

Magnus Mørtvedt Rugelbak
Øystein Østerås

Omprosjektering fra tradisjonelle tak til blågrønne tak

Re-engineering from traditional to blue-green roofs

Mai 2020

NTNU

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet.
Fakultet for ingeniørvitenskap
Institutt for bygg - og miljøteknikk

Rapporten er ÅPEN

Oppgavens problemdefinering/prosjektbeskrivelse

Prosjektet vil omhandle temaet blågrønne tak, der gruppen vil gå videre med Norgeshus sitt ønske om å prosjektere inn blågrønne tak på ett av deres eksisterende kataloghus. Gruppen vil i prosjektet se nærmere på denne omprosjekteringen og vil i hovedsak vektlegge konstruksjonsløsninger og fordrøyningseffekt. I forbindelse med omprosjekteringen vil det også være viktig å ta stilling til kostnader, tidsbruk, leverandører og offentlige krav.

Resultatmål

Det vil være et mål å produsere et prosjekt som Norgeshus vil kunne benytte ut til sine kunder og leverandører.

Stikkord fra prosjektet

- Blågrønne takløsninger
- Fordrøyning- og avrenningseffekt
- Bygningstekniske forhold
- Omprosjektering
- Kommunale krav

Forord

Bacheloroppgaven er skrevet av to byggingeniørstudenter, Øystein Østerås og Magnus Mørtvedt Rugelbak fra NTNU, ved institutt for bygg og miljø. Øystein går retningen husbyggingsteknikk 2, mens Magnus går teknisk planlegging. Det at de to i gruppen går forskjellige retninger krevde at de fant en passende, tverrfaglig oppgave der begge fikk utnyttet sin kunnskap om hvert sitt fagfelt. Oppgaven har blitt skrevet under vårsemesteret 2020.

Under søking etter oppgave hos eksterne bedrifter kom gruppen i kontakt med Norgeshus, som kunne tilby en oppgave omhandlende blågrønne tak. Med en oppgave som omhandlet blågrønne tak følte gruppen at de begge fikk utnyttet sitt fagfelt, og begge syntes dette virket svært interessant. Etter et møte med Norgeshus ble samarbeidet fastslått og problemstillingen utformet, der gruppen skulle omprosjekttere ett av Norgeshus sine modellhus fra tradisjonelt tak til blågrønt tak, og se på effekten og konsekvensene av dette.

Under skriving av oppgavene har gruppen hovedsakelig jobbet hjemmefra, da koronasituasjonen krevde dette. Dette har likevel hatt liten innvirkning på gruppen, da vi har fått jobbet effektivt hjemmefra og brukt Skype/Microsoft Teams til ulike møter med eksterne.

Gruppen vil takke Norgeshus som stilte med oppgave, og god faglig hjelp. Vi vil gi en spesiell takk til våre eksterne veiledere, Jan Tore Tangstad og Snorre Bjørkum som har gitt oss god oppfølging og hjelp med alt vi har lurt på.

Vi vil også rette en stor takk til vår interne veileder Rolf Edvard Petersen som har vært tilgjengelig under hele bachelorperioden og gitt oss god hjelp.

Summary

Climate changes create more extreme weather, and with that weather comes more intense rainfall. Regulations regarding the allowed discharge of rainfall on to public drainage systems set to handle stormwater in the municipalities have been getting stricter over the last years and will probably continue to do so. To combat these changes blue-green stormwater solutions have become increasingly more common. One of these solutions is blue-green roofs. This bachelor thesis addresses the reconstruction on Norgeshus's catalog house Dråpen Moderne from a traditional roof to a blue-green roof. Traditionally blue-green roofs are often used on larger buildings like schools and offices, and not on residential. This bachelor thesis will look at different aspects of blue-green roofs and whether it is viable to have blue-green roofs on residential or not. Challenges concerning fire hazards are lightly touched upon but would need a more comprehensive review, which is not a part of this thesis. The thesis does not discuss problems regarding the additional weight that comes with blue-green roofs.

The thesis will first look at the theory behind blue-green roofs, including the principles of construction, how blue-green roofs are layered, and the function of each layer. The theory on how the amount of stormwater runoff is calculated is also something that is included, and specifically how the runoff is regarding blue-green roofs. The theory part of the thesis also includes an overview of the regulations and demands concerning stormwater runoff in some of Norway's biggest municipalities.

The thesis will then include a recommended solution for Dråpen Moderne, on how the roof should be constructed. The contribution regarding runoff specifically for Dråpen Moderne is discussed. It is also looked at the difference in the runoff from a housing estate, where all the roofs are changed to blue-green roofs and the effect of this. Another aspect looked at is the economy and time spent during the construction of blue-green roofs compared to traditional roofs.

