20 sluk inn på hvert samlerør. Vannet føres inn i et Viacon Pecor drenerør på samme måte som i alternativ 1. Det monteres også en stake/spylekum med ristlokk i enden.

Miljø

Blå tak har i utgangspunktet ingen renseseffekt på regnvannet. Vannet som faller på taket vil derimot ikke forurennes, slik som vann på bakken vil. På taket vil det for eksempel ikke være kjøretøy som kan forurense vannet med gummi, olje og lignende. Derfor vil ikke vannet som faller på taket ha en mer negativ effekt på miljø enn det har i dagens situasjon. Vannføringen på taket og ned nedløp vil muligens kunne dra med seg små materialer fra taktekking og rør, som kan føre til partikler i vannet. Fordrøyning av vann på tak vil kunne kombineres med for eksempel solceller, noe som kan gi miljømessige gevinster.

Vedlikehold

Vedlikehold av det blå taket skjer 1-3 ganger i løpet av året. Under kontroll av taket blir sluk kontrollert og renses, løv, kvist og andre ting som måtte ha landet på taket blir fjernet og eventuelle feil eller mangler blir fikset. Siden det er Protan Entreprenør som står for denne takforvaltningen, vil man etter hver inspeksjon få en rapport på takets tilstand. Dette gjør det enklere å følge med på eventuelle ting som vil kunne by på problemer.

5.4.5 Kostnad

Post	Enhet	Enhetspris	Antall	Pris	Kilde
Asfaltdekke					
Kult 22-120	tonn	kr 91,00	4466,4	kr 406 442,40	Vedlegg 9.10.1
Forkilt puk 0-32	tonn	kr 93,00	2977,6	kr 276 916,80	Vedlegg 9.10.1
Asfalt Ab	m ²	kr 90,00	9305	kr 837 450,00	Vedlegg 9.11.1
Asfalt Ag	m ²	kr 105,00	9305	kr 977 025,00	Vedlegg 9.11.1
Rigg/flyttekost	RS	kr 10 000,00	1	kr 10 000,00	Vedlegg 9.11.1
Sum Asfalt				kr 2 507 834,20	
Regnbed					
Drenslag	tonn	kr 91,00	1063,2	kr 96 751,20	Vedlegg 9.10.1
Planter	m ²	kr 250,00	2215	kr 553 750,00	Vedlegg 9.11.2
Fiberduk kl 2	m ²	kr 10,00	2215	kr 22 150,00	Vedlegg 9.11.3
Skjøtsel første 3 år	Pris per år	kr 250 000,00	3	kr 750 000,00	Vedlegg 9.11.4
Skjøtsel etter 3 år	Pris per år	kr 150 000,00	17	kr 2 550 000,00	Vedlegg 9.11.4
Sum Regnbed				kr 3 972 651,20	
Blått tak					
Blått tak, med normalt antall detaljer	m ²	kr 100,00	7800	kr 780 000,00	Vedlegg 9.11.5
Inspeksjon av tak	RS	kr 25 000,00	20	kr 500 000,00	Vedlegg 9.11.6
PVC 110 mm rør	m	kr 111,00	532	kr 59 052,00	Vedlegg 9.11.7
PVC 160 mm rør	m	kr 271,00	10	kr 2 710,00	Vedlegg 9.10.7
Langbend 110 mm	stk	kr 725,00	44	kr 31 900,00	Vedlegg 9.11.7
Langbend 160 mm	stk	kr 1 675,00	4	kr 6 700,00	Vedlegg 9.10.7
Muffe 110 mm	stk	kr 84,40	40	kr 3 376,00	Vedlegg 9.11.7
Muffe 160 mm	stk	kr 221,00	2	kr 442,00	Vedlegg 9.10.7
Gren 160/110	stk	kr 288,00	1	kr 288,00	Vedlegg 9.11.7
Gren 110/110	stk	kr 156,00	40	kr 6 240,00	Vedlegg 9.11.7
Overgang 110/160	stk	kr 223,00	1	kr 223,00	Vedlegg 9.11.7
Infiltrasjonsrør	m	kr 56,00	10	kr 560,00	Vedlegg 9.10.8
Fiberduk kl 2	m ²	kr 10,00	48	kr 480,00	Vedlegg 9.11.3
Singel, grøft 8/11	tonn	kr 188,00	6,94	kr 1 304,72	Vedlegg 9.10.1
Stake/spylekum 160/315	stk	kr 2 080,00	1	kr 2 080,00	Vedlegg 9.10.7
Ters 160 mm	stk	kr 139,00	1	kr 139,00	Vedlegg 9.10.7
315 mm stigerør 6m	stk	kr 6 280,00	1	kr 6 280,00	Vedlegg 9.10.7
Teleskoprør 315 m/pakning	stk	kr 960,00	1	kr 960,00	Vedlegg 9.10.7
Flyteramme m/ristolokk 315	stk	kr 3 350,00	1	kr 3 350,00	Vedlegg 9.10.7
Glidemiddel 400 ml spray	stk	kr 121,00	4	kr 484,00	Vedlegg 9.10.7
Graving/rørlegging infiltrasjonsgrøft	m	kr 809,00	10	kr 8 090,00	Vedlegg 9.10.9
Montering av stake/spylekum	stk	kr 630,00	1	kr 630,00	Vedlegg 9.10.9
Spyling av infiltrasjonsrør	RS	kr 4 350,00	10	kr 43 500,00	Vedlegg 9.10.10
Sum blått tak				kr 1 458 788,72	
SUM alternativ 1				kr 7 939 274,12	

Utfyllende kommentarer til tallene i regnearket finnes i vedlegg 9.13.

Tabell 5 Fordeling av kostnader alt. 2

Asfaltdekke		
Byggekostnad	kr	2 507 834,20
Drift/vedlikehold	kr	-
Regnbed		
Byggekostnad	kr	672 651,20
Drift/vedlikehold	kr	3 300 000,00
Blått tak		
Byggekostnad	kr	915 288,72
Drift/vedlikehold	kr	543 500,00

6 Diskusjon

6.1 Vurdering av resultatene

Når det kommer til utformingen av arealene på tomta er dette gjort så generelt som mulig. Vi har tatt utgangspunkt i tomt BKB 6, men dette er kun for å få konkrete tall å forholde oss til slik at vi kunne sette opp en kalkyle. Begge alternativene er utformet for å kunne fungere på alle tomtene. Dette vil kreve en justering av arealene og muligens medføre for eksempel et annet areal på regnbed eller et annet antall infiltrasjonsrør for takvann, men dette vil ha liten påvirkning på sammenligningen av alternativene. Fasong, størrelse og plassering av bygget på tomta vil også være ganske fleksibelt. Igjen vil dette kreve justering av arealene og eventuelt mindre endringer, men det er mye som er mulig å få til. Generelt så er det store muligheter for å gjøre individuelle tilpasninger på tomta uten at dette fører til kritiske endringer på overvannssystemet.

Resultatene av oppgaven vil kunne benyttes også på andre prosjekter, med noen forutsetninger. De viktigste faktorene som muliggjør løsningene som er brukt i denne oppgaven er grunnforholdene med fjell/sprengstein og topografien i området. For å kunne bruke løsninger som baserer seg på infiltrasjon er man avhengig av grunnforhold som har kapasitet til å ta imot vannet som kommer. Topografien i området er også svært gunstig ettersom den tillater oss å lage nødoverløp for overflatevann ut av tomta og også gir det infiltrerte vannet i grunnen en mulighet til å trekke unna.

Alle prisene vi har brukt er hentet fra leverandører og dette sikrer validitet. Likevel vil nok prisene avvike en del fra om Isachsen selv, eller andre entreprenører, hadde innhentet pristilbud på de samme varene og tjenestene. De fleste entreprenører og andre proffkunder får ofte veldig store rabatter på de veiledende prisene som oppgis, spesielt på rørdeler og andre varer. Dette gir en svekket reliabilitet for våre tall og kan føre til at det alternativet som ser billigst ut i oppgaven ikke nødvendigvis faktisk er det billigste å bygge. Vi har vært i dialog med Isachsen angående dette og de ønsker at vi bruker veiledende priser i oppgaven og at de ved et seinere tidspunkt kan legge inn egne priser og gjøre en ny vurdering.

6.1.1 Alternativ 1

Steintypen vi har valgt til det permeable dekket er veldig sterk og tåler vridning godt. Kombinert med svært gode grunnforhold gir dette et dekke som bør tåle høye belastninger langt utover den dimensjonerende levetiden på 20 år. Det finnes andre, billigere steintyper, men vi valgte å gå for den som tåler størst belastning. Avhengig av hva slags aktivitet som skal foregå på tomta så kan det være aktuelt å vurdere å bruke en annen type stein.

Infiltrasjonskapasiteten til dekket vil mest sannsynlig være mer enn bra nok til å ta opp alt av ekstremregn i dimensjoneringsperioden. Generelt har det vært vanskelig å finne tall på kapasiteten til konkrete dekker. Det meste av empirien som finnes på nettet gjelder for grupper av lignende dekker eller visse grunnforhold. Ifølge tallene Asak operer med vil kapasiteten til dekket vi valgte være på minst 1000 l/s*ha så lenge vedlikehold utføres etter anbefalte intervaller. Dette er nok til å infiltrere det kraftigste regnet som kan oppstå ut ifra IVF-dataene som er lagt til grunn. Noe som er interessant er den amerikanske studien (Smith, 2006) som sier at infiltrasjonskapasiteten kan være 210 l/s*ha etter 20 år, uten vedlikehold. Ved denne kapasiteten vil det kraftigste regnet gi noe avrenning, men det aller meste vil fortsatt infiltreres. Tomta slik vi har utformet den er godt tilrettelagt for å tåle avrenning fra det permeable dekket. Dermed kan det vurderes om det er nødvendig å refile dekket så ofte som vi har satt opp i kalkylen. I tillegg til en økonomisk gevinst vil lengre vedlikeholdsintervaller også ha en positiv miljøeffekt. Når fugene i dekket delvis tettes igjen av finstoff vil det føre til at vannet som renner igjennom filtreres bedre og det holdes igjen mer partikler og forurensinger. Avrenningen fra dekket vil infiltreres gjennom grøntområdene og dette vil også gi en filtreringseffekt.

Beregningen av den maksimale vannhøyden i fyllinga viser at det er nok plass til å fordrøye alt vannet. Den utledete formelen gjør noen forenklinger og vil ikke gi et 100 % realistisk bilde av vannstrømningen, men det er veldig nære. Mengden vann som renner ut av fyllinga mens det regner er veldig liten og man kan regne på sikker side ved å bare neglisjere dette. Hvis vi gjør dette ser vi at det fortsatt er plass til at vannet, selv ved det kraftigste dimensjonerende regnet.

Det har vært en del usikkerhet rundt permeabilitetskoeffisienten til sprengstein. Vi har leitet på internett og i bøker og pratet med fagpersoner på skolen, men har ikke klart å finne noe konkret tall. Alle tabeller vi har funnet inneholder fraksjoner opp til og med grus, men ikke

noe grøvre. I noen tilfeller, for eksempel (Aas, 2017), har singel blitt behandlet som om det har uendelig høy permeabilitet og ikke hindret strømmingen av vann i det hele tatt. Dette vil være tilnærmet riktig så lenge det er masser med lavere permeabilitet rundt. En grunn til at det kan være vanskelig å sette tall på permeabiliteten til sprengstein er at den ofte inneholder fraksjoner i et veldig bredt spekter, og at fordelingen mellom fraksjonene kan variere veldig ettersom hva slags bergarter steinen består av. Det vil også være stor forskjell på sprengt fjell som ikke er gravd opp og en sprengsteinsfylling som er lagt ut lagvis og komprimert. Likevel vil vi anta at vannstrømning i sprengstein er et tema som dukker opp ganske ofte i anleggsbransjen og det er veldig merkelig om det ikke finnes noen anerkjent måte å beregne dette på. Dette vil i så fall være et veldig aktuelt tema for fremtidige oppgaver.

Hvor god miljøeffekt et permeabelt dekke gir er vanskelig å gi noe kvantitativt svar på. Det er flere faktorer som bidrar i positiv retning, men som er vanskelig å finne gode tall på som er gyldige for vårt dekke. Som nevnt filtreres vannet gjennom fugemassen og oppbygningen, men hvor mye forurensninger som holdes igjen varierer med en rekke forhold. Effekten av lang levetid og ikke noe konsentrert utløp er også vanskelig å sette tall på. Den største negative effekten med belegningsstein er at selve steinen er laget av betong, som gir CO₂-utslipp ved produksjon.

Foruten om refuging med jevne intervaller krever det permeable dekket ikke noe spesielt med hensyn til drift og vedlikehold. Som følge av at alt vannet dreneres ut, også gjennom vinteren, vil det muligens kreves noe mindre strøing og/eller salting enn tradisjonelle dekker, ettersom det blir mindre is. En ting å tenke på ved refuging er at fugemassen som fjernes da inneholder alle forurensningene som har blitt filtrert ut over tid, og må behandles deretter.

Beregningene av avrenningen fra det grønne taket ansees å være ganske konservative med 10 minutters konsentrasjonstid og avrenningsfaktor på 0,8. Hvis det allikevel skulle bli så kraftig regn at rørene ikke klarer å ta unna er dette ikke kritisk. Ved ekstreme regnintensiteter er det snakk regnvarigheter på få minutter. Hvis rørene overbelastes vil det bli stående noe vann rundt slukene, men ettersom det er snakk om korte perioder og veldig sjeldne hendelser er dette ikke noe problem.

Hovedfordelen med et grønt tak er at det kraftig reduserer den årlige avrenningen fra taket, gjerne i størrelsesordenen 50%. Dette har store positive effekter for eksempel i byer der overvannssystemet er underdimensjonert eller på steder der alt vannet sendes i fellessystemer

til renseanlegg. I vårt tilfelle derimot har det i praksis veldig liten betydning, ettersom alt vannet infiltreres på tomta og det ikke blir sendt noe inn på offentlig nett. En redusert vannmengde kan føre til at det blir mindre avleiringer i rørene og at infiltrasjonsrørene opprettholder infiltrasjonsevnen lenger, men utover dette har det veldig liten effekt.

Den fordrøyende virkningen til taket har større effekt. Den gjør at vi kan dimensjonere for en lengre konsentrasjonstid og dermed lavere maksimal regnintensitet. Dette fører til at det kan brukes mindre rørdimensjoner.

Med et sedumtak av typen vi har valgt får vi en begrenset miljøeffekt. Det som holdes igjen av forurensninger på taket ved lett regn skyldes ut ved kraftig regn, slik at over tid vil dette i praksis gå i null. Innvirkningen på naturmiljø vil også bli meget begrenset, både fordi sedummatten er så tynn og fordi tomtene ligger i et område med mye skog rundt som er bedre egnet for dyreliv. Det kan diskuteres om det skal tas med som en negativ miljøeffekt at takkonstruksjonen må dimensjoneres for den ekstra egenvekten av det grønne taket. Spørsmålet her er om den fordrøyende effekten til taket gjør rørsystemet for takvann kan reduseres tilstrekkelig til at det veier opp for en grøvre takkonstruksjon.

Den praktiske utførelsen av drift og vedlikehold av det grønne taket er det Bergknapp som står for. Dette gjør det veldig enkelt for eieren av taket, men det kommer med en betydelig kostnad.

Hvis vi ser på effekten av det grønne taket opp mot kostnaden det medfører så kan dette se ut som et lite effektivt tiltak. Både byggekostnaden og driftsutgiftene er relativt høye. Det største argumentet for å bruke et grønt tak vil sannsynligvis være den estetiske effekten. Her vil det være opp til byggherre om dette er noe som skal prioriteres.

Rørsystemet som frakter vannet ned fra taket har kapasitet til å frakte det dimensjonerende regnet etter at den fordrøyende effekten til det grønne dekket er tatt hensyn til. Vi har ikke tatt hensyn til singulærtap som måtte oppstå i bend eller grenrør. Eventuelle singulærtap vil kun ha noen betydning hvis røret går helt eller tilnærmet fullt. Dette skjer såpass sjelden at vi anser det som unødvendig å regne med.

Den største svakheten med rørsystemet for takvannet er at det ikke er noe sandfang på ledningen før vannet føres ut i infiltrasjonsrørene. Slukboksene på taket stopper løv og annet avfall, men partikler og finstoff vil følge med vannet ned i rørsystemet. Dette vil over tid tette

igjen infiltrasjonsrørene og massene rundt de. Grunnen til at vi har valgt å ikke bruke noe sandfang er at avstanden fra overflaten ned til fast fjell er så liten. På store deler av tomtene er avstanden kun 80 cm. Et vanlig sandfang bygger som regel rundt 220-230 cm med utløp gjerne 1 meter under bakken. I den nordre delen av tomta vi har sett på vil det sannsynligvis være plass til dette, men den generelle løsningen vil være uten sandfang og med hyppigere spyling av rørene. Selv uten sandfang vil infiltrasjonsrørene bli liggende veldig tett på fast fjell enkelte steder, ettersom rørene krever en overfylling på 60 cm for å tåle trafikkbelastning. Dette vil sannsynligvis virke negativt inn på infiltrasjonsevnen. Hvis rørene ikke skulle klare å infiltrere alt vannet vil rørene fylle seg med vann oppover mot bygget, noe som skaper trykk, som igjen øker infiltrasjonsevnen. I ekstreme tilfeller vil vannet renne opp og ut gjennom stake/spylekummen i enden av rørene, slik at det aldri vil stå vann i rørene så høyt som innvendig gulv i bygget.

Vi har ikke regnet på selvrens av rørene. Dette er uansett ikke aktuelt for selve infiltrasjonsrørene da formelen for selvrens er ment for å beregne om partikler kan sedimentere i tette rør. Det er heller ikke vanlig å regne på selvrens for overvannsrør da vannføringen er svært variabel, i motsetning til avløpsrør der vannføringen er mer kontinuerlig (Lindholm, 2015).

6.1.2 Alternativ 2

De kjørbare arealene i alternativ 2 er bygd opp i henhold til SVV håndbok N200, og anbefaling fra Veidekke. Siden utformingen av tomta og næringsvirksomheten som skal holde til her ikke er fastsatt, vil det være vanskelig å si hvor mye slitasje det vil være på de kjørbare arealene. Oppbygningen og grunnforholdene anses å være mer enn bra nok og dimensjonert for tungtrafikk og dermed vil dette ha en levetid på godt over 20 år. Ved mye piggdekktrafikk kan det tenkes at det vil være behov for legging av nytt slitelagsdekke i løpet av dimensjoneringsperioden. Man vil derimot ikke få svikt i bærelaget eller i grunnen som hadde ført til setningsskader.

Asfaltdekket vil gi stor avrenning av regnvann og ved for mye fall mot regnbed og grøntareal kunne dette gi utfordringer med tanke på erosjon. Dette vil derimot i dette tilfellet ikke være et problem da fallet er relativt slakt og kantstein vil bremse farten til vannet ytterligere.

Asfalten har ingen positive effekter på miljøet. Det er derimot et slitesterkt dekke som har lang holdbarhet og stiller lite krav til vedlikehold. (Senstad;, Telle; og Bragstad;, 2014) sin rapport viser til store utslipp ved produksjon av asfalt.

Regnbedet er dimensjonert ved bruk av vannforeningens forslag til dimensjonering av regnbed. Det er i prinsipp oppbygd på lignende måte som i forsøksregnbedet L34b (Braskerud og Paus, 2016). Dette bedet er det gjort mange målinger på og det viser seg at det håndterte 20-50 års regn på Blindern meget tilfredsstillende. Vi har gjort en liten vri ved å bestemme arealet på regnbedet ut fra hvordan det passer inn på tomta. Dette gir et litt større regnbed enn man ville fått ved å bruke formelen rett fram. Ut ifra våre beregninger tyder det på at regnbedet ikke vil være i stand til å håndtere 200-års nedbørshendelser med kort varighet. Dette er fordi mye vann vil komme på kort tid og vannet vil gå i overløp siden tilrenningen er større enn den midlertidige lagringskapasiteten til bedet. Ved korte regnvarigheter tar ikke formelen så mye hensyn til vann som ville infiltrert. Det samme gjelder om regnbedet fryser på vinteren og man mister infiltrasjonskapasitet. Dette vil kunne bli et problem hvis bedet fryser helt og man får store nedbørshendelser i form av regn.

Når det kommer til regnbedet kan man tydelig se at skjøtsel av dette medfører store kostnader. Dette kommer av at regnbed skal gjødsles, lukes og man må bytte ut planter som ikke trives. Dette viser at man ved å treffe godt på plantene fra starten av vil kunne få en mye billigere pris. Derfor er det viktig å engasjere fagfolk med erfaring fra regnbedsprosjekter, slik at man kan være sikker på plantene som skal brukes vil fungere fra første stund. Når man har fått etablert regnbedet vil det også «gå av seg selv» i større grad. Dette fordi plantene da vil skape skygge og ødelegge for eventuelle ugress sine vekstforhold.

Regnbedets innvirkning på vannkvaliteten anses som positiv. Et riktig oppbygd regnbed gir også estetisk gevinst som kan ha positiv effekt på mennesker. Det har til dels vært motstand i lokalbefolkningen til videre utbygging av næringsparken, og flotte regnbed kan kanskje gjøre motstanden litt mindre.

Det blå taket vil ikke belaste taket mer enn det i utgangspunktet skal være dimensjonert for, og det vil da ikke kreve noe mer fra bygget enn et vanlig flatt tak uten fordrøyningsmulighet ville gjort. Siden det er krav om vedlikeholdsavtale med sertifisert taktekker kan det tenkes at denne typen tak vil ha en del dyrere vedlikeholdskostnader enn et vanlig tak. Det blå taket har ingen positiv innvirkning på regnvann i form av rensing. Ifølge Sintef sin godkjenning av

taket (Noreng, 2018) er det ikke prioriterte miljøgifter i takmembranen og den er bedømt til å ikke ha negativ effekt på jord. En fordel med det blå taket er at det er i stand til å håndtere ekstremvær. Man vil ha en tilnærmet konstant avrenning fra taket uansett om det er liten, stor eller ekstrem nedbør.

6.2 Sammenligning

Begge alternativene er dimensjonert for å håndtere de samme vannmengdene, og begge alternativene gjør dette på en god måte. Alternativ 1 med permeabelt dekke utnytter en større del av steinfyllinga til å fordrøye vann, mens alternativ 2 i større grad fordrøyer vann på overflaten i regnbed. I en ekstremværsituasjon vil alternativ 1 ha en større sikkerhet mot oversvømmelser på grunn av det permeable dekket. Grøntområdene på dette alternativet vil til en viss grad fungere som regnbed, selv om de ikke er beplantet og bygd opp med kultlag, slik at i praksis vil dette alternativet ha både permeabelt dekke og regnbed. Når det kommer til takvann så har alternativ 2 med blått tak en fordel over det grønne taket ved at det gir en kontrollert, lav avrenning, uavhengig av regnintensitet.

På krav til drift og vedlikehold er det ikke vesentlige forskjeller på alternativene. Skjøtsel av det grønne taket medfører store kostnader, men egentlig ingen andre ulemper siden det er Bergknapp som har ansvaret for dette gjennom skjøtelsavtalen. Blå tak krever i utgangspunktet ikke noe særlig drift og vedlikehold, men slukbokser må holdes åpne. Inspeksjon av sertifisert taktekker er den største utgiften her.

Ved refuging av det permeable dekket må feiebilene ha tilgang til hele dekket. Dette medfører at det ikke kan parkeres eller lagres noe på dekket mens refuging utføres, men dekket kan brukes umiddelbart før og etter refuging. Refugingen planlagt å utføres hvert 5. år og tar ca 2 dager per gang, så dette regnes ikke som noen stor ulempe. Det asfalterte dekket antas å ikke kreve noe omfattende vedlikehold i løpet av dimensjoneringsperioden på 20 år. Slitasjen på dekket vil avhenge mye av mengden trafikk. Med gode grunnforhold og relativt lav trafikk antar vi at dette holder i massevis. Vanlig drift av dekkene med brøyting, strøing og feiing forutsetter vi at er likt på både asfalt og belegningsstein.

Regnbedet krever noe skjøtsel, spesielt i etableringsfasen. Dette settes bort til profesjonelle og medfører da en stor kostnad, men ingen andre vesentlige ulemper. De grønne områdene på

alternativ 1 består av stedlige arter med hovedsakelig lyng og skogbunn og krever minimalt med vedlikehold.

Også miljømessig er det lite å skille på mellom alternativene. Som tidligere diskutert så går miljøeffekten av det grønne taket omtrent i null over tid. Det blå taket har i seg selv ingen effekt på vannkvaliteten på avrenningen. Både regnbedet og det permeable dekket gir en positiv miljøeffekt ved at partikler og forurensinger filtreres ut når vannet infiltreres.

Regnbedet gir sannsynligvis en noe bedre filtrering ettersom jordmassene består av finere fraksjoner enn oppbygningen under det permeable dekket. Filtreringseffekten i det permeable dekket vil imidlertid øke over tid, etter hvert som fugene tettes igjen av støv og sand.

Ved direkte sammenligning av pris er alternativ 2 er det billigste med kr 7 939 274,12 mot alternativ 1 med kr 8 334 059,56. Vi må også huske at på alternativ 1 er det utelatt den ekstra kostnaden forbundet med takkonstruksjonen på grunn av den ekstra vekten av det grønne taket. Dette bidrar til å gjøre forskjellen større. Det er helt tydelig at økonomisk sett er det grønne taket ikke et effektivt tiltak. Det blåe taket er mye mer hensiktsmessig da prisen for selve taket er mye lavere, i tillegg til at den lave avrenningen gir store besparelser på infiltrasjonsanlegget, både i byggekostnad og drift/vedlikehold. Hvis vi ser på kostnaden på asfaltdekke og regnbed opp imot permeabelt dekke er det det permeable dekket som kommer klart best ut.

En interessant mulighet vi ikke har nevnt ennå er å se på kombinasjoner av de to alternativene. Overvannsystemet på taket er helt uavhengig av overvannsystemet på resten av tomte, så her kan vi sjonglere som vi vil. Ved å benytte det permeable dekket fra alternativ 1, i kombinasjon med det blåe taket fra alternativ 2, får vi ett nytt alternativ som er enda billigere enn det vi har sett på så langt. Dette er den optimale kombinasjonen av de elementene vi har undersøkt i denne oppgaven. Det gir oss både fordelen med lave avrenning fra taket, og dermed mindre omfattende infiltrasjonsløsning, og den gode infiltrasjonskapasiteten til det permeable dekket i tillegg til ekstra sikkerhet i grøntområder som håndterer eventuell avrenning fra dekket.

Dette er gunstig sett opp imot FN's bærekraftsmål, spesielt 13.1, da det gir en robust løsning som er godt rustet til å stå imot ekstrem nedbør. Løsningen har tatt høyde for en 50% økning i nedbør som følge av klimaendringer. Dette fører til at overvannsystemet har en god evne til å stå imot klimarelaterte farer og naturkatastrofer inn i fremtiden.

6.3 Muligheter for forbedring

Infiltrasjon av takvann

Det finnes mange løsninger som kan brukes til å infiltrere takvann. Løsningen vi har valgt med infiltrasjonsrør er den enkleste og billigste løsningen å bygge, men den krever en del vedlikehold ettersom det ikke er noe sandfang på ledningen. Der det er plass bør det benyttes et komplett sandfang på hvert taknedløp før vannet føres inn i infiltrasjonsrørene. Hvis det ikke er plass til sandfang kan det være et alternativ å spreng ut plass til dette. En viktig forutsetning for dette er at det må være mulig å legge utløpet fra sandfanget så høyt at det kommer over fast fjell og har muligheten til å infiltrere vann. Det kan være et alternativ å benytte sandfang med flatt betonglokk, i stedet for kjegle, for å få utløpet så høyt som mulig.

Det finnes også andre muligheter enn infiltrasjonsrør, men felles for disse er at de krever større dybde til fjell. Det er mulig å lede takvannet inn i et magasin av plastkassetter, som gir god infiltrasjon i steinfyllinga. Det finnes mange varianter av disse, men alle krever minst like mye overdekning som røret for å tåle trafikkbelastning. I tillegg må de ha dybde nok under til å infiltrere vann, så det er ikke mulig å spreng ei grop å legge de i. Plastkassetter er også dyrere enn rør. En annen mulighet er å bruke infiltrasjonssandfang. Her infiltreres vannet direkte fra sandfanget i stedet for å ha utløp til infiltrasjonsrør. Dette er en veldig driftsvennlig og holdbar løsning, men også den løsningen som krever størst dybde til fjell ettersom vannet infiltreres i bunnen av sandfanget.

Spreng dypere

Dette kan være aktuelt for begge alternativene, men først og fremst alternativ 1. Slik som det er planlagt nå vil det på det laveste være 80 cm fra topp dekke til fast fjell. Dette fører til at infiltrasjonsrørene for takvann blir liggende veldig tett på fjellet og muligens får nedsatt infiltrasjonsevne, spesielt i kombinasjon med det permeable dekket der det tilføres vann fra dekket og vannstanden i steinfyllinga stiger. For å unngå at det oppstår problemer med infiltrasjon av takvann vil det være gunstig å spreng tomte dypere, for å skape mer hulrom i fyllinga til å ta imot vannet. Dette kan også muliggjøre løsninger for sandfang på infiltrasjonsrørene som nevnt i forrige avsnitt. Utfordringen er at sprenging medfører store

ekstrakostnader og at det økonomisk sett ikke vil lønne seg å gjøre dette, så lenge det er tilstrekkelig med 80 cm som opprinnelig planlagt.

Utskiftning av masser i regnbed

Det kan tenkes at de stedlige massene ikke har gode nok egenskaper til å brukes som regnbed. Hvis dette er tilfellet vil man være nødt til å kjøre inn egnede masser, noe som vil gjøre installasjonen betydelig dyrere.

Reduksjon av antall sluk på blått tak

I beregningen fra Protan er det dimensjonert med 40 sluk. Det er 1 sluk per 195 m², som litt mindre takareal per sluk enn anbefalingen. Hadde man derimot gått opp til 300 m² per sluk ville man fortsatt vært innenfor anbefalingen, (Noreng, 2018) og dermed kunne man hatt 26 sluk. Dette ville gjort taket enda billigere både i byggekostnad og vedlikehold. Selv ved å ta bort 14 sluk vil de resterende sluk fortsatt ha god nok kapasitet til å ta unna alt vannet.

7 Konklusjon

Begge alternativene vi har utformet er dimensjonert for å tåle den belastningen de blir utsatt for, og begge systemene håndterer vannet på en tilfredsstillende måte. Alternativene er utformet veldig generelt for å kunne brukes på alle de nye tomtene i næringsparken. Det er gode muligheter for å gjøre tilpasninger til ulike bedrifters individuelle behov, uten at dette medfører kritiske endringer på overvannssystemet.

Ved sammenligning av alternativene på pris er alternativ 2 det billigste, og derfor beste alternativet. På både miljøeffekt og drift/vedlikehold scorer begge alternativene relativt likt, og dette har derfor ingen påvirkning på konklusjonen.

En bedre løsning vil være å bruke en kombinasjon av alternativene. Ved å bruke det permeable dekket fra alternativ 1 og det blå taket fra alternativ 2 oppnår man den optimale kombinasjonen av de tiltakene vi har undersøkt i denne oppgaven. Dette gir den laveste prisen og den beste vannhåndteringen ved ekstrem nedbør.

Før iverksettelse av den endelige løsningen på overvannshåndtering for de aktuelle tomtene i Røyken Næringspark, anbefaler vi å gjøre tester av sprengsteinfyllingens permeabilitetskoeffisient og det tynne dekket sin mettede hydrauliske konduktivitet. Dette gjør det mulig å kontrollere at forutsetningene og beregningene vi har gjort er riktige.