It is clear that blue-green roofs do have an effect in reducing the runoff from roofs. With the blue-green solution made to Dråpen Moderne, you can use 0,5 as a runoff-coefficient, instead of 0,9, which is recommended for traditional roofs. The effect of this is clear and an example where all the roofs in a housing estate were changed to blue-green roofs, the

runoff from the entire area was reduced by 15,6%. Blue-green roofs are often not enough alone, but it does have a substantial contribution.

In choosing a blue-green roof over a traditional roof there will be added costs to it. The material used in a blue-green roof costs more, as well as the cost of labor for the added time it takes. In total, the added cost to the specific house in this thesis for going with a blue-green roof is 1,8 %.

As a conclusion it shows that blue-green roofs on residential could have a clear impact on reducing stormwater runoff. But the added cost of having a blue-green roof might not make it worth it everywhere. In cities where there are a lot of buildings and roads close to each other, blue-green roofs do have a justified place to be. But in more rural environments where stormwater runoff is not a big problem, the effect of the blue-green roof would become less important and it would not be a viable solution considering the added cost, unless you value the esthetics of it.

Innholdsfortegnelse

Forord.....	i
Summary	iii
Innholdsfortegnelse	v
1 Innledning.....	1
2 Teori.....	2
2.1 Blågrønne takløsninger.....	2
2.1.1 Typer blågrønne tak	2
2.1.2 Oppbygning av blågrønne tak	4
2.1.3 Anlegging, skjøtsel, drift og vedlikehold	9
2.2 Fordrøyning og avrenning	12
2.2.1 Metoder for beregning.....	12
2.2.2 Avrenning på blågrønne tak.....	14
2.3 Bygningstekniske forhold	20
2.3.1 Takkonstruksjoner, kompakte tak.....	20
2.3.2 Materialer.....	23
2.3.3 Avblåsning	25
2.3.4 Avrenning og avløp.....	26
2.3.5 Tiltak mot brannspredning.....	29
2.4 Kommunale krav.....	31
2.4.1 Påslippskrav Trondheim	31
2.4.2 Påslippskrav Oslo.....	33
2.4.3 Påslippskrav Bergen	35
2.4.4 Påslippskrav Stavanger	36

2.4.5	Påslippskrav Tromsø.....	38
2.4.6	Konklusjon/sammenligning.....	40
3	Resultat.....	41
3.1	Løsning for Dråpen Moderne	41
3.1.1	Oppbygging blågrønn løsning.....	41
3.1.2	Oppbygging av takkonstruksjon.....	42
3.1.3	Avrenning, avløp og parapet.....	48
3.2	Prosjektering, utførelse og vedlikehold.....	51
3.2.1	Prosjektering	51
3.2.2	Utførelse.....	51
3.2.3	Vedlikehold.....	52
3.3	Avrenning.....	52
3.4	Økonomi og tidsforbruk	53
4	Konklusjon.....	55
5	Referanser og kilder	57
5.1	Tabelliste.....	57
5.2	Figurliste	58
5.3	Kilder.....	60
6	Vedlegg.....	62

1 Innledning

Byer vokser i dag stadig, og urbaniseringen i Norge er et faktum. Klimaendringer skaper også mer ekstremvær her i landet, og man opplever flere flommer og mer intens nedbør.

Urbaniseringen medfører økt anleggelse av flere tette flater som gir større påkjenning på overvannsnettene og skaper problemer med oversvømmelse i byene. Blågrønne tiltak i byer er blitt mer og mer populært, og vil bli en viktig del av ny utbygging fremover. Blågrønne tak er ett av disse tiltakene som hjelper til med å fordrøye vann. Tradisjonelt sett er blågrønne tak mest aktuelle på store flate tak som skoler, kontorbygg og andre større bygg. Men i byer der det bygges tett, blir det mer og mer aktuelt å legge blågrønne tak på boliger med mindre takareal.

I denne oppgaven ønsker vi å se på omprosjekteringen fra tradisjonelle tak til blågrønne tak. Målet er å komme med en løsning til et blågrønt tak på Norgeshus sitt modellhus, Dråpen Moderne. Oppgaven tar for seg teorien rundt blågrønne tak, både når det gjelder avrenningen og den fordrøyende effekten av taket, konstruksjonsprinsippene og oppbyggingen av blågrønne tak. I resultatdelen av oppgaven vil konkrete forslag til oppbygging av taket presenteres, og det vil bli sett på forskjellen i økonomi og tidsforbruk sammenlignet med tradisjonelt tak. Avrenningen og effekten av løsningen vil også beregnes og presenteres sammenlignet med et tradisjonelt tak.