Videre vil det være nyttig med flere praktiske erfaringer for å dokumentere slike systemers egenskaper i nordiske forhold, og da spesielt med tanke på konsekvenser av vinter og kulde.

8 Litteraturliste

- Aaby, O. L. S. E. S. T. S. S. G. J. L. (2008) *Veiledning i klimatilpasset overvannshåndtering*. Tilgjengelig fra: <https://norskvann.no/index.php/component/hikashop/produkt/801-a162-veiledning-i-klimatilpasset-overvannshandtering?Itemid=780>.
- Aas, M. I. (2017) *Infiltrasjonssandfang-Dimensjoneringskriterier og kapasitetsmåling*, NTNU. Tilgjengelig fra: <https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/handle/11250/2458150>.
- Asak (2017) ASAK Belegningsstein, Heller og Kantstein. Tilgjengelig fra: https://www.asak.no/content/download/5758/32932/version/3/file/ASAK_FDV_Bel_Hel_Kan2017.pdf.
- Asak (2020) Permeable dekker - overvannshåndtering i urbane områder. Tilgjengelig fra: <https://www.asak.no/content/download/9018/75069/file/ASAK%20Brosjyre%20Permeable%20dekker.pdf>.
- Bergknapp (2020a) FDV for flate sedumtak, 0-7°. Tilgjengelig fra: <https://www.bergknapp.no/dokumenter/FDV%20Sedumtak%200-7%20grader%20med%20produktblader.pdf>.
- Bergknapp (2020b) *Oppbygning*. Tilgjengelig fra: <https://www.bergknapp.no/produkter/grønne-tak/oppbygning>.
- Berndtsson, J. C. (2010) Green roof performance towards management of runoff water quantity and quality: A review, *Ecological engineering*, 36(4), s. 351-360. Tilgjengelig fra: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925857410000029>.
- Braskerud, B. og Paus, K. H. (2016) Regnbed for lokal flomdemping, s. 1. Tilgjengelig fra: <https://www.nve.no/Media/5027/overvann-regnbed-for-lokal-flomdemping.pdf> (Hentet: 04.02.2020).
- Braskerud, B. C. (2014) Grønne tak og styrtregn. Tilgjengelig fra: http://publikasjoner.nve.no/rapport/2014/rapport2014_65.pdf.
- Brattebo, B. O. og Booth, D. B. (2003) Long-term stormwater quantity and quality performance of permeable pavement systems, *Water research*, 37(18), s. 4369-4376. Tilgjengelig fra: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004313540300410X>
- Darcy, H. (1856) *Les fontaines publiques de la ville de Dijon*. Tilgjengelig fra: <https://books.google.no/books?id=42EUAAAAQAAJ&printsec=frontcover&hl=no#v=onepage&q&f=false> (Hentet: 5.2.2020).
- FN-sambandet (2017) *FNs bærekraftsmål*. Tilgjengelig fra: <https://www.fn.no/Om-FN/FNs-baerekraftsmaal>.
- Hanssen-Bauer, I. et al. (2015) *Klima i Norge 2100*. Tilgjengelig fra: <https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/m406/m406.pdf>.
- Iowa stormwater partnership (2009) *Iowa rain garden Design and installation manual*. Tilgjengelig fra: https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_007154.pdf (Hentet: 11.02.2020).
- Isachsen (2020) *Isachsen pukk og grus*. Tilgjengelig fra: <https://pukkgrus.no/>.
- Isola (2020) *Platon DE25*. Tilgjengelig fra: <https://www.isola.no/produkter/tak/gronne-tak/plate-de25-1-33x2-22m-platon>.

- Janbu, N. (1970) *Grunnlag i geoteknikk*. [Theim]: Tapir.
- Lindholm, O. (2015) VA/Miljø-blad 79 Dimensjonering av avløpsledninger. Selvrensing. Tilgjengelig fra: <http://www.va-blad.no/dimensjonering-av-avlopsledninger-selvrensing/>.
- Liu, J. *et al.* (2019) Laboratory analysis on the surface runoff pollution reduction performance of permeable pavements, *Science of The Total Environment*, 691, s. 1-8. Tilgjengelig fra: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969719331419>.
- Mentens, J., Raes, D. og Hermy, M. (2006) Green roofs as a tool for solving the rainwater runoff problem in the urbanized 21st century?, *Landscape and urban planning*, 77(3), s. 217-226. Tilgjengelig fra: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169204605000496>.
- Miljødirektoratet (2019) *Overvannshåndtering*. Tilgjengelig fra: <https://www.klimatilpasning.no/sektorer/vann-og-avlop/opp-gaver/handtering-av-overvann/>.
- Myhr, K. (2013) Dimensjonering og bruk av permeable dekker med belegningsstein. Tilgjengelig fra: <https://www.asak.no/content/download/7595/54295/file/Kort%20veiledning%20perm-eabel%20belegning%20-%20pr%2030102013%20print.pdf>.
- Myhr, O. L. H. M. Ø. M. K. B. L. N. T. A. G. A. K. (2011) Veiledning for utforming, bygging og vedlikehold av permeable dekker av betongstein. Tilgjengelig fra: <https://www.byggutengrenser.no/download/permeable-dekker/?wpdmdl=16631&ind=1524119141772>.
- NFRC (2020) *Technical Guidance Note for the construction and design of Blue Roofs*. . Tilgjengelig fra: <https://www.nfrc.co.uk/docs/default-source/form-protected-documents/sustainability/blue-roofs-spreadslowres.pdf?sfvrsn=2> (Hentet: 18.02.2020 2020).
- Noreng, K. (2018) *SINTEF Certification Nr. 20541*. Sintef. Tilgjengelig fra: <https://www.sintefcertification.no/Product/Download/10173>.
- Norsk Rørsenter (2013) VA/miljø-blad 107 Grønne tak (b. 107). Tilgjengelig fra: <http://www.va-blad.no/gronne-tak/>.
- Protan Gruppen (2020) *Om Protan Gruppen*. Tilgjengelig fra: <https://www.protan.no/om-protan/om-protan-gruppen/> (Hentet: 15.04 2020).
- Rohne, R. J. og Lebens, M. (2009) Subgrade Temperature and Freezing Cycles in Pervious Pavements *Cold Regions Engineering 2009: Cold Regions Impacts on Research, Design, and Construction*. s. 429-437.
- Ruud, O. E. (2014) Drensasfalt *Store Norske Leksikon*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/drensasfalt>.
- Røyken kommune (2020) VA-norm Røyken kommune. Tilgjengelig fra: <http://va-norm.no/royken/>.
- Senstad, P., Telle, R. og Bragstad, R. (2014) Miljøeffekter og energireduksjon ved asfaltarbeid. Tilgjengelig fra: https://vegvesen.brage.unit.no/vegvesen-xmlui/bitstream/handle/11250/2616444/Milj%c3%b8effekter%20og%20energireduksjon%20ved%20asfaltarbeid%20SVV%20rapport%20319_2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y (Hentet: 14.04.2020).

- Smith, D. R. (2006) Permeable Interlocking Concrete Pavements. Tilgjengelig fra: http://www.idealconcreteblock.com/tl_files/pages/designers/know-green/PICP_Manual_3rd_edition.pdf.
- Standard Norge (1987) NS 3065:1987. Tilgjengelig fra: <https://www.standard.no>.
- Standard Norge (2003) NS-EN 1991-1-3:2003. Tilgjengelig fra: <https://www.standard.no>.
- Standard Norge (2015) NS 3840:2015. Tilgjengelig fra: <https://www.standard.no>.
- Statens Vegvesen (2018) N200 Vegbygging. Tilgjengelig fra: https://www.vegvesen.no/attachment/2364236/binary/1269980?fast_title=H%C3%A5ndbok+N200+Vegbygging+%2810+MB%29.pdf.
- Strand, S. S. (2019) Enorm interesse for Protans overvannsløsning, *Byggeindustrien*, 17.10.2019.
- Time, E. S. T. M. B. (2018) Permeable dekker med belegningsstein i betong håndterer overvann Tilgjengelig fra: <https://www.sintef.no/community/fagblogg/poster/permeable-dekker-med-belegningsstein-i-betong-handterer-overvann/>.
- Uhl, M. og Schiedt, L. (2008) Green roof storm water retention–monitoring results, i *11th International Conference on Urban Drainage, Edinburgh, UK*.
- Viacon (2020) Pecor Dreneringsrør. Tilgjengelig fra: <http://www.viacon.no/wp-content/uploads/2015/11/ViaCon-Norge-Drens-ny-logo-web.pdf>.
- Ødegaard, H. (2014) *Vann- og avløpsteknikk*. Norsk Vann.

9.2 Reguleringsbestemmelser



RØYKEN
kommune

*Grønn, nær
og levende*

^^^ ^^

Planbestemmelser til detaljregulering for Røyken næringspark, felt E

Gnr. 50 bnr. 30 og 42





Saksnr.: 16/1360
Planid: 20160346
Dato: Oppdatert
04.12.2018 Endret i tråd
med vedtak 16.10.18

PLANBESTEMMELSER TIL DETALJREGULERING FOR RØYKEN NÆRINGS-PARK, FELT E, GNR. 50 BNR. 30 og 42.

Planbestemmelsene er utfyllende i forhold til kommuneplanens bestemmelser, plan- og bygningsloven og andre gjeldende lovverk, retningslinjer mv. som forvaltes av andre myndigheter. Om ikke annet er spesifikt angitt, gjelder kommuneplanens og eventuelle andre overordnede planers bestemmelser for hele området.

§ 1 Hensikt

Hensikten med planen er å legge til rette for næringsstomter, samtidig som at Sandbekken, tursti og høydedrag ivaretas som en del av grønstrukturen.

Miljøprogram datert 2017/08/30 skal legges til grunn for utvikling av planområdet.

§ 2 Arealformål, hensynssoner og bestemmelseområder

I planen er det regulert områder for følgende formål, hensynssoner og bestemmelseområder:

- Bebyggelse og anlegg
 - Vann- og avløpsanlegg (BVA)
 - Industri/lager (BKB)
- Samferdsel og teknisk infrastruktur
 - Kjøreveg (SKV)
 - Annen veggrunn - grøntareal (SVG)
- Grønstruktur
 - Grønstruktur G)
 - Vegetasjonsskjerm (GV)
- Hensynssoner
 - Bevaring naturmiljø (H560)
- Bestemmelseområder
 - Anlegg- og riggområde (#_1)

REKKEFØLGEBESTEMMELSER OG VILKÅR FOR TILTAK (pbl. § 12-7 nr. 10)

§ 3 Før tillatelse til tiltak

§ 3.1 Før det gis tillatelse til opparbeidelse av tomter skal:

- Plan for behandling av overvann være utarbeidet, jfr. § 10.
- VA-rammeplan være utarbeidet, jfr. § 11.
- Utomhusplan for hele planområdet være utarbeidet, jfr. § 12.1.
- Miljøoppfølgingsplan være utarbeidet, jfr. § 13.
- Driftsplan være utarbeidet og godkjent, jfr. § 14.
- Utfartsparkering med minst 25 p-plasser på felt C i Røyken næringspark (utenfor planområdet) være opparbeidet.

- Vannkvaliteten i Sandbekken dokumenteres med prøvetaking oppstrøms og nedstrøms planområdet.
- Arealer regulert til grønnsstruktur (G) skjermes med gjerde.

§ 3.2 Før det gis tillatelse til tiltak (ny bebyggelse) på felt BKB1 – BKB7 skal:

- Utomhusplan for feltet tiltaket er en del av være utarbeidet, jfr. § 12.2.
- Miljøoppfølgingsplan for tiltaket være utarbeidet, jfr. § 13.
- Alle fjellskjæringer over 3 meter være sikret med gjerde.
- Ny pumpe for forbruksvann, eventuelt andre tiltak som er nødvendige for tomten iht. godkjent VA-rammeplan, samt plan for behandling av overvann være etablert.

§ 3.3 Før det gis tillatelse til tiltak innenfor hensynssonene H560_1 og 2, skal det være utarbeidet en skjøtselsplan av en fagkyndig biolog.

§ 4 Før ferdigattest/midlertidig brukstillatelse

Før det gis ferdigattest/midlertidig brukstillatelse:

- For kjøreveg (o_SKV1), skal vegetasjonsskjerm (GV1) være opparbeidet i henhold til godkjent utomhusplan, ref. § 12.1.
- For ny bebyggelse på felt BKB1-BKB7, skal utomhusarealer være opparbeidet i henhold til godkjent utomhusplan, ref. § 12.2.
- På mer enn 5 av tomtene (BKB1 – BKB7), skal Smemyrveien utbedres med kjettingsplass og høyresvingefelt som gitt på tegning C01 datert 14.02.17.

FELLESBESTEMMELSER (pbl. § 12-7)

§ 5 Støy

Miljøverndepartementets retningslinje for behandling av støy i arealplanleggingen (T1442/2016 eller senere retningslinje som erstatter denne) skal ligge til grunn for vurdering av støy i anleggs- og driftsperiode.

§ 6 Luftkvalitet

Retningslinje for behandling av luftkvalitet i arealplanleggingen (T-1520/2012 eller senere retningslinje som erstatter denne) skal ligge til grunn for vurdering av luftkvalitet i anleggs- og driftsperiode.

§ 7 Geoteknikk og sikring

Fjellskjæringer over 3 meter skal til enhver tid sikres med gjerde.

§ 8 Jordressurser

Fjerning av vegetasjon (markdekke, busker og trær) er ikke tillatt før det foreligger tillatelse til tiltak. Eksisterende løsmasser skal lagres og tilbakeføres til området.

§ 9 Universell utforming

Bygninger med tilhørende uteområder skal være universelt utformet med tilgjengelighet for alle.

§ 10 Plan for behandling av overvann

Overvann skal håndteres lokalt med infiltrasjon og fordrøyningsmagasin. Planen skal ta høyde for 200-års flom, og eventuelle grunnvannsoppkommer må ivaretas.

§ 11 VA rammeplan

VA rammeplan skal være utarbeidet med beregninger og tekniske tegninger for vann, spillvann og overvannshåndtering. Det må etableres pumpestasjon for spillvann og trykkøkingsstasjon for vann.

§ 12 Utomhusplan

§ 12.1 Utomhusplan for tomteopparbeidelse

Det skal utarbeides en utomhusplan i målestokk 1:500 for hele planområdet ved søknad om tiltak i forbindelse med tomteopparbeidelse. Utomhusplanen skal vise:

- Koter med eksisterende og prosjektert terreng.
- Stigningsforhold, terrengplanering og forstøtningsmurer med angitt høyde.
- Eksisterende vegetasjon og markdekke som skal ivaretas.
- Sikring av grønnstruktur (feltene o_G1 og G2).
- Overvannshåndtering.
- Plassering av nettstasjoner.
- Utforming av felt GV1.

§ 12.2 Utomhusplan for ny bebyggelse

Det skal utarbeides en utomhusplan i målestokk 1:200 for den enkelte tomt ved søknad om oppføring av ny bebyggelse. Utomhusplanen skal vise:

- Bebyggelsens plassering i plan og høyde.
- Bebyggelsens høyde målsatt ved inngangspartiet.
- Avkjørsel fra offentlig veg, interne kjøreveier og gangforbindelser med profiler og høydeangivelse.
- Plassering av terrengforstøtning, trapper, gjerder og avskjerming.
- Renovasjonsløsninger.
- Plassering av tekniske installasjoner og belysning.
- Ny beplantning.
- Snølagring.
- Biloppstillingsplasser på terreng.

§ 13 Miljøoppfølgingsplan (MOP)

Det skal utarbeides en miljøoppfølgingsplan i tråd med NS 3466. Miljøoppfølgingsplanen skal følge opp miljøprogram datert 2017-08-30.

Miljøoppfølgingsplanen skal godkjennes av Røyken kommune.