Oppgavens hovedfokus og problemstilling tar for seg oppbyggingen og effekten av taket, og omfatter derfor ikke alle aspekter ved blågrønne tak. Det vil kreves en mer omfattende prosjektering ved etablering av et blågrønt tak enn hva denne oppgaven tar for seg.

Brannaspekter må prosjekteres mer grundig, da punktene som blir sett på rundt brannprosjektering i oppgaven er for å kunne tegne detaljer av taket. Legging av blågrønt tak fører til økt vekt og belastning på konstruksjonen. Dimensjonering av bæresystemet er også noe som må gjennomføres, men dette inngår ikke i denne oppgaven.

2 Teori

2.1 Blågrønne takløsninger

Med et klima i endring, som gir økt risiko for ekstremnedbør, er blågrønne takløsninger et viktig hjelpemiddel for overvannshåndtering. Fordrøyningen på blågrønne tak hjelper med å redusere avrenningen og den høyeste intensiteten på overvannsnett. Effekten avhenger av det grønne takets oppbygning, nedbørintensiteten og vanninnholdet i taket før nedbøren. Blågrønne tak har også andre positive effekter som for eksempel CO₂- og støvbinding og takene gir gode rekreasjonsarealer og har en pen estetisk verdi. (1)

I delkapittel 2.1 vil det bli omtalt hvilke blågrønne løsninger man har, oppbyggingen av ekstensive tak/sedumtak og til slutt om skjøtsel, drift og vedlikehold.

2.1.1 Typer blågrønne tak

Blågrønne tak deles inn i tre hovedkategorier, ekstensive blågrønne tak/sedumtak, semi-intensive blågrønne tak og intensive blågrønne tak. I det etterfølgende er det valgt å omtale de tre taktypers egenskaper, fordeler og ulemper. Ekstensive blågrønne tak/sedumtak er den typen som blir omtalt grundigst siden denne typen tak egner seg best for det bolighuset oppgaven tar for seg i resultatdelen.

Ekstensive blågrønne tak/sedumtak

Ekstensive blågrønne tak kan deles i underkategorier, rene sedumtak og tak med blanding av sedum, urter og gress. Ekstensive blågrønne tak beskrives som lette og lavtbyggende tak, takene har fordrøyningseffekt, men ikke i noe stor grad. Behovet for å vedlikeholde denne typen tak er av liten grad, men de er tilstedte og blir omtalt under punkt 2.1.3 *Utlekking, skjøtsel, drift og vedlikehold*. Takene tåler begrenset gangtrafikk for vedlikehold og skjøtsel, ved mer trafikk må det anlegges gangstier. (2)

Typiske egenskaper ved rene sedumtak (1):

- Lav byggehøyde, ca. 30 – 90 mm, plantehøyden kommer i tillegg.
- Lav vekt, totalt ca. 35 – 50 kg/m² i tørr tilstand og ca. 50 – 90 kg/m² i vannmettet tilstand.
- Relativt lave investeringskostnader

- Lav artsrikdom
- Lavt vedlikeholdsomfang og -kostnader

Typiske egenskaper med tak med blanding av sedum, urter og gress (1):

- Har større byggehøyde enn rene sedumtak
- Vekt på 150 kg/m² i vannmettet tilstand

Semi-intensive blågrønne tak

Semi-intensive blågrønne tak er tyngre og har en tykkere oppbygningen enn ekstensive tak. Dette er på grunn av at det kreves et tykkere vekstmedium for at planter og busker som benyttes på denne taktypen skal kunne leve. Fordrøynings effekten er bedre på disse takene enn hos ekstensive tak, men det kreves mer skjøtsel og vedlikehold for at plantene skal opprettholde sin funksjon. Semi-intensive tak er oftest flate tak og kan utformes slik at de er beregnet for opphold av mennesker. (2)

Typiske egenskaper med semi-intensive tak (1):

- Bygger mer i høyden enn ekstensive tak. Byggehøyden over takbelegg er ca. 120 – 250 mm.
- Vekt varierer i området 120 – 200 kg/m² i vannmettet tilstand.
- Har et plantedekke som hovedsakelig består av stauder, gress, urter og små busker.

Intensive blågrønne tak

Intensive tak har det tykkeste og tyngste vekstmedium av de tre typene blågrønne tak. Tykkelsen kommer av at det plantes større planter, busker og trær på intensive blågrønne tak. Tykkelsen gir også den beste fordrøynings effekten av de tre takløsningene, men den gir samtidig utfordringer i form av vekten et mettet intensivt blågrønt tak gir. Vedlikeholdsbehovet for at vekstene på et slikt tak skal fungere er stort. (2)

Typiske egenskaper med intensive tak (1):

- Vekstlagstykkelse er ca. 150 – 400 mm.
- Vekt varierer i området 200 – 1000 kg/m² i vannmettet tilstand eller enda en god del tyngre ved vekstlagstykkelse over 400 mm.
- Plantedekket består av en varierende vekstlagstykkelse som er tilpasset planter, busker og trær.