§ 14 Driftsplan

Det skal utarbeides en driftsplan for anleggsfasen (steinuttak, bearbeiding og transport av masser). Driftsplanen skal minimum inneholde:

- Rutiner for rengjøring av kjøretøy. Vaskeområde for oljeutskiller avmerkes på illustrasjonsplan.
- Rutiner for rengjøring av atkomstveger og offentlige arealer.
- Rutiner for støvdempende tiltak.
- Rutiner for overvåkning av vannkvalitet oppstrøms og nedstrøms.
- Nødvendig inngjerding for å hindre skade på mennesker eller dyr.
- Eventuelle midlertidige driftsveger.
- Konsekvenser for benyttet vegnett (bæreevne, istandsetting etter driftsperioden).
- Rutiner for behandling av radonholdig grunn (strålingsfare for mottaker/etterbruk).

§ 15 Kulturminner

Dersom det under anleggsarbeid skulle fremkomme automatisk fredete kulturminner, må arbeidet straks stanses og utviklingsavdelingen i fylkeskommunen varsles, jf. Lov om kulturminner § 8, annet ledd.



BEBYGGELSE OG ANLEGG (pbl. § 12-5 nr. 1)

§ 16 Vann- og avløpsanlegg, felt o_BVA1 – o_BVA2

Felt o_BVA1 omfatter eksisterende høydebasseng. Det tillates etablert ny trykkøkningspumpe. Feltet skal ha atkomst fra Vekstveien utenfor planområdet.

På felt o_BVA2 tillates det oppført pumpestasjon for spillvann. Feltet skal ha atkomst fra kjøreveg o_SKV1.

§ 17 Industri/lager, felt BKB1 – BKB7

§ 17.1 Formål

Området kan benyttes til lager, logistikk og transportkrevende virksomhet med tilhørende kontorfunksjoner.

Handel og besøks- eller arbeidsplassintensiv virksomhet tillates ikke etablert på området.

§ 17.2 Utnyttelse

Grad av utnyttning skal ikke overstige %-BYA=70 %, hvor av 30% BYA kun kan benyttes til parkering på terreng uten overbygning.

§ 17.3 Høyde

Gjennomsnittlig kotehøyde på planert tomt skal ikke overstige kotehøyde vist på plankartet. Det tillates ikke skjæring/fylling ut over areal avsatt til industri/lager.

For ny bebyggelse skal gesims- /mønehøyde ikke overstige 17,5 meter over planert terreng. Tekniske rom m.v. tillates på inntil 20% av takflaten opp til gesims-/mønehøyde 21 meter over planert terreng.

§ 17.4 Utforming

Ved utforming av ny bebyggelse skal det legges vekt på at form og fasadematerialer ikke skal skape sjenerende reflekser eller fjernvirkning. Fasadefarger skal holdes i mørke naturfarger.

§ 17.5 Skilt og reklame

Fasadeskilt skal være tilpasset bygningenes fasadetrykk i forhold til størrelse, form og plassering, og plasseres slik at de ikke gir uheldig fjernvirkning. Reklameskilt over gesims og lyskasser tillates ikke.

§ 17.6 Utomhusarealer

Utomhusarealene skal opparbeides med høy kvalitet, hvor det klart fremgår skille mellom hva som er trafikk og logistikkarealer og hva som er grøntarealer.

Minimum 10% av tomten skal være grøntarealer med vegetasjonsdekke. Det skal benyttes stedegen vegetasjon og eksisterende løsmasser skal benyttes til grøntarealer og skråninger.

Trafikk-/logistikkarealer skal ha fast beleg, og skal utformes og opparbeides slik at utrykningskjøretøy og annen nyttetransport kan kjøre fram til inngangsdører.

Utomhusarealene skal være opplyst.

Utendørs lagring tillates ikke. Områder for lager skal skjermes og avlukkes.



Det skal fortrinnsvis være nedgravd løsning for renovasjon.

§ 17.7 Parkering

Parkeringsplasser skal etableres i tråd med Røyken kommunes til enhver tid gjeldende vei og gatenorm. Ved beregning av BRA skal ikke tenkte etasjer/plan medregnes.

Minimum 5% av parkeringsplassene skal tilrettelegges med mulighet for el-lading.

SAMFERDSELSANLEGG OG TEKNISK INFRASTRUKTUR (pbl. § 12-5 nr. 2)

§ 18 Veg- og gatenorm

Røyken kommunes til enhver tid gjeldende veg- og gatenorm er bindende for alle nye tiltak som omfatter kommunale og private veianlegg.

§ 19 Kjøreveg, felt o_SKV1

Felt o_SKV1 er offentlig kjøreveg med skulder. Vegbredde med skulder skal være 7,0 meter. Breddeutvidelse i kurver kommer i tillegg.

Kjørefelt skal asfalteres med to lag asfalt. Skulder skal utføres med masser som er stabile og ikke eroderer vekk ved regnvær.

§ 20 Annen veggrunn grøntareal, felt o_SVG1

Felt o_SVG1 er offentlig annet vegareal til rekkverk, grøft og snøopplag.

GRØNNSTRUKTUR (pbl. § 12-5 nr. 3)

§ 21 Grønnstruktur, felt o_G1 og G2

På felt o_G1 og G2 skal vegetasjon og terreng i hovedsak opprettholdes og ivaretas, men det er tillatt med skogsdrift. Tursti gjennom felt o_G1 skal opprettholdes.

Feltene skal gjerdes inn i anleggsfasen slik at områdene ikke berøres av anleggsdrift i forbindelse med opparbeidelse av tomter.

§ 22 Vegetasjonsskjerm, felt GV1

Det skal i størst mulig grad tas vare på eksisterende vegetasjon, men der dette ikke lar seg gjennomføre skal området revegeteres med stedegen vegetasjon.

HENSYNSSONER (pbl. § 12-6)

§ 23 Bevaring naturmiljø, H560

H560_1 omfatter gammel edellauvskog.

H560_2 omfatter Sandbekken med kantvegetasjon.

Inngrep i terreng og vegetasjon som kan skade naturtypen, for eksempel anlegg av veier, parkeringsplasser og tekniske anlegg, drenering, masseuttak, massedeponering eller annen lagring, herunder snøopplag, er ikke tillatt.

Inngrep i form av fagkyndig skjøtsel er tillatt.



BESTEMMELSESONMRÅDE (pbl. § 12-7)

§ 24 Midlertidig anleggsområde, #_1

Områder som er kombinert med anleggs- og riggområde kan benyttes til anleggsområde så lenge anleggsarbeidene på tilstøtende områder pågår. Formålet anleggs- og riggområde opphører som dette når kommunen har fått melding om at anlegget eller del av dette er ferdigstilt. Formålet er gyldig til og med 01.01.2028 og vil oppheves etter denne datoen.

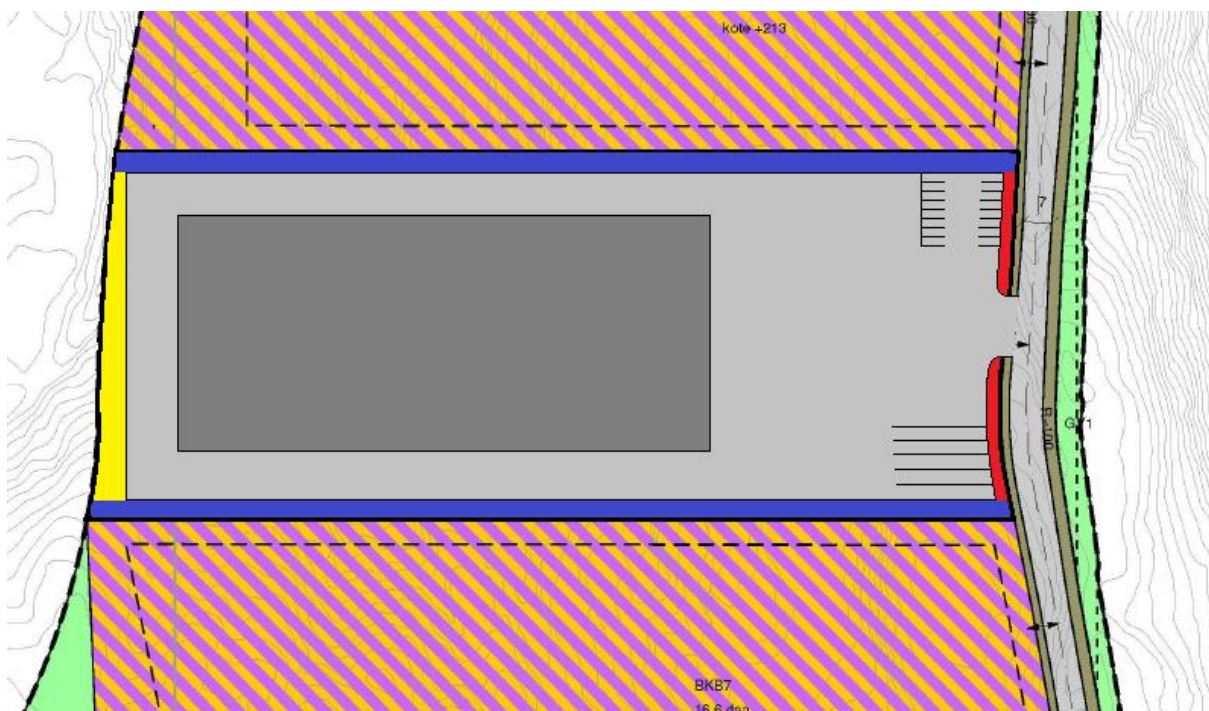
Dato: 6/12-2018

RØYKEN KOMMUNE

Eva Norén Eriksen
Eva Norén Eriksen ordfører
Røyken kommune

9.3 Beregning av arealer

Det totale arealet av tomta er 19 900 m². Bredden på tomta i retningen nord-sør er 90 meter. Lengden av tomta i retningen øst-vest er noe variabel, men i snitt ca 221,5 meter. I beregningene under har vi gjort noen forenklinger for å kunne regne arealene manuelt.



Grøntområder:

De to 5 meter brede stripene i nord og sør med lengde 221,5 meter, merket blått.

$$2 \cdot 5 \cdot 221,5 = 2215 \text{ m}^2$$

Den 2 meter brede stripen i øst, merket rødt.

$$2 \cdot 70 = 140 \text{ m}^2$$

Trekanten som blir igjen i vest, merket gult. Regner som et rektangel med gjennomsnittlig bredde 5,5 meter.

$$5,5 \cdot 80 = 440 \text{ m}^2$$

Sum: 2795 m²

Prosentandel av tomta: $2795/19900 = 0,140 = 14\%$

Bygg:

$60 \cdot 130 = 7800 \text{ m}^2$

Prosentandel av tomta: $7800/19900 = 0,392 = 39,2\%$

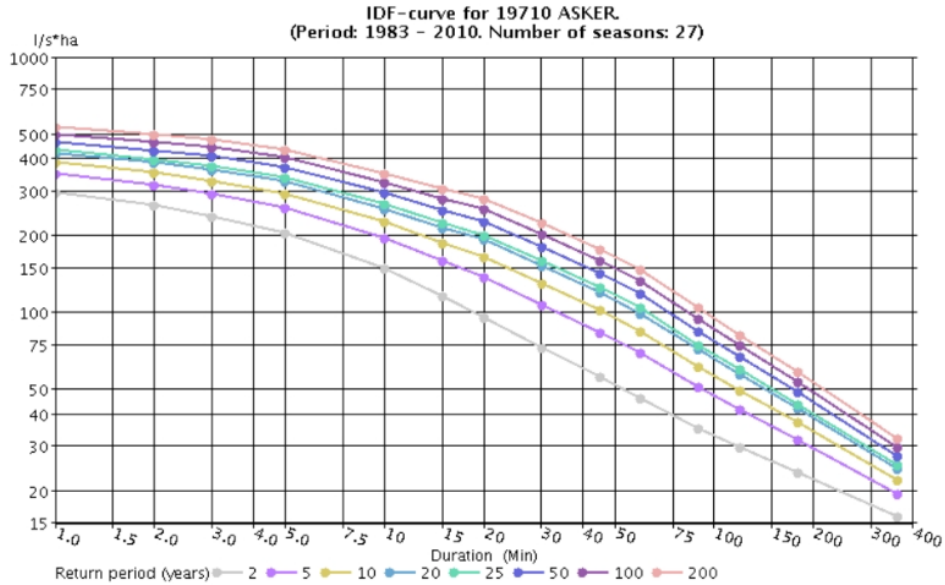
Trafikkarealer:

$19900 - 2795 - 7800 = 9305 \text{ m}^2$

Prosentandel av tomta: $9305/19900 = 0,468 = 46,8\%$

9.4 IVF-kurve

Hentet fra eklima.met.no



Return periods (year); precipitation intensity in litre per second per hectar(10 000m²) (l/s*ha)
19710 ASKER
Period: 1983 - 2010
Number of seasons: 27

Year	1 min.	2 min.	3 min.	5 min.	10 min.	15 min.	20 min.	30 min.	45 min.	60 min.	90 min.	120 min.	180 min.	360 min.
2	293,3	261,0	234,9	202,5	147,9	115,8	95,3	72,3	55,6	46,2	35,2	29,6	23,5	15,8
5	347,5	314,0	289,6	255,4	193,9	158,5	137,2	107,0	83,2	69,1	50,9	41,5	31,5	19,5
10	383,4	349,0	325,7	290,4	224,4	186,7	164,9	129,9	101,4	84,3	61,3	49,4	36,9	22,0
20	417,9	382,7	360,4	324,0	253,6	213,8	191,5	151,9	119,0	98,9	71,3	57,0	42,0	24,3
25	428,9	393,3	371,4	334,7	262,9	222,4	200,0	158,9	124,5	103,6	74,5	59,4	43,6	25,1
50	462,5	426,2	405,4	367,5	291,5	248,9	226,0	180,4	141,7	117,8	84,2	66,8	48,6	27,4
100	496,0	458,8	439,0	400,1	319,8	275,2	251,8	201,8	158,7	132,0	93,9	74,2	53,6	29,6
200	529,3	491,3	472,6	432,7	348,1	301,5	277,5	223,1	175,6	146,1	103,6	81,5	58,6	31,9

Return periods (year); precipitation (mm)
19710 ASKER
Period: 1983 - 2010
Number of seasons: 27

Year	1 min.	2 min.	3 min.	5 min.	10 min.	15 min.	20 min.	30 min.	45 min.	60 min.	90 min.	120 min.	180 min.	360 min.
2	1,8	3,1	4,2	6,1	8,9	10,4	11,4	13,0	15,0	16,6	19,0	21,3	25,4	34,1
5	2,1	3,8	5,2	7,7	11,6	14,3	16,5	19,3	22,5	24,9	27,5	29,9	34,0	42,1
10	2,3	4,2	5,9	8,7	13,5	16,8	19,8	23,4	27,4	30,3	33,1	35,6	39,9	47,5
20	2,5	4,6	6,5	9,7	15,2	19,2	23,0	27,3	32,1	35,6	38,5	41,0	45,4	52,5
25	2,6	4,7	6,7	10,0	15,8	20,0	24,0	28,6	33,6	37,3	40,2	42,8	47,1	54,2
50	2,8	5,1	7,3	11,0	17,5	22,4	27,1	32,5	38,3	42,4	45,5	48,1	52,5	59,2
100	3,0	5,5	7,9	12,0	19,2	24,8	30,2	36,3	42,8	47,5	50,7	53,4	57,9	63,9
200	3,2	5,9	8,5	13,0	20,9	27,1	33,3	40,2	47,4	52,6	55,9	58,7	63,3	68,9

Data valid for 24.01.2020 (CC BY 3.0), Norwegian Meteorological Institute
 eklima@met.no

9.5 Dimensjoneringstabeller belegningsstein

Hentet fra håndbok N200 (Statens Vegvesen, 2018).