- Tåler opphold og ferdsel av menneske.

2.1.2 Oppbygning av blågrønne tak

Et sunt plantesamfunn står i fokus ved prosjektering og valg av lagoppbyggingen på et blågrønt tak. Ut fra forholdene nedbør, takvinkel, snø, vind, lys, temperatur og brannvern vil det være behov for varierende oppbygging av blågrønne tak. Det vil under delkapittel 2.1.2 bli sett på hvilke sjikt et blågrønt tak består av, og hvilken hensikt disse sjiktene har. Det blir også sett på konkret oppbygging av flatt og svakt skrånende, kompakte sedumtak.

Oppbygging av skrått, luftet sedumtak vil også bli omtalt i følgende tekst.

Sjiktoppbygning

Sjiktoppbyggingen kan variere ut ifra ulike forhold og faktorer på byggestedet, men oppbyggingen av det blågrønne taket skal ivareta plantenes behov for vanntilgang, næringstilgang og oksygentilgang. Oppbyggingen skal også ha et sjikt som sikrer god drenering av vann, slik at oversvømmelse og drukning av planter ikke forekommer. Et godt forankret vekstmedium og stabile vokseforhold over tid kreves for å ivareta plantenes behov, som er avgjørende for å sikre et velfungerende blågrønt tak. (3)

I tabellen på neste side vises hvordan sjiktoppbyggingen over taktekningen på et blågrønt tak er, og hvilke materialer som kan benyttes. Enkelte sjikt må vurderes ut fra klima og bruksområde på byggestedet, men andre sjikt må alltid brukes.

Sjikt	Eksempler på materialer	Tykkelse (mm)	Anvendelse
Plantedekke	Ulike sedumarter.	50 – 300	Obligatorisk
Vekstmedium	Masser fra lava, teglstein, fiberduk, e.l. og ≤ 20 % av organisk materiale.	30 – 50	Obligatorisk
Seperasjonslag	Duk av syntetisk materiale		Benyttes ved behov
Drenerende sjikt	Dreneringselementer, knasteplate med pålimt fiberduk. Andre typer drenerende sjikt.	10 – 15 5 – 40	Obligatorisk på flate tak
Fuktbevarende (vannlagrende)	Tykk filt, knasteplate eller annen type vannlagrende sjikt.	5 – 30	Benyttes ved behov
Beskyttende sjikt	Plastsjikt på rull eller plate, eventuelt en litt tykk filt og/eller isolasjonsmateriale.	0,4 – 50	Benyttes ved behov
Rotsperre	Rullprodukt av plast eller gummi.	0,4 – 1,0	Obligatorisk
Vanntettende sjikt	Takbelegg av asfalt, plast eller gummi.	1,5 – 7,5	

Tabell 2.1.2.a. Sjiktoppbygning. (1) (3)

Plantedekke

Hovedoppgaven til plantedekket er å ta opp og lagre vann. For at plantedekket skal ha tilstrekkelig opptak og vannlagrende effekt må det tilrettelegges for at taket får nødvendig tilgang på vann, oksygen og egnet næring. Siden lokalmiljøet og vekstforhold på et tak ofte er utsatt for uttørking og vind, er det viktig å etablere sedumarter som tåler forholdene på stedet. Tørkeperioder kan ofte gå over i perioder med stor nedbørintensitet som vil gi taket mye fuktighet. Et tak er med andre ord utsatt for et bredt spekter av påkjenninger fra været,

det må derfor etableres arter med bred artssammensetning som gir den robusthet sedumtaket krever for å fungere. (1)

Vekstmedium

Sedum, som tilhører bergknappfamilien og har sin naturlige vokseplass direkte på berggrunn, egner seg godt på tak grunnet sin slankhet og robusthet. Vekstmediumet må ha rotutvikling- og plantevekstsevnen, og en unik evne til å lagre vann, oksygen og næring for å sikre et velfungerende plantedekke. For å oppfylle disse kravene må vekstlaget inneholde materialer som har mange porer som lagrer og gir tilgang på vann og oksygen. Disse egenskapene finner man i naturlig sand, stein eller lavastein, eller knust teglstein, pimpstein, skifer, lettklinker eller knust skumglass. Disse materialene egner seg godt til vekstmedium. (1)

Separasjonslag

Det har som oppgave å separere vekstmediumet og dreneringslaget. I den hensikt å hindre at skitt og smuss fra vekstmediumet fyller opp dreneringssystemet slik at det mister sine drenerende egenskaper. (3)

Drenerende og fuktbevarende sjikt

Drenerende og fuktbevarende sjikt er vanlig å vurdere samlet slik at et sjikt dekker flere behov, sjiktene må vurderes ut fra klimaet på byggestedet og fallforholdene på taket. Drenerende sjikt skal alltid benyttes på flate tak og etableres for å effektivt drenere og lede bort overskuddsvann, og kan med det unngå plantedød grunnet at planterøtter i laget over blir stående i vann. Fuktbevarende (eller vannlagrende) sjikt holder tilbake vann og kan være et vannreservoar for plantedekket, tilbakeholding av vannet vil begrense avrenningsintensiteten på overvannsnettet. Siden sedumtak kan monteres på tak med ganske stor helning, varierer det om man skal benytte sjiktene. For takvinkel på 0 – 5° benyttes drenerende sjikt, men for takvinkel på 5 – 30° må det benyttes et dreneringssjikt som hindrer at vannet dreneres bort og tørke ut plantene. (4). Som regel har man behov for både en viss vannlagrende evne og en viss dreneringsevne, samt beskyttelse av takbelegget. Det er vanlig å vurdere disse behovene samlet, slik at valgt sjiktoppbygging med et eller flere sjikt dekker alle tre behovene. (1)

Beskyttende sjikt

På sedumtak er takbelegget bygd inn som gjør det vanskelig med tilsyn, vedlikehold og reparasjoner. Det er derfor viktig å etablere et beskyttende sjikt for å forhindre mekaniske skader på takbelegget. Beskyttende sjikt legges etter at takbelegget er lagt og det er utført tetthetskontroll. Sjektet kan vurderes sammen med drenerende og fuktbevarende sjikt, slik at et sjikt kan dekke flere behov. (1)

Rotsperre

Rotsperre er et obligatorisk sjikt som forhindrer at planterøtter trenger ned til og inn i taktekningen eller helt inn i konstruksjonen. Der man benytter taktekning med dokumentert rotmotstand, kan separat rotsperre sløyfes. (3)

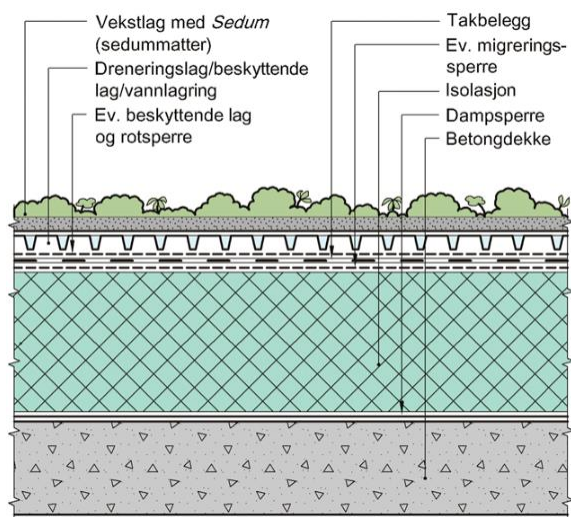
Vanntettende sjikt

Takbelegget som etableres skal sikre at taket er vanntett, takbelegg blir videre omtalt under punkt 2.3.2 *Materialer*. (1)

Oppbygging av flatt og svakt skrående, kompakt sedumtak

Sedumtak kan bygges både som flate tak og skrående tak, der oppbygningen med forskjellige sjikt vil kunne variere med takfall og klima. Det blir videre omtalt tre ulike takformer og hvilke sjikt man benytter ved disse taktypene.

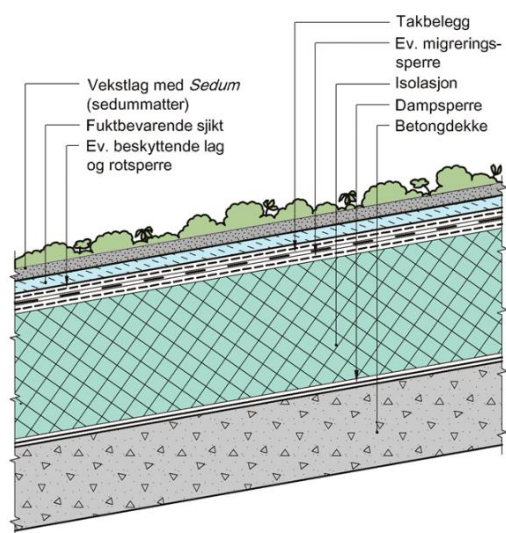
Flate sedumtak utføres oftest som kompakte tak, men kan også utføres på luftede flate tak. På figur 2.1.2.a. vises en generell oppbygging av et sedumtak på et flatt tak med innvendig nedløp. Plantedekke, vekstmedium, dreneringssjikt og rotsperre er obligatoriske lag på et flatt sedumtak. Ofte dannes et felles sjikt som dekker drenering, vannlagring og beskytning for taktekningen.