Dekketype	Tykkelse, cm								
	Alle arealer gitt i dimensjoneringstabell			Gangarealer			Gangarealer med noe biltrafikk		
	Dekke-tykkelse	Settelag knust berg	Settelag fast	Dekke-tykkelse	Settelag knust berg	Settelag fast	Dekke-tykkelse	Settelag knust berg	Settelag fast
Belegningsstein	8	3	5						
Smågatestein	10	5	5						
Storgatestein	14	6	6						
Heller av betong				7	3	5	10		
Plater av naturstein				Se tabell 542.2	3	5	Se tabell 542.2	3	5

DIMENSJONERINGSTABELL FOR VEGOVERBYGNING MED BELEGNINGSSTEIN OG GATESTEIN (lagtykkelser i cm)								
Trafikkgruppe	A ⁴⁾	B	C	D	Parkeringsplasser		Andre trafikk-arealer med tunge kjøretøy ⁵⁾	
Antall ekvivalente 10 tonns aksler per felt i dimensjoneringsperioden (N, mill.)	< 0,5	0,5 – 1	1 - 2	2 - 3,5	lett trafikk ⁴⁾	tung trafikk		
DEKKE		Dekketykkelse, inkl. settelag, se tabell 542.1						
BÆRELAG								
Anbefalte materialer:	Tykkelse (cm), bærelag							
Da	10	13	15	17	10	13	17	
Da over Fk ⁶⁾	-	6 over 10	9 over 10	11 over 10	-	6 over 10	11 over 10	
Db	15	18	20	20	15	18	20	
Fk ⁶⁾	15				15			
FORSTERKNINGSLAG PÅ								
Materialtype i grunnen:	Bæreevn egruppe	Tykkelse (cm), forsterkningslag med lastfordelingskoeffisient a = 1,0.						
Bergskjæring, steinfylling, T1 ²⁾	1	30	30	30	30	30	30	30
Grus, C _u ≥ 15, T1	2	30	30	30	30	30	30	30
Grus, C _u < 15, T1 Sand C _u ≥ 15, T1 Bergskjæring, steinfylling T2 ²⁾	3	30	30	30	40	30	30	40
Sand, C _u < 15 T1 Grus, sand, morene, T2	4 ³⁾	40	40	50	60	30	40	60
Grus, sand, morene, T3	5	50	60	70	70	40	60	70
Silt, leire, T4, c _u ≥ 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 ¹⁾	70	80
Silt, leire, T4, c _u 25-37,5 kPa	6	60+20 ¹⁾	70+10 ¹⁾	80	80	50+30 ¹⁾	70+10 ¹⁾	80
Silt, leire, T4, c _u < 25 kPa	6	60+50 ¹⁾	70+40 ¹⁾	80+30 ¹⁾	80+30 ¹⁾	50+60 ¹⁾	70+40 ¹⁾	80+30 ¹⁾

¹⁾ Tall med pluss foran angir økning av forsterkningslagstykkelsen knyttet til anleggstekniske forhold.

²⁾ Bergskjæring omfatter både dyp- og grunnsprengning. For grunnsprengning er det krav om min 0,75 m fra vegoverflate til topp av knøler, se kapittel 2.

³⁾ Gjelder også for forsterkningslag på isolasjonslag av XPS, skumglass eller lettklinker.

⁴⁾ Gjelder også gang- og sykkelveg og avkjørsel.

⁵⁾ Dekke av gatestein anses ikke aktuelt.

⁶⁾ Skal ikke anvendes for dekker med fast settelag.

9.6 Beregning av vannhøyde i steinfylling

Vannmengden som står i steinfyllingen på tomta er til enhver tid lik vannet som infiltreres inn, minus vannet som strømmer ut gjennom grunnen. Matematisk kan dette uttrykkes $V = V_i - Q$. I den videre beregningen forenkler vi og ser bort ifra bygget og regner som om det er permeabelt dekke på hele tomta. De totale mengdene vann vil fortsatt være riktig, men fordelingen av vannet vil bli noe annerledes. Vi forutsetter at det sprengte fjellet er plant med et fall på 1 % mot nord, slik at alt vannet renner rett mot nord. Dette er en forenkling til sikker side. I virkeligheten vil bare deler av tomta sprenges ut, mens det blir fylling på resten. Dette fører til at store deler av tomta har større fall og mer masser til å lagre vann i. Den minste avstanden mellom topp dekke og sprengt fjell er 80 cm, slik at hvis vannstanden i fyllinga overstiger 80 cm blir det stående vann oppå bakken.

Vannet som tilføres fyllingen er regnvann med intensitet og mengde gitt av IVF-dataene. Vi regner med at alt vannet infiltreres og ikke noe avrenning. Hvor fort vannet renner ut av fyllinga avhenger av vannhøyden i fyllinga, ettersom arealet av tverrsnittet til vannstrømmen endrer seg. Ut ifra dette kan vi utlede en formel for vannhøyden i fyllinga ved forskjellige regnhendelser. Først en oversikt over konstanter og parametere som brukes:

Symbol	Verdi	Enhet	Forklaring
q		m ³ /s	Vannstrøm ut av fyllinga
Q		m ³	Vannmengde ut av fyllinga
K	1,0*10 ⁻²	m/s	Hydraulisk konduktivitet
A		m ²	Tverrsnittsarealet av vannstrømmen
i	0,01	m/m	Hydraulisk gradient (fall)
V		m ³	Vannmengde i fyllinga
V _i		m ³	Vannmengde inn i fyllinga
h		m	Vannhøyde i fyllinga
L	220	m	Lengden av tomta (øst-vest)
B	90	m	Bredden av tomta (nord-sør)
p	0,15	m ³ /m ³	Porøsitet, hulrom i sprengstein
I		l/s*ha	Regnintensitet
b	1,99*10 ⁻³		Faktor som gjør regnintensitet om til m ³ /s
a	(K*i)/(B*p)		Sammenslåing av konstanter som forenkler regnearbeidet
t		s	Tid

Den hydrauliske konduktiviteten til sprengstein har vist seg å være vanskelig å finne. De fleste tabeller er for jordarter og inneholder fraksjoner opp til og med grus. Sprengstein er mye grøvre enn grus, men inneholder også noe finstoff. Det er mengden finstoff som er avgjørende for den hydrauliske konduktiviteten. Vi velger å bruke samme verdi som for grus, på 10^{-2} m/s, da dette ansees å være konservativt (Janbu, 1970).

Permeabilitetskoeffisient for en rekke jordarter

Kornstørrelse/jordart	k [m/s]
Grus	$> 10^{-2}$
Sand	$10^{-2} - 10^{-5}$
Silt	$10^{-5} - 10^{-8}$
Morene	$10^{-6} - 10^{-9}$
Leire	$10^{-8} - 10^{-11}$

$$V = V_i - a$$

Volumen Q i fyllinga

$$V = h \cdot L \cdot B \cdot \rho$$

$$h = \frac{V}{L \cdot B \cdot \rho}$$

Vannhøyde h i fyllinga

$$h \cdot L = A$$

$$A = \frac{V}{B \cdot \rho}$$

$$A = \frac{V_i - a}{B \cdot \rho}$$

Tverrsnittsareal av vannstrøm

$$V_i = b \cdot I \cdot t$$

$$q = K \cdot A \cdot i$$

$$\frac{dQ}{dt} = q$$

$$\frac{dQ}{dt} = k \cdot i \cdot \frac{V_i - a}{B \cdot \rho}$$

$$\frac{dQ}{dt} = a (V_i - a)$$

$$\frac{dQ}{dt} + aQ = a \cdot b \cdot I \cdot t$$

diff-likning for $Q(t)$

$$\frac{dq}{dt} + aq = a \cdot b \cdot I \cdot t$$

$$\frac{dq}{dt} \cdot e^{at} + aq e^{at} = a \cdot b \cdot I \cdot t \cdot e^{at}$$

$$\int d(q \cdot e^{at}) = \int a \cdot b \cdot I \cdot t \cdot e^{at} dt$$

$$q \cdot e^{at} = a \cdot b \cdot I \cdot \int_0^t T \cdot e^{aT} dT$$

$$q \cdot e^{at} = a \cdot b \cdot I \cdot \left(\frac{T}{a} e^{aT} - \left(\frac{e^{aT}}{a^2} - \frac{1}{a^2} \right) \right)$$

$$q \cdot e^{at} = b \cdot I \cdot \left(e^{at} \left(t - \frac{1}{a} \right) + \frac{1}{a} \right)$$

$$q = b \cdot I \left(t - \frac{1}{a} + \frac{e^{-at}}{a} \right)$$

$$Q = b \cdot I \left(t - \frac{1}{a} + \frac{e^{-at}}{a} \right)$$

$$V = v_i - a$$

$$V = b \cdot I \cdot t - b \cdot I \cdot \left(t - \frac{1}{a} + \frac{e^{-at}}{a} \right)$$

$$V = \frac{b \cdot I}{a} (1 - e^{-at})$$

$$h = \frac{V}{L \cdot B \cdot \eta}$$

$$h = \frac{b \cdot I}{a \cdot L \cdot B \cdot \eta} (1 - e^{-at})$$

$$h = \frac{b \cdot I}{K \cdot i \cdot L} \left(1 - e^{-\frac{K \cdot i}{B \cdot \eta} t} \right)$$

Ved innsetting i formelen får vi følgende vannhøyder. Tabellen gjelder for 200-årsflom. Den største vannhøyden blir ved regnvarighet 6 timer og er 64 cm.

Regnvarighet (sek)	60	120	180	300	600	900	1200	1800	2700	3600	5400	7200	10800	21600
Regnintensitet	529,3	491,3	472,6	432,7	348,1	301,5	277,5	223,1	175,6	146,1	103,6	81,5	58,6	31,9
Regnintensitet inkl. klimafaktor	793,95	736,95	708,9	649,05	522,15	452,25	416,25	334,65	263,4	219,15	155,4	122,25	87,9	47,85
Vannhøyde h (m)	0,032	0,059	0,085	0,130	0,209	0,272	0,333	0,401	0,472	0,522	0,551	0,574	0,611	0,640

Ved hjelp av en lignende utledning kan vi beregne hvor lang tid vannet bruker på å renne ut av fyllinga etter at nedbøren stopper. I stedet for å bruke V_i som er vannet som blir tilført fyllinga som en funksjon av t , bruker vi V_0 som er en konstant og tilsvarer vannmengden i fyllinga i det øyeblikket nedbøren stopper.

Den nye differensiallikningen blir da:

$$\frac{dQ}{dt} + aQ = aV_0$$

Denne løses på samme måte som før og gir følgende uttrykk for $Q(t)$:

$$Q = V_0(1 - e^{-at})$$

Vannmengden i fyllinga i det øyeblikket det slutter å regne er:

$$V_0 = h * L * B * p = 1900,677 \text{ m}^3$$

En 90% reduksjon av dette vil tilsvare en gjenværende vannmengde på $190,0677 \text{ m}^3$. Ved å sette inn i uttrykket for Q og isolere t får vi at dette oppnås ved $t = 310849$. Dette tilsvarer ca 3,6 døgn.

Begge formlene som ble utledet over er for øvrig helt generelle og kan brukes i alle situasjoner der man kjenner parameterne som inngår.

9.7 Beregninger grønt tak og rørsystem

Anslag av hvor mye vann det grønne taket kan absorbere

Drensmatten kan lagre $6,1 \text{ l/m}^2$ (Isola, 2020). Dette tilsvarer 6,1 mm regn. Forsøk gjort av (Uhl og Schiedt, 2008) viser at et vekstmedium på 5-8 cm kan tilbakeholde 25-35 mm regn. Ut ifra dette kan vi anta at sedummatten på 2-4 cm kan tilbakeholde 10-15 mm regn. Filtduken vil også kunne holde noe vann, men det er usikkert hvor mye. Til sammen er det ikke urimelig å anta at dekket vil kunne holde rundt 20-25 mm vann. Vi kan også regne ut vannkapasiteten ut ifra den oppgitte egenvekten til dekket. I vannmettet tilstand veier dekket 50 kg/m^2 , mens det i tørr tilstand veier 25 kg/m^2 (Bergknapp, 2020b). Dette vil si at det tas opp 25 kg vann per kvadratmeter, noe som tilsvarer 25 mm regn. Dette stemmer bra med den tidligere beregningen, så vi velger å bruke 20 mm som en konservativ vannkapasitet.

Beregning av avrenning per sluk

Vannmengden som må tas unna av hvert sluk beregnes ved hjelp av den rasjonelle metode. På grunn av den fordrøyende effekten til det grønne dekket bruker vi 10 minutter som konsentrasjonstid. Den dimensjonerende situasjonen får vi når dette regnet inntreffer like etter et annet regnskyll slik at massene allerede er våte. VA/miljøblad 107 (Norsk Rørsenter, 2013) som omhandler grønne tak anbefaler å bruke 0,6 som avrenningsfaktor for et vekstlag på 2-4 cm. Dette vil antakeligvis være litt lavt i den dimensjonerende situasjonen så vi velger å bruke 0,8 som er en mer konservativ avrenningsfaktor. Regnintensiteten ved 200-årsflom og 10 minutters konsentrasjonstid er $522,2 \text{ l/s*ha}$, medregnet klimafaktoren på 1,5. Dette gir en maksimal avrenning per sluk på $11,64 \text{ l/s}$.

Beregning av rørdiameter

For å beregne hvor stort rør som trengs for å lede vekk dette vannet brukes Darcy-Weisbachs ligning. Inngangsverdiene vi trenger i tillegg til vannmengde er en friksjonsfaktor og fall på røret. Vi forutsetter at fallet er 2 %. Dette er ganske normalt, og vi har gode muligheter for å tilpasse dette i praksis. Friksjonsfaktoren finner vi i Moodys diagram. Som et utgangspunkt antar vi en rørdiameter på 160 mm og et rør av PVC med en ruhet på 0,16 (ruheten er i

praksis 0,1-0,4 på plastrør (Ødegaard, 2014)). Dette gir en relativ ruhet på $0,16/160 = 10^{-3}$. Vi trenger også Reynolds tallet for å lese av diagrammet. Vannhastigheten blir $Q/A = 0,675$ m/s og dette gir et Reynolds tall på $Re = (0,16*0,675)/(10^{-6}) \approx 10^5$. Ved avlesning i Moodys diagram blir friksjonsfaktoren 0,022. For å ta høyde for noe usikkerhet så setter vi friksjonsfaktoren til 0,025. Ved innsetting av disse verdiene i Darcy-Weisbachs ligning finner vi at diameteren må være minst 106,9 mm. Det minste standardiserte røret som passer er et 125 mm PVC rør med en innvendig diameter på 117,6 mm. Da kan vi gå tilbake og se om antakelsene vi gjorde fortsatt holder. Vi kan fortsatt regne med at den relative ruheten er ca 10^{-3} . Den nye strømningshastigheten blir $Q/A = 1,250$ m/s, noe som gir et Reynolds tall $Re = (0,118*1,250)/(10^{-6}) \approx 1,5*10^5$. Ved avlesning i Moodys diagram ser vi at dette har en neglisjerbar påvirkning på friksjonsfaktoren og at beregningene vi har gjort kan brukes.

Dermed er det tilstrekkelig med et 125 mm PVC rør til å lede vekk vannet fra hvert av slukene. Vi forutsetter at slukboksen slipper gjennom nok vann til at det er røret som blir begrensende faktor. Ved bruk av tilsvarende beregning som over ser vi at vannet fra to sluk kan ledes inn på ett enkelt 160 mm PVC rør (Darcy-Weisbachs ligning gir en minste diameter på 141,1 mm). Vi kobler sammen to 125 mm rør til ett 160 mm rør ved hjelp av et grennrør.