Figur 2.1.2.a. Oppbygning av flatt, kompakt sedumtak. (1)

Skrå, kompakte sedumtak utføres i likhet med flate kompakte tak med innvendig nedløp.

Figur 2.1.2.b viser oppbygningen av et kompakt sedumtak med takvinkel mellom 6° og 15°. Plantedekke, vekstmedium, dreneringssjikt og rotsperre er også obligatoriske lag på denne taktypen. Et sjikt som dekker drenering, vannlagring og beskyttning for taktekingen er mer vanlig for denne taktypen enn flate tak. (1)

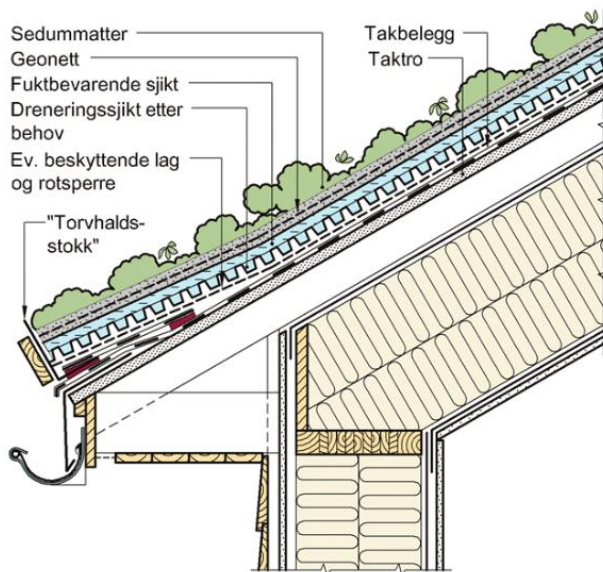


Figur 2.1.2.b. Oppbygning av svakt skrående, kompakt sedumtak. (1)

Skrå, luftende sedumtak

Luftede tak kan utføres på mange ulike måter og med ulike former, men et eksempel kan være tradisjonelt saltak med utvendig nedløp. I henhold til NS 3840:2015 *Grønne takbe*, er det også på denne takformen obligatorisk med plantedekke, vekstmedium, dreneringssjikt

og rotsperre. (3) Behovet for dreneringssjikt vil ved denne takformen være annerledes enn ved flatt tak og må derfor vurderes med tanke på takvinkel og nedbørsforhold på stedet. Også her kan man benytte et sjikt som dekker drenering, vannlagring og beskytning. Slike vurderinger må gjøres individuelt for hvert unike prosjekt. I motsetning til flate sedumtak anbefales det sterkt å montere et geonett på tak med takvinkel større enn 15° for å forhindre sig. (1)



Figur 2.1.2.c. Oppbygging av skrått, luftet sedumtak. (1)

2.1.3 Anlegging, skjøtsel, drift og vedlikehold

Sedumtak trenger hvert år skjøtsel og vedlikehold for å opprettholde funksjonene og egenskapene sedumtaket skal ha. Det er viktig at tiltakshaver, prosjekterende og brukere av sedumtaket skaffer seg oversikt over hva som forventes av skjøtsel og vedlikehold. Det er viktig å følge ekstra god opp i etableringsfasen slik at rotsystemet får en tilstrekkelig størrelse som gir et effektivt opptak av vann og næring. Det å få en stabil vekst som er normalt for arten og utvikle et bladverk som dekker vekstmediet, er viktige forhold å følge opp i etableringsfasen for å sikre sedumtakets behov. (3) Ved all anlegging, skjøtsel, drift og vedlikehold av sedumtak er det viktig å ha god kjennskap til oppbyggingen av taket og benytte egnet verktøy slik at man ikke skader underliggende sjikt som er essensielle for takets funksjon.

Anlegging

Det er veldig viktig at taket er rent og ryddet for materialer som kan skade eller ødelegge sedummattene. Før legging av sedummatter er en naturlig del av prosessen mellomlagring. Et viktig punkt er å ikke lagre sedummatter stablet på pall for lenge, dette vil drepe planteveksten, de bør heller spres og legges ut. Anleggingen kan skje ved utlegging av prefabrikkerte vegetasjonsmatter og ved å så direkte på utlagt vekstmedium på bygge- og anleggsplassen. Det er viktig at all utlegging og montering skjer i henhold til leverandørens anvisning. Tidspunkt for anleggelse varierer, men det anbefales å legge det litt tidlig på året, slik at rotsystemet har tid til å utvikle og feste seg før høsten og vinteren kommer. (1)

Velger man å legge ut prefabrikkerte vegetasjonsmatter får man tilkjørt disse på pall eller rull som løftes opp på taket. Videre legges disse mattene ut på taket manuelt, hvor det er viktig at matten får god kontakt med underlaget og at skjøter oversås med vekstmedium. Dette er den vanligste måten å legge ut vegetasjonsmatter på. (3)

Velger man å så plantedekket direkte på utlagt vekstmedium er det viktig at vekstmediumets sammensetning og tykkelse er tilpasset plantematerialet som skal etableres. Ved denne type anleggelse er det viktig å vanne godt i etableringsfasen så plantedeler spirer og røttene får etablert seg i vekstmediumet. (1)

Skjøtsel av planter

Skjøtsel defineres som pleie av levende organismer og er en veldig viktig jobb som normalt skal gjennomføres to ganger i året for å opprettholde takets formål. Tidspunkt for skjøtsel kan variere, men vanligvis er vår og sensommer eller tidlig høst perioder som passer for skjøtsel og vedlikehold av sedumtak.

Fjerning av planter er en viktig del ved skjøtsel av et sedumtak. For å forhindre soppangrep og at ugress setter seg er det viktig å fjerne døde og visne planter samt å fjerne eventuelt tilblåst løv, søppel og annet uønsket på taket. I etableringsfasen er det viktig å erstatte dødeplanter som fjernes med nye, dette bør gjøres til plantedekket og røtter har etablert seg. (1)

Næringstilførsel. Hvis det er behov for næringstilførsel er det viktig å velge produkter som er ment for vekstmediets sammensetning og tykkelse. Det er også viktig å bruke

langtidsvirkende gjødseltyper, slik at gjødsel eller annet næringsmiddel ikke gir unødig forurensing ved avrenning.

Luking. Luk ugress èn gang i året for å hindre at ugress tar over plantedekket, gjør man dette unngår man ugress-spredning og påfallende arbeidskrevende ugressluking. Luk gjerne skyggefulle tak flere ganger i året. Bruk av sprøytemidler som plantegift bør unngås, dette kan skade plantene som skal vokse der og det vil forurense miljøet. (1)

Vanning. Vanning av sedumtaket bør vurderes ut fra det lokale klimaet og om det har vært en tørr sommer eller ikke. I etableringsfasen er det spesielt viktig å gjennomvanne sedumtaket, men det bør også gjøres ved lengre tørre og solrike perioder. (1)

Drift og vedlikehold

Skjøtselen av et sedumtak er veldig viktig for at det skal opprettholde funksjonen og formålet med den blågrønne løsningen. Det er allikevel andre viktige vedlikeholdsoppgaver som må gjøres på taket. Det er veldig viktig med et velfungerende dreneringssystem, og at kontroll av sluk og nødoverløp gjøres èn til to ganger i året for å sikre at funksjonen opprettholdes. Ønsker man å fjerne snø på grunn av belastning på takkonstruksjonen må man benytte utstyr og redskaper som ikke skader plantedekket eller takbelegget, og det skal ligge igjen minst 100 mm snø. (3)

2.2 Fordrøyning og avrenning

Det finnes flere metoder for å beregne overvann. I dette kapittelet skal det sees på de mest brukte metodene. Avrenning spesifikt på blågrønne tak blir også tatt for seg.

2.2.1 Metoder for beregning

Den rasjonelle metode

Den rasjonelle metode er en forenklet metode for å beregne dimensjonerende overvannsmengde på. Metoden er mye brukt i små urbane strøk der avrenningen er direkte knyttet til nedbøren. Den egner seg best til overslagsberegninger og til områder som er mindre enn 50 ha (hektar). For områder større enn dette bør elektronisk databehandling-baserte (EDB) modeller som SWMM eller Mike Urban (MOUSE) brukes. (5)

Formelen på den rasjonelle metode er (5):

$$Q = \varphi \cdot A \cdot I \cdot k_f$$

Q – Dimensjonerende vannføring

φ – Avrenningskoeffisient

A – Areal

I – Nedbørintensitet

k_f – Klimafaktor

Avrenningskoeffisienten forteller om forholdet mellom avrenningen fra et område og nedbøren i det samme området. Avrenningskoeffisienten avhenger av mye, som overflatens permeabilitet, fallforhold, nedbørintensitet og nedbørvarighet. Det er også vanlig at et felt består av mange ulike avrenningskoeffisienter. Da beregnes midlere avrenningskoeffisient med formelen:

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

For å finne nedbørintensiteten bruker man IVF-kurver (intensitet-varighet-frekvens) som forteller om vannføring per hektar i forhold til regnvarigheten. I den rasjonelle metode settes regnvarigheten lik konsentrasjonstiden på feltet. Konsentrasjonstiden på feltet består av tiden regnet ytterst på feltet bruker til utløpet av feltet, altså tiden på overflaten til sluket (t_t) og tiden i rørsystemet (t_s). (5)

Konsentrasjonstiden blir da (5):

$$t_k = t_t + t_s$$

Der:

$$t_s = \frac{L}{v}$$

L – Lengden av rørsystemet

v – Vannets hastighet i rørene. Må antas.