	B	C	D	E	F
1					
2					
3	Areal tak	=60*130			
4	Antall soner	28			
5	Areal per sluk	=C3/C4			
6					
7	Regnintensitet IVF	348,1	l/s*ha		
8	Klimafaktor	1,5			
9	Avrenningsfaktor	0,8			
10					
11	Avrenning per sluk	= $(C7/10000)*C5*C8*C9$	l/s	Avrenning 2 sluk	= $2*C11$
12					
13	f	0,025		f	=C13
14	Pi	3,14159265		Pi	3,14159265
15	g	9,81		g	9,81
16	fall	0,02		fall	=C16
17					
18	Diameter	= $(\frac{8*(C11/1000)^2*C13}{(C14^2*C15*C16)})^{1/5}*1000$	mm	Diameter	= $(\frac{8*(F11/1000)^2*F13}{(F14^2*F15*F16)})^{1/5}*1000$
19					
20					

	A	B	C	D	E	F	G
1							
2							
3		Areal tak	7800				
4		Antall soner	28				
5		Areal per sluk	278,5714286				
6							
7		Regnintensitet IVF	348,1	l/s*ha			
8		Klimafaktor	1,5				
9		Avrenningsfaktor	0,8				
10							
11		Avrenning per sluk	11,64	l/s	Avrenning 2 sluk	23,27	l/s
12							
13		f	0,025		f	0,025	
14		Pi	3,14		Pi	3,14	
15		g	9,81		g	9,81	
16		fall	0,02		fall	0,02	
17							
18		Diameter	106,94	mm	Diameter	141,11	mm
19							

Anslag infiltrasjonskapasitet Viacon Pecor 160 mm rør

Vi har ikke lyktes med å finne infiltrasjonskapasiteten til denne typen rør. Vi må derfor gjøre noen anslag. NS 3065 (Standard Norge, 1987) krever at alle drenerør skal ha minst 2000 mm² åpning per meter rørlengde. Ved en rørlengde på 10 meter og vannføring på 23,27 l/s må vannhastigheten gjennom åpningene være 1,16 m/s. Dette er lavere enn vannhastigheten i røret for ellers. Åpningen per meter rør er også mest sannsynlig vesentlig større enn 2000 mm² da det finnes drenerør som er mye mindre enn 160 mm og fortsatt underlagt den samme standarden. Ut ifra dette antar vi at 10 meter med 160 mm drenerør er tilstrekkelig til å infiltrere alt vannet.

Beregning av infiltrasjon/vannstrømning

For at alt vannet skal kunne infiltreres er vi avhengige av at vannet strømmer fort nok unna i massene rundt røret. For å beregne dette bruker vi den forenklede versjonen av Darcy's formel. Det nødvendige infiltrasjonsarealet finnes ved å dele vannføringen q på ledningsevnen K_{sat} . Vi bruker $K_{sat} = 10^{-2}$. Det gir et nødvendig infiltrasjonsareal på $0,0233/0,01 = 2,33 \text{ m}^2$. Vi forutsetter at det effektive infiltrasjonsarealet er den nedre halvdel av et sirkulært tverrsnitt langs med røret. En 10 meter lang grøft gir en nødvendig diameter på infiltrasjonsarealet på 0,148 meter. Dette er mindre enn diameteren på røret, og dermed er infiltrasjon i massene ingen begrensning.

9.8 Dimensjoneringstabell for veger med bituminøst dekke

Hentet fra håndbok N200 (Statens Vegvesen, 2018).

533 Dimensjoneringstabell

Tabell 533.1 Dimensjonering av veger med bituminøst dekke, lagtykkelser i cm

DIMENSJONERINGSTABELL FOR VEGER MED BITUMINØST DEKKE (lagtykkelser i cm)							
		TRAFIKKGRUPPE (Antall ekvivalente 10 t aksler per felt i dimensjoneringsperioden, N, mill.) Beregning av trafikkgruppe, se kapittel 511.					
		A (< 0,5)	B (0,5 - 1)	C (1 - 2)	D (2 - 3,5)	E (3,5 - 10)	F (> 10)
DEKKE		Dekketype og tykkelse velges på grunnlag av ÅDT i åpningsåret, se kapittel 530.					
BÆRELAG							
Anbefalte materialer:		Tykkelse (cm), bærelag					
Ag		9	10	11	12	13	14
Ag over Ap		5 over 6	6 over 7	6 over 8	7 over 8	7 over 9	7 over 10
Ag over Ak		5 over 10	6 over 10	7 over 10	8 over 10		
Ag over Gja		6 over 5	6 over 7	6 over 9	6 over 10		
Ag over Fk		5 over 10	6 over 10	7 over 10			
Fk		20					
FORSTERKNINGSLAG PÅ							
Materialtype i grunnen:	Bæreevne- gruppe	Tykkelse (cm), forsterkningslag med lastfordelingskoeffisient a = 1,0					
Bergskjæring, steinfylling, T1 ³⁾	1	30	30	30	30	30	30
Grus C _u ≥ 15, T1	2	30	30	30	30	30	30
Grus C _u < 15, T1 Sand C _u ≥ 15, T1 Bergskjæring, steinfylling T2 ³⁾	3	30	30	30	40	50	50
Sand C _u < 15, T1 Grus, sand, morene, T2	4 ⁴⁾	40	40	50	60	70	80
Grus, sand, morene, T3	5	50	60	70	70	80	90
Silt, leire, T4, c _u ≥ 50 kPa	6	60	70	70	80	90	100
Silt, leire, T4, c _u 37,5-50 kPa	6	60	70	80	80	90	100
Silt, leire, T4, c _u 25-37,5 kPa	6	60+20 ¹⁾	70+10 ¹⁾	80	80	90	100
Silt, leire, T4, c _u < 25 kPa	6	60+50 ¹⁾	70+40 ¹⁾	80+30 ¹⁾	80+30 ¹⁾	90+20 ¹⁾	100+10 ¹⁾
BÆRELAGSINDEKSKRAV, BI_a ²⁾		39	45	50	54	62	65

¹⁾ Tall med pluss foran angir økning av forsterkningslagstykkelsen knyttet til anleggstekniske forhold.

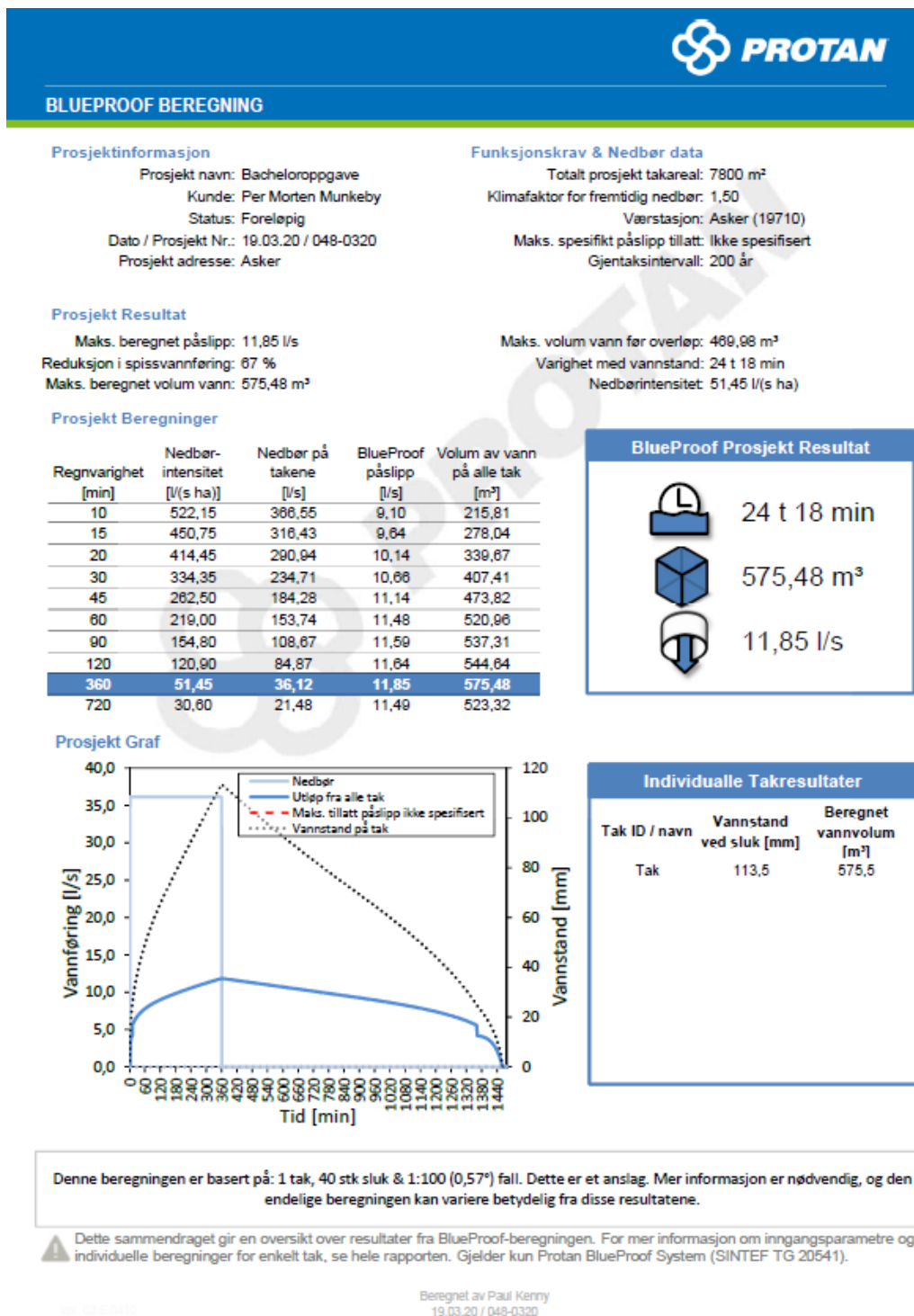
²⁾ Bærelagsindeks (BI), se forklaring i vedlegg 3.

³⁾ Bergskjæring omfatter både dyp- og grunnsprengning. For grunnsprengning er det krav om min 0,75 m fra vegoverflate til topp av knøler, se kapittel 2.

⁴⁾ Gjelder også for forsterkningslag på isolasjonslag av XPS, skumglass eller lettklinker.

9.9 Beregninger blått tak og rørsystem

Beregninger på blått tak, utført av Protan.



Beregninger rørdiameter

Beregningene er gjort med Darcy-Weisbachs formel. Fremgangsmåten er den samme som for alternativ 1, vist i vedlegg 9.7.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1										
2										
3		Total avrenning	11,85 l/s							
4		Antall sluk	40							
5										
6										
7		Avrenning per sluk	0,30 l/s		Avrenning 20 sluk	5,93 l/s		Avrenning 40 sluk	11,85 l/s	
8										
9		f	0,025		f	0,025		f	0,025	
10		Pi	3,14		Pi	3,14		Pi	3,14	
11		g	9,81		g	9,81		g	9,81	
12		fall	0,02		fall	0,02		fall	0,02	
13										
14		Diameter	24,63 mm		Diameter	81,64 mm		Diameter	107,72 mm	
15										
16										

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1										
2										
3		Total avrenning	11,85							
4		Antall sluk	40							
5										
6										
7		Avrenning per sluk	=C3/C4		Avrenning 20 sluk	=20*C7		Avrenning 40 sluk	=40*C7	
8										
9		f	0,025		f	=C9		f	=C9	
10		Pi	3,14159265		Pi	3,14159265		Pi	3,14159265	
11		g	9,81		g	9,81		g	9,81	
12		fall	0,02		fall	=C12		fall	=C12	
13										
14		Diameter	=(((8*(C7/1000)^2*C9)/(C10^2*C11*C12))^(1/5))*1000	mm	Diameter	=(((8*(F7/1000)^2*F9)/(F10^2*F11*F12))^(1/5))*1000	mm	Diameter	=(((8*(I7/1000)^2*I9)/(I10^2*I11*I12))^(1/5))*1000	mm
15										
16										
17										

9.10 Pristilbud alternativ 1

9.10.1 Prislister Hoensmarka



Priser fra 01.03.2020

Alle priser er eks.mva pr tonn

Artikkel	Type vare	Enhet	Hoensmarka
400	20-150 cm Stablestein	Tonn	kr 163
401	0/8 Vasket støpesand	Tonn	kr 120
402	8/16 Natursingel	Tonn	kr 105
403	Finsand	Tonn	kr 61
404	50/150 Kulestein	Tonn	kr 65
405	Uharpet grus	Tonn	kr 93
406	16/50 Kulestein	Tonn	kr 65
411	0/4 Subbus	Tonn	kr 81
412	4/16 Pukk	Tonn	kr 127
413	0/8 Subbus	Tonn	kr 81
414	11/16 Pukk	Tonn	kr 152
415	0/20 Subbus	Tonn	kr 82
416	0/32 Subbus	Tonn	kr 93
417	Anleggsjord-Moldfattig	Tonn	kr 97
419	8/11 Pukk	Tonn	kr 188
420	Sprengstein	Tonn	kr 66
421	22/56 Pukk	Tonn	kr 117
422	20 /120 Kult	Tonn	kr 91
423	2/6 Pukk	Tonn	kr 214
425	2/32 Pukk	Tonn	kr 140
426	0/63 Subbus	Tonn	kr 115
428	Blandingsmasse (stein)	Tonn	kr 25
435	8/16 Pukk	Tonn	kr 127
450	Rene gravemasser	Tonn	kr 43
451	Bløte masser	Tonn	kr 69
500	Liten henger	Stk	kr 244
501	Stor henger	Stk	kr 325
502	Storsekk	Stk	kr 1 220

Med forbehold om feil og at varen er på lager.

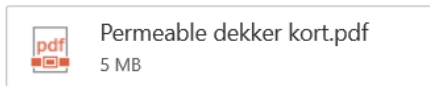
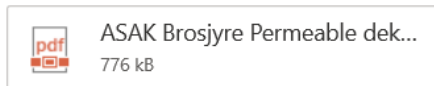
9.10.2 Asak Belegningsstein



Ørjan Reinsnes <orjan@asak.no>

on. 11.03.2020 11:09

Jørgen Sletten ▾



✓ Vis alle 5 vedlegg (22 MB) Last ned alle Lagre alle i OneDrive – NTNU

Hei Jørgen!

Håndtering av overvann er et høyaktuelt tema både offentlig og industrielt. Vi opplever også økt etterspørsel fra privatmarkedet på permeable dekker, trolig som følge av at stadig flere kommuner vil sette krav til håndtering av overvann på egen tomt. I løpet av våren vil vi derfor komme med en 6 cm tykk permeabel belegningsstein, tilpasset private gårdsplasser og hovedsakelig personbiltrafikk. Den skulle lanseres på Hagemessen i år, som dessverre er blitt avlyst pga. Korona.

Som tallgrunnlag til din bacheloroppgave kan du ta utgangspunkt i følgende priser:
Priser forstås som kvantumbasert prosjektpriis pr. kvadratmeter, inklusiv transport til Røyken, eksklusiv mva.

Permac Lock Dren, 10 cm	142,- pr. m2 levert Røyken
Asak Drenstein, 8 cm	128,- pr. m2 levert Røyken

Sammenlignet med tette dekker (Vanlig belegningsstein, asfalt, betong) ser vi at permeabel belegningsstein kommer gunstig ut på pris, da det reduserer eller eliminerer behovet for annen håndtering av overvann som linjereining eller punktdreining.

Jeg vil anta du har funnet aktuelle brosjyrer og veiledninger på våre nettsider allerede, men vedlegger de mest relevante dokumentene for ordens skyld.

Der finner du informasjon fra Asak Miljøstein, våre samarbeidspartnere, og bransjen generelt.

Vår fabrikk i Trøndelag, Vikaune Fabrikker, har tidligere samarbeidet med NTNU i en eksamensoppgave om Asak Drenstein. Avhengig av din vinkling vil jeg tro du finner nyttig informasjon i de to vedlagte avhandlingene. Antagelig mange relevante leads i kildene der!

Håper dette blir til hjelp, og lykke til med bacheloroppgaven!

Med vennlig hilsen // Best regards

Ørjan Reinsnes

Distriktsansvarlig Østlandet

Mobil: +47 46 85 95 38

Asak Miljøstein AS

Hvamstubben 17 – 2013 Skjetten

Tlf: +47 64 00 60 60

www.asak.no / www.asakonline.no

[facebook](#) / [linkedin](#)



9.10.3 Multiblokk belegningsstein



Jan Herbert Sandsmark <jan.herbert.sandsmark@multiblokk.no>

fr. 13.03.2020 09:26

Jørgen Sletten ✓



Hei Jørgen

Viser til din forespørsel på ett spennende tema!

Når det gjelder pris på selve belegningssteinen er det lett å finne kostnadene på. Vedlikeholds kostnadene er noe mer utfordrende å gi:

Multiloc Dren 10 cm 9305 m2 a kr 110,-/m2 kr 1.023.550,-

Prisen er eks mva avhentet vårt lager Sandnes

Maskinleggekostnader vil være avh av størrelse men på et areal som dette vil det trolig være rundt 100,-/m2

Levetid for dekket anser vi vil være 30-50 år.

Behovet for vedlikehold vurderes og bør ha en 3-5 års syklus

Når det gjelder kapasitet for et permeabelt dekke vil den ofte være 8-10 ganger høyere enn dimensjonerende kapasitet. Det vil da si at dekket kan tettes opp mot 80% av kapasiteten og likevel opprettholde sin funksjon.

Kostnadene ved legging/ vedlikehold kan trolig Stina Lintho Lippestad i Lintho Steinmiljø si noe om ..De er Norges største industristeinlegger men over 2,5 mill lagte m2.

<https://www.lintho-steinmiljo.no/om-oss/>

Jan Herbert Sandsmark

Markedssjef

Mobil 951 95 246

www.multiblokk.no



9.10.4 Lintho Steinmiljø vedlikehold av permeabelt dekke



stina.lippestad@lintho-steinmiljo.no

on. 18.03.2020 14:35

Jørgen Sletten ✕



Hei!

Takk for eposten din!

Prisbildet vil være avhengig av avstand til belegningssteinsfabrikk, og i hvilken del av landet man planlegger dekkene utført. Prisene jeg skisserer under vil være gjeldende for det sentrale Østlandet, for Rogaland og Trondheim. Dekker det forespørselen din, eller vil du jeg skal legge noe annet til grunn?

For nevnte områder:

Du må beregne et prisbilde på **kr. 250,- per m2 eks mva** for ca. 9-10.000 m2.

Dette inkluderer settelag 2-11 (30mm) og belegningsstein 100mm beregnet for tunge laster/næring.

Dekket må innspennes, slik at belegningsstein i ytterkantene ikke får skli ut. Enten legges stein mot kantstein, det kan asfalteres etterpå, eller man må montere en betong låsekant (plasztøpt).

For slik betongkant må du beregne **kr. 265,- per lm eks mva**.

Når det gjelder vedlikehold ut over det normale (feiling og strøing), så er det usikkert behov. Enkelte steder vil ha forutsetninger for hyppigere vedlikeholdsbehov, mens andre vil ikke ha behov i det hele tatt – vårrengjøringen er tilstrekkelig.

Anta at man hvert 5 – 7 år må kjøre en feiebil med noe sug for å rense den øverste del av fugen, samt etterpå refuge.

Anta at feiebil med sug trenger 2 dager og den som refuger trenger det samme = ca. 75.000,- Fordelt på skissert intervall vil det være ca. 10.000,- til 15.000,- per år.

Husk at her vedlikeholdes ikke bare dekket, men også overvannsløsningen.

Jeg håper dette var til hjelp, og så hører jeg veldig gjerne fra deg igjen.

Med vennlig hilsen
Lintho Steinmiljø AS

Stina Lintho Lippestad

Daglig leder

Mobil 91 33 88 58



9.10.5 Bergknapp grønt tak



Terje Dysjaland <terje@g-tec.as>

to. 12.03.2020 09:36

Jørgen Sletten ✕



Hei :

Dette vil koste ca 300 pr m2 + mva ferdigt lagt .

Med vennlig hilsen

Terje Dysjaland

Kalkulasjon /prosjektleder



Tlf: +47 915 35 128 | +47 516 27 548

Mail: terje@g-tec.as | post@grasrota.net

Hovedkontor: Årsvollveien 213 | 4312 Sandnes

Web: www.grasrota.net | www.bergknapp.no

...

Fra: Therese Hagland <therese@bergknapp.no>

Sendt: onsdag 11. mars 2020 07:16

Til: Julie Trommald <Julie@bergknapp.no>; Terje Dysjaland <terje@g-tec.as>

Emne: SV: Sedumtak

Hei

Vedlikeholdet koster 81900kr eks.mva, fint om du tar dette med i estimatet ditt Terje.

Med vennlig hilsen

Therese Hagland

Vedlikeholdsansvarlig



Tlf: +47 988 31 256 | +47 516 27 548

Mail: therese@bergknapp.no | post@bergknapp.no

Avd. Oslo: Schweigaards gate 34 C | 0191 Oslo

Hovedkontor: Årsvollveien 213 | 4312 Sandnes

Web: [<http://./>]www.bergknapp.no | www.grasrota.net

9.10.6 Blomstertak grønt tak



Svein Sandvik <svein@blomstertak.no>

ti. 10.03.2020 16:14

Jørgen Sletten ✓



Hei, et slikt tak vil koste omtrent kr 300,- pr m2 ferdig montert.

Vi monterer ca. 600m2 pr dag.

Kran koster ca kr 1500-3000 i timen avhengig av høyde og lengde inn på taket. Krana brukes hele dagen. Så du må regne 14 x 8 timer kraning.

Pluss evt rigging/nedrigging. av jibb.

Det vil koste kr 30.000 å losse alt som kommer til byggeplass.

Skjøtsel koster ca 10kr/m2 i året.

Håper dette var til hjelp. Når det gjelder teknisk info finner du det på Blomstertak.no og på vegtech.se

Ha en fin kveld!

Med vennlig hilsen

Svein Sandvik

Blomstertak AS

Adresse: Nyveien 62, 1433 Ås

Tlf: [+47 6494 4040](tel:+4764944040)

Mobil: [+47 4116 3895](tel:+4741163895)

E-post: svein@blomstertak.no

En del av Veg Tech AB

9.10.7 Brødrene Dahl rørdeler

En enklere hverdag



Pos.nr	B	VAREN	BESKRIVELSE	ANT.	ENH	Kundepris matr.	Beløp Materiell
	<input type="checkbox"/>	2295602	RØR OVERV.PVC 125 SORT GLATT	210,00	M	195,00	40 950,00
	<input type="checkbox"/>	2295603	RØR OVERV.PVC 160 SORT GLATT	245,00	M	271,00	66 395,00
	<input type="checkbox"/>	2251609	BEND 125 MM 45° PP LANG FOR PVC OG PP GRUNNAVLØPSRØR	42,00	STK	955,00	40 110,00
	<input type="checkbox"/>	2251689	BEND 160 MM 45° PP LANG FOR PVC OG PP GRUNNAVLØPSRØR	56,00	STK	1 675,00	93 800,00
	<input type="checkbox"/>	2255014	DOBBELMUFFE 125 MM GR.AVL FORPVC/PP-RØR	28,00	STK	202,00	5 656,00
	<input type="checkbox"/>	2255024	DOBBELMUFFE 160 MM GR.AVL FORPVC/PP-RØR	28,00	STK	221,00	6 188,00
	<input type="checkbox"/>	2253049	GRENØR 160 X 125 MM FOR PVC OG PP AVLØPSRØR	14,00	STK	318,00	4 452,00
	<input type="checkbox"/>	2255434	OVERG 160X125 MM EKSENTRISK FOR PVC OG PP GRUNNAVLØPSRØR	14,00	STK	259,00	3 626,00
	<input type="checkbox"/>	3222709	STAKE OG SPYLEKUM PP 160 X 315 TYPE 1 RETTLØP WAVIN 0558303	14,00	STK	2 080,00	29 120,00
	<input type="checkbox"/>	2254724	TERS GRUNNAVL. 160 PLAST	14,00	STK	139,00	1 946,00
	<input type="checkbox"/>	3356805	STIGERØR KORR 315X6M SORT U/MUFFE WAVIN 0516665	2,00	STK	6 280,00	12 560,00
	<input type="checkbox"/>	3356853	TETN.RING F/315 KORR. OPPF.RØR WAVIN 6095452	14,00	STK	252,00	3 528,00
	<input type="checkbox"/>	3300417	FLYT RIST/RAMME Ø315 TELESKOP LÅS SLIT/DEMPERING 2577/2572HT	14,00	STK	3 350,00	46 900,00
	<input type="checkbox"/>	3356926	TELESKOPRØR 315 X 375 MINNV. KLIKK OG PAKN. WAVIN 0547073	14,00	STK	960,00	13 440,00
	<input type="checkbox"/>	3257515	FIBERDUK KLASSE 2 4x110M SORT 440M2 NGS 2002	1,00	RUL	4 890,00	4 890,00
	<input type="checkbox"/>	9805445	GLIDESPRAY 0,4 L NOVIPRO 30 %SILIKON	4,00	STK	121,00	484,00
			TOTALT EKSKL. MVA. MATERIELL				374 045,00
			MERVERDIAVGIFT 25,0%				93 511,20
			TOTALT INKL. MVA.				467 556,00

9.10.8 Viacon infiltrasjonsrør

SG

Sten Grosberghaugen <sten@viacon.no>

fr. 13.03.2020 16:32

Jørgen Sletten; Peder Hembre <peder@viacon.no>; Harald Ihler <harald@viacon.no> ∨



D-Raintank-3000.pdf

4 MB

Hei,

Har ingen tall på infiltrasjonsevne til et \varnothing 160mm rør, men kanskje det er beskrevet i standarden NS3065.
Pris pr meter for \varnothing 160mm – **kr 56,-/m eks mva**

Vedlagt er en brosjyre på kassetter (tysk) som viser litt hvordan det skal monteres.
På overfyllingen varierer det litt mtp aksellast, men 80 cm er normalt å få til.

En m3 pris på kassetter ligger på ca **kr 3000,- eks mva** + montering. Pris varierer ut ifra hvor stort det skal være.
Pris på sprengstein er jeg usikker på. Denne avhenger veldig på hvor langt det er fra masse uttak til anleggs sted.

God helg!

Vennlig hilsen

Sten

Mob: +47 913 09 401

www.viacon.no




9.10.9 Isachsen utførelse infiltrasjonsgrøfter



Beskrivelse

Isachsen Anlegg AS

Skrevet ut 25.03.2020 klokken 19:37 av 11 Runar

Prosjekt		K111999 Eksempel Jørgen Sletten				Side 1 av 1
Kalkyle		1 Granveien				
Byggherre						
Fagkapittel	5 VA-arbeider					
Post	Beskrivelse	Enh.	Mengde	Enhetspris	Sum	
5.1.0	Rørgrøfter					
5.1.1	Grøfter	lm	140,00	809,00	113 260,00	
5.2.0	Kummer					
5.2.1	Stakekum, 315	stk	14,00	630,00	8 820,00	
5.2.2	 Sandfang, opsjon	stk	14,00	3 348,00	46 872,00	
Sum denne side eksl. mva.					122 080,00	
Sum fagkapittel 5 VA-arbeider eksl. mva.					122 080,00	
Sum akkumulert kalkyle 1 Granveien eksl. mva.					122 080,00	

9.10.10 Ragn Sells spyling av rør



Owe Bugge Persson <Owe.Bugge.Persson@ragnsells.com>

on. 25.03.2020 10:23

Jørgen Sletten ✎



Da vil jeg gi et forsiktig estimat ut i fra de opplysninger du kommer med.

Fremmøte/rigging før oppstart

Spyling av drensledningen ø160mm x14 stk ca 2-3 timer jobb (kan gå mindre tid)

Oppsuging av vann/slam fra rørene ca 5-6 tonn (her kan det hende det går å drenere noe av vannet før vi kjører resten til deponi)

Regner med at om det er grei tilkomst og rørene ikke er for tilgriset av slam, vil kanskje sel ve spylejobben være gjort på 1 time og sikkert noe mindre vann/slam

Så kommer kjøring til avfallsmottak.

Så jeg vil tro at totaltiden er 2-3 timer inkl tømning av bilen...

Fremmøte/rigging	ca 1200-1300,- pr stk
Timepris for suge/spylebil	ca 1700-1800,- pr time
Behandlingsavgift sand/slam	ca 1300-1400,- pr tonn

Dette er ca priser, men vil nok speile prisene i markedet +- noen kroner

Siden dette er en forholdsvis liten jobb, vil du nok ikke få de store rabattene her

Håper dette ga deg noen svar 😊

Med vennlig hilsen

Owe Bugge Persson
Transportleder VA
Tlf: 22 800 776



9.11 Pristilbud alternativ 2

9.11.1 Veidekke asfalt

Hei Per Morten.

Jeg ville anbefalt et to lags dekke på det prosjektet du beskriver der.

Hvis det er snakk om kjørbart areal på en industri/lagertomt, så vi man anta at det ferdes en god del tungtransport der.

Derfor kommer jeg med denne anbefalingen. Nedenfor følger et pris estimat og en anbefaling til oppbygging av prosjektet ditt:

1. Bærelagsdekke, Ag 16, 60 mm = 105 kr pr m2
2. Slitelagsdekke, Ab 11, 40 mm = 90 kr pr m2

Pris for asfalt:

105 kr pr m2 x 9305 m2 = kr 977 025,-

90 kr pr m2 x 9305 m2 = kr 837 450,-

Pluss en rigg/flyttekost = kr 10 000,-

Totalt kostnad = kr 1 824 475,-

NB: Som tidligere nevnt så er dette kun et pris estimat.

Prisen er selvfølgelig avhengig av stedlige forhold, grunnforhold, tiden det trengs til å utføre arbeidet osv.

Håper dette kunne være til hjelp!

Lykke til med bacheloroppgaven din!

Vidar Stavik

Distriktsleder Oslo/Akershus

Veidekke Industri AS

Forretningsområdet Asfalt

(+47) 454 21 786

vidar.stavik@veidekke.no

www.veidekke.no



9.11.2 Svein Boasson planter regnbed

Fra: Kontakt Svein Boasson AS <kontakt@sveinboasson.no>

Sendt: Thursday, May 7, 2020 1:25:43 PM

Til: Per Morten Munkeby <permm@stud.ntnu.no>

Kopi: Kontakt Svein Boasson AS <kontakt@sveinboasson.no>

Emne: SV: Ny melding fra sveinboasson.no - "Regnbed"

Hei,

Se her for litt info om dette:

<https://sveinboasson.no/anleggsgartnerens-rad/regnbed/>

For planter kan du beregne gjennomsnittlig m2 pris på ca 250 per m2 eks mva

Lykke til



Med vennlig hilsen

Sigurd L. Boasson

Daglig Leder

Svein Boasson AS

t: 55 98 39 90 m: +47 913 21 218

a: Kokstadveien 31c, 5257 Kokstad

w: sveinboasson.no e: sigurd@sveinboasson.no



9.11.3 Brødrene Dahl fiberduk

Fra: [Johansen, Stian - Brødrene Dahl AS Norway](#)

Sendt: fredag 8. mai 2020 kl. 13.25

Til: [Per Morten Munkeby](#)

Emne: SV: Bachelor

Hei, litt vanskelig å si angående fiberduken.

En klasse 1 duk drenerer godt, men tåler lite.

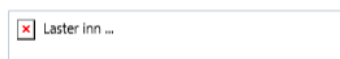
En klasse 2 duk drenerer litt dårligere, men tåler litt mere. Da spørs det litt på steinene og fyllinga oppå. 10kr/m2 er vel ok på duken.

Taksluk og tilhørende deler er jeg ikke noe borti, her kan vel kanskje en rørlegger eller noen andre hjelpe deg.

Vennlig hilsen

Stian Johansen

Salg VMT - Vann og Miljøteknikk



A: Torgardsvegen 7b, 7093 Tiller. PB 5671 Torgarden, 7485 Trondheim.

M: 957 36 823 E: stian.johansen@dahl.no

VMT produkter og kataloger: <https://www.dahl.no/produkter-og-tjenester/vmt-va/kataloger/>

9.11.4 Steen og Lund skjøtsel regnbed



Per Morten Munkeby
lø. 16.05.2020 14:58
Til: Jørgen Sletten



Fra: Henrik Hæhre Ingebrigtsen <henrik.ingebrigtsen@steen-lund.no>
Sendt: Wednesday, May 13, 2020 1:54:33 PM
Til: Per Morten Munkeby <permm@stud.ntnu.no>
Kopi: Lene Stavem <lene.stavem@steen-lund.no>
Emne: SV: Bacheloroppgave

Hei Per Morten,

Jeg har forutsatt at dette er et sammenhengende areal og at det ikke vil kreve vanning.

Dersom det er et nyetablert anlegg vil det kreve en del mer luking før bedet er tettvokst, jeg har forutsatt at det ikke skal være mer enn 10% frøgras og at rotgras fjernes fortløpende. Jeg har også lagt inn omtrent 5% utgang av planter og tilsvarende supplering. Næringstilførsel 2 ganger årlig. Etableringsskjøtsel varer som regel i 3 år, og jeg vil tro dette vil koste omtrent 250.000-300.000,- per år eks. mva.

Dersom det er et etablert regnbed krever det som regel mindre luking, og her har jeg heller ikke lagt inn supplering av utgatte planter. Næringstilførsel 2 ganger årlig. Dette vil komme på omtrent 150.000-200.000,- per år eks. mva.

Håper dette hjelper, lykke til med oppgaven!

Med vennlig hilsen

STEEN & LUND AS

Henrik Hæhre Ingebrigtsen
Prosjektutvikler

Mobil: 92648073 | Sentralbord: +47 32 88 21 00
henrik.ingebrigtsen@steen-lund.no | www.steen-lund.no

9.11.5 Protan blått tak

Fra: Frank Utheim <Frank.Utheim@protan.no>
Sendt: Friday, March 13, 2020 12:58:37 PM
Til: Per Morten Munkeby <permm@stud.ntnu.no>
Emne: SV: Bacheloroppgave.

Hei

Det er litt korona tider om dagen og mye som skal gjøres, så jeg må være litt kort her.

Merkost pr m2 er jo ofte taktekker som kommer med, men den er vel kanskje ca 100 kroner pr m2

Viktigere er å se kostnaden opp i mot alternativene. Magasiner, kassetter, bedd og dammer koster vesentlig mer og vi regner da kostnad pr m3 overvann.

Om du må bygge eks grave rør og ha overvannsmagasin i bakken er dette fort 3-6000 kroner pr m3. Da vil dette koste ca 2-4 mNok avhengig om det er masser som må deponeres, sprenges, etc. I dette tilfellet da vil du ha en estimert merkost på å ta det på taket med 800.000 mot å ta det i grunnen på et sted mellom 2 og 4 mNok. Dette gitt at taket tar 800m3 vann på maks, dvs opp til 10 cam stående. Dette blir da litt gjetting siden jeg ikke kjenner prosjektet.

Vi kan gjøre beregningen for deg om du har VA kravene:

Gjentaksintervall, Klimafaktor, hvilken værstasjon som legges til grunn og eventuelle kommunale påslippskrav.

Vi setter også da inn slukene på tegningene. Ofte kan det neddimensjoneres i størrelse siden de ikke skal fungere som fullstrømssluk. Dette sparer jo også plass inne i bygget.

Løsningen er kun ment for varme kompakte konstruksjoner og det benyttes kun syrefaste sluk som leder varme og således er ikke snø og is problematikk noe man må hensyn ta .

Håper det var noe nyttig.

Vennlig hilsen / Kind regards

Frank Utheim
Direktør Tak Norge
M: +47 97032438



PROTAN AS Baches vei 1, 3413 Lier, Norway T: +47 32221600 [linkedin](#) [facebook](#) [protan](#)

9.11.6 Jørnsen tak inspeksjon



Per-Anders Jørnsen <pa@jttak.no>

sø. 17.05.2020 17:04

Til: Jørgen Sletten



Hei, kostnaden er avhengig av hvordan adkomst er tilrettelagt på taket(-ene)

Er det en flate, med grei adkomst, havner nok kostnaden på ca. 25-30.000,- eks mva

Mvh
Jørnsen Tak AS
Per-Anders Jørnsen
mobil 911 49 407



9.11.7 Brødrene Dahl rørdeler

En enklere hverdag



Pos.nr	B	VAREN	BESKRIVELSE	ANT.	ENH	Kundepris matr.	Beløp Materiell
	<input type="checkbox"/>	2251059	RØR AVL. T 110 PLAST	1,00	M	111,00	111,00
	<input type="checkbox"/>	2251569	BEND 110 MM 45° PP LANG FOR PVC OG PP GRUNNAVLØPSRØR	1,00	STK	725,00	725,00
	<input type="checkbox"/>	2255009	DOBBELMUFFE 110 MM GR.AVL FORPVC/PP-RØR	1,00	STK	84,40	84,40
	<input type="checkbox"/>	2253014	GRENØR 110 X 110 MM FOR PVC OG PP AVLØPSRØR	1,00	STK	156,00	156,00
	<input type="checkbox"/>	2253044	GRENØR 160 X 110 MM FOR PVC OG PP AVLØPSRØR	1,00	STK	288,00	288,00
	<input type="checkbox"/>	2255429	OVERG 160X110 MM EKSENTRISK FOR PVC OG PP GRUNNAVLØPSRØR	1,00	STK	223,00	223,00
			TOTALT EKSKL. MVA. MATERIELL				1 587,00
			MERVERDIAVGIFT 25.0%				396,80
			TOTALT INKL. MVA.				1 984,00

9.12 Utdypende kommentarer til beregning av kostnad alternativ 1

Regnearket i kapittel 5.3.4 viser kostnaden av de forskjellige elementene som inngår i løsningen. Prisene er hentet inn på mail fra forskjellige leverandører. Alle mailene er vedlagt og hver post refererer til det aktuelle tilbudet.

På fundamentet til det permeable dekket har vi regnet prisen på massene som brukes, men ikke på jobben med å legge de ut, avrette og komprimere. Dette fordi denne jobben er den samme for begge alternativene, selv om massene er forskjellige. Massene som brukes knuses lokalt på området da det er et stort masseoverskudd av stein ved utbyggingen av næringsparken. Likevel har vi valgt å bruke prislista fra Isachsens pukkverk i Hoensmarka for å regne ut en kostnad. Dette har vi gjort for å få fram kostnadsforskjellen mellom permeable og tette masser. Hvis ikke massene hadde blitt brukt på tomte ville de blitt solgt, og derfor vil også masseforbruket representere en tapt inntekt for Isachsen. Vi mener derfor at det gir et

riktig bilde å bruke prislista de vanligvis bruker ved salg av knuste masser. Vi har ikke inkludert noen transport av massene.

Arealet på det permeable dekket er 9305 m². Volumet av massene finnes ved å gange arealet med lagtykkelsen. Deretter ganges volumet med 1,6 for å finne vekten i tonn.

Prisen for belegningsstein er for Asak Permac Lock dren 10 cm levert til Røyken og prisen for legging er maskinlegging av dekket, inkludert fuging. Vi har også fått pristilbud fra Lintho steinmiljø på tilsvarende stein inkludert frakt, settelag, legging og fuging. Denne prisen er 250 kr/m², som er nesten nøyaktig den samme som prisene vi har brukt over (252,3 kr/m²).

Kostnaden på vedlikehold har vi hentet fra Lintho steinmiljø, som er Norges største industrilegger av belegningsstein. De anslår at man bør kjøre feiebil med sug og refuge hvert 5-7 år, med en kostnad på 75 000 kr per gang. Asak anbefaler å refuge hvert 3-5 år. Ut ifra dette har vi valgt å regne med å refuge hvert 5. år, noe som gir 4 refuginger i løpet av den dimensjonerende levetiden på 20 år. Vanlige driftsutgifter som feiing og strøing antar vi blir likt for begge alternativene og dette er derfor utelatt fra beregningene.

Prisen for sedumtaket fra Bergknapp inneholder drensmatte, filtlag og sedummatte, alt ferdig levert og montert. Vi fikk også tilbud fra Blomstertak på tilsvarende tak og de ga nøyaktig samme pris (300 kr/m²). Her var det også satt opp tillegg for kran og lossing av materiell som kommer til byggeplass. Vi antar at disse kostnadene også oppstår ved bruk av Bergknapps tak og har tatt med disse. Blomstertak regner med at de legger 600 m² om dagen og dermed 7800 m² på 13 dager eller 104 timer med 8-timers dag. De anslår at kran koster 1500 – 3000 kr i timen. Vi legger oss i den øvre delen av dette sjiktet og bruker 2500 kr i timen da bygget er forholdsvis stort. Vi regner med riggekostnader på krana på 20 000 kr, som tilsvarer en dag. Lossing koster 30 000 kr ifølge Blomstertak.

Rundt hvert sluk er det en slukboks som det igjen ligger singel rundt. Vi anslår at det går ca 0,25 m³ med singel rundt hvert sluk. Bergknapp tilbyr en skjøtselsavtale der de tar hånd om vedlikeholdet av taket. Denne koster 81900 kr i året, som tilsvarer 10,5 kr/m²*år.

Prisen på rørdelene som inngår i rørsystemet for å få vannet ned fra taket er hentet fra Brødrene Dahl. Dette tilbudet inkluderer frakt. Prisene som er gitt er veiledende listepriiser og ikke rabatterte firmapriiser, så den reelle kostnaden vil være noe lavere. Antall meter 160 mm

PVC rør som brukes er avhengig av høyden på bygget. I våre beregninger har vi forutsatt at bygget er 10 meter høyt. Antallet bend og muffe som brukes er satt opp som et anslag basert på hvordan vi ser for oss å føre fram røret. I praksis kan det hende at det trengs enten flere eller færre av disse.

Prisen på infiltrasjonsrørene har vi hentet direkte fra Viacon som er produsent av disse. Mengden singel og fiberduk som brukes er beregnet ut ifra at det ligger singel 30 cm sirkulært rundt røret og duk direkte utenpå der. Dette er en idealisert forutsetning og i praksis vil det være noe avvik her. Den beregnede mengden fiberduk som trengs er 334,3 m². Fiberduk selges på rull og det minste man kan kjøpe som er nok til dette er en rull på 4x110 meter. Stake/spylekummene er priset komplett med alle deler som trengs, inkludert stigerør, teleskoprør for justering av høyde og flyteramme med ristlokk. Prisen på jobben med graving og rørlegging av infiltrasjonsgrøftene er hentet fra en kalkulator hos Isachsen. Prisene er gitt som en meterpris for grøfta og en stykkpris for montering av stake/spylekum.

Drift/vedlikehold av infiltrasjonsrørene ivaretas ved å spyle rørene regelmessig for å unngå avleiringer som reduserer infiltrasjonsevnen. Hvor ofte rørene trenger å spyles avhenger av hvor mye finstoff som vaskes med av vannet. Vi har i utgangspunktet antatt at det bør spyles annet hvert år med en pris på 13 250 kr per gang. Denne prisen inneholder fremmøte á kr 1250, 3 timer med spylebil á kr 1750 og behandlingsavgift for 5 tonn slam á kr 1350.

Hvor stor ekstrakostnad som vil oppstå fordi bæresystemet i bygget må bære den ekstra lasten av det grønne taket har vi ikke klart å finne ut. Dette vil være svært avhengig av hva slags type bygg som bygges. Egenvekten av sedumtaket er ikke veldig stor, med 25 kg/m² i tørr tilstand og 50 kg/m² vannmettet, men dette er en permanent last og må inkluderes ved dimensjonering av takets bæreevne. Selv om det ikke kreves en stor prosentvis økning i bæreevne er det snakk om store arealer, så kostnaden vil sannsynligvis bli stor nok til at den ikke bør neglisjeres. Dette må regnes på i hvert konkrete tilfelle.

Vi har ikke beregnet noen kostnad på utforming av grøntarealene på tomta. Dette vil i utgangspunktet bli likt på begge alternativene, bortsett fra at det oppstår en merkostnad med planter og skjøtsel i regnbedene i alternativ 1.

9.13 Utdypende kommentarer til beregning av kostnad alternativ 2

Regnearket i kapittel 5.4.5 viser kostnaden på elementene i alternativ 2. Prisene er innhentet av forskjellige bedrifter via e-post. De aktuelle e-postene er vedlagt og i regnearket refererer hver enkelt post til det aktuelle vedlegget.

For bærelag og settelag til de 9305 m² med asfalt har vi valgt å regne prisen på massene og ikke på hvor mye det koster å legge disse ut. Dette vil være likt for begge løsninger. Siden det vil bli et masseoverskudd av sprengt stein har vi antatt at det er disse massene som blir knust til riktig størrelse og brukt i prosjektet. Prisene på dette er hentet fra prislista til Isachsen pukkverk i Hoensmarka. Overskuddsmassene ville blitt mest sannsynlig blitt solgt hvis de ikke skulle blitt brukt og dermed representerer en tapt inntekt for Isachsen. Ved å bruke disse prisene mener vi at det gir et riktig bilde av kostnaden. Det er ikke inkludert transport av massene i denne kostnadsberegningen.

For å finne ut hvor mange tonn med masse som trengs har vi ganget arealet med høyde på de forskjellige lagene, og deretter ganget antall kubikk med 1,6 for å få antall tonn.

Prisen for asfalten og legging er gitt av Veidekke. Denne prisen er på ferdig utlagt asfalt med en rigg/flyttekost til Røyken. Denne prisen er reell da Veidekke er en av Norges største entreprenører på asfaltarbeid og har således god kunnskap om prising av asfaltjobber.

Drift og vedlikeholdsutgifter på asfaltdekket er utelatt da dette vil være likt som i alternativ 1.

Prisanslaget vi har fått fra Protan er erfaringsbasert. Denne prisen vil være noe variabel ut ifra hvordan bygget vil se ut. Vi har blant annet ikke tatt hensyn til tekniske installasjoner på taket. Ved bruk av tak med fordrøyning vil det være nødvendig å ta dette med i prosjekteringen av bygget. Vi burde med fordel ha fått pris fra andre leverandører av denne typen tak slik at vi har hatt et sammenligningsgrunnlag. Det har vi derimot ikke lyktes i å skaffe. Prisen på takforvaltningen er hentet fra Jørnsen tak AS, da kommunikasjonen med Protan opphørte.

Prisene på rør og rørdeler som skal føre vannet ned fra taket er hentet fra Brødrene Dahl slik som i alternativ 1. Prisene er veiledende priser og inkluderer frakt. Disse prisene er betydelig

høyere enn det man vill fått som firma. På antall meter og komponenter har vi sett for oss en løsning for å lede vannet og beregnet hvor mye vi trenger av hver enkelt komponent. Dette kan fravike noe fra realiteten. Men forutsetningene er like for begge løsninger og får fram en prisforskjell.

Prisen på infiltrasjonsrørene fra Viacon, og drift og vedlikehold av disse er beregnet slik som i Alternativ 1.

Når det gjelder prisen på regnbedet har vi ikke inkludert det ekstra gravearbeidet som tilkommer ved utforming av bedet. Det er tatt utgangspunkt at det eksisterende tynne dekket på tomta vil kunne brukes som filtermediet i regnbedet, og derfor ikke tatt med pris på dette. Dette er masser som man ville måttet ha betalt for å deponere om de ikke hadde blitt brukt på tomta, og dermed vil bruken av disse massene ha en positiv innvirkning på opparbeidelsen av tomta.

Fiberduken som brukes i bedet har Brødrene Dahl levert pris på. Og denne prisen samsvarer med andre priser vi har funnet på nett.

Pris på planting og planter er levert av Svein Boassen AS. En anleggsgartnerbedrift med god erfaring på regnbed. Denne prisen er generell da vi ikke har spesifisert hvilke planter som skal brukes i bedet, kun at de skal være naturlike.

Pris på skjøtselsavtale av regnbedet er levert av Steen og Lund og de har gjort noen forutsetninger. For etableringsfasen på tre år har de forutsatt at det ikke skal være mer enn 10% frøgras og at rotgras fjernes fortløpende. De har forutsatt 5% utgang av planter og tilsvarende supplering. Etter etableringsfasen har de forutsatt at det kreves mindre lusing, og heller ikke supplering av utgåtte planter. Det er inkludert næringstilførsel to ganger årlig i hele perioden på 20 år og at bedet ikke trenger vanning.