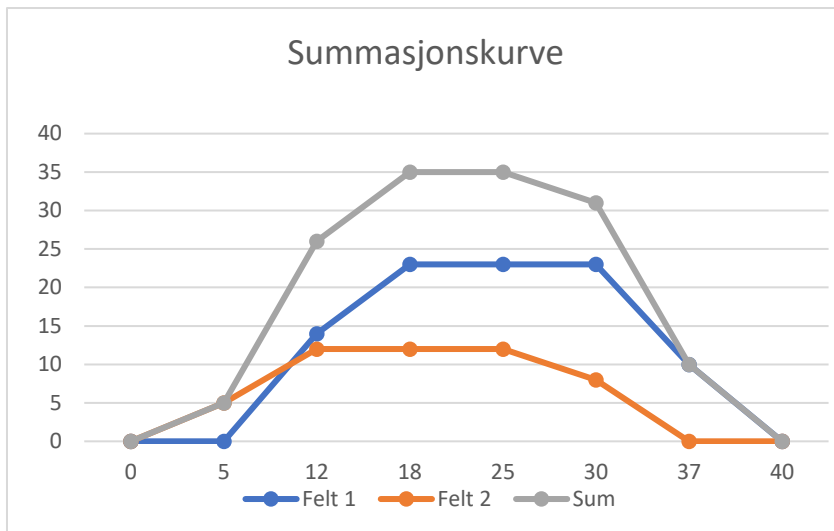
Strømningstiden i rørsystemet bestemmes ved å anta en hastighet på vannet. Anbefalt verdi for hastigheten er 1,5 – 2 m/s. Ved beregnet vannføring og dimensjon kan den virkelige hastigheten sjekkes, og er avviket stort gjentas beregningene med den nye hastigheten. (5)

Oppsummert kan den rasjonelle metoden beskrives slik: (5)

1. Anslå verdi for tilrenningstiden på overflaten fram til sluket t_t (3-15 minutter).
2. Anslå verdi for vannhastigheten v i ledningen.
3. Beregn strømningstiden i ledningene $t_s = L/v$
4. Beregn konsentrasjonstiden t_k og sett denne til regnvarigheten.
5. Velg gjennetakelsesperiode Z for eksempel 10 år.
6. Gå inn i IVF-kurven med regnvarighet t_k og Z og les av regnintensitet I .
7. Beregn vannmengde $Q = \varphi \cdot A \cdot I \cdot k_f$
8. Finn ledningsdiameter ved hjelp av en formel, som for eksempel Darcy-Weisbachs formel. Finn vannhastigheten i ledningene og sammenlign den med antagelsen i punkt 2.
9. Hvis det er for stort gap mellom antatt og beregnet hastighet, gjenta beregningene fra punkt 2.

Summasjonskurvemetoden

I motsetning til den rasjonelle metoden får summasjonskurvemetoden frem betydningen av ulike delfelts innvirkning på den samlede avrenning. Feltet deles altså inn i delfelt med egen konsentrasjonstid. I summasjonskurvemetoden er det viktig å holde styr på når hvert enkelt delfelt starter med sitt bidrag, når bidraget er på sitt meste, endringer i bidrag og når det er helt avsluttet. (5)



Figur 2.2.1.a. Summasjonskurve

For å finne dimensjonerende vannføring kan redusert areal beregnes og settes inn i en tabell. Grafisk fremstilles dette som vist på figuren over.

Verdiene av de ulike feltene summeres sammen og man finner maksimalt aktivt areal som brukes for å beregne maksimal vannføring. Det reduserte arealet multipliseres med I-verdien tatt fra IVF-kurven for det aktuelle området for å finne vannføringen. (5)

$$Q = A_{red} \cdot I$$

Databaserte løsninger

For områder større enn 50 ha der avrenning skal beregnes, anbefales det å ta i bruk databaserte løsninger, som SWMM eller Mike Urban (MOUSE). Informasjon som nedbørsintensitet, nedbørsmengde, infiltrasjon, høyder og annet settes inn i programmet. Programmet simulerer så de ulike senarioene og kan komme med resultater på avrenning og vannføring. (6)

2.2.2 Avrenning på blågrønne tak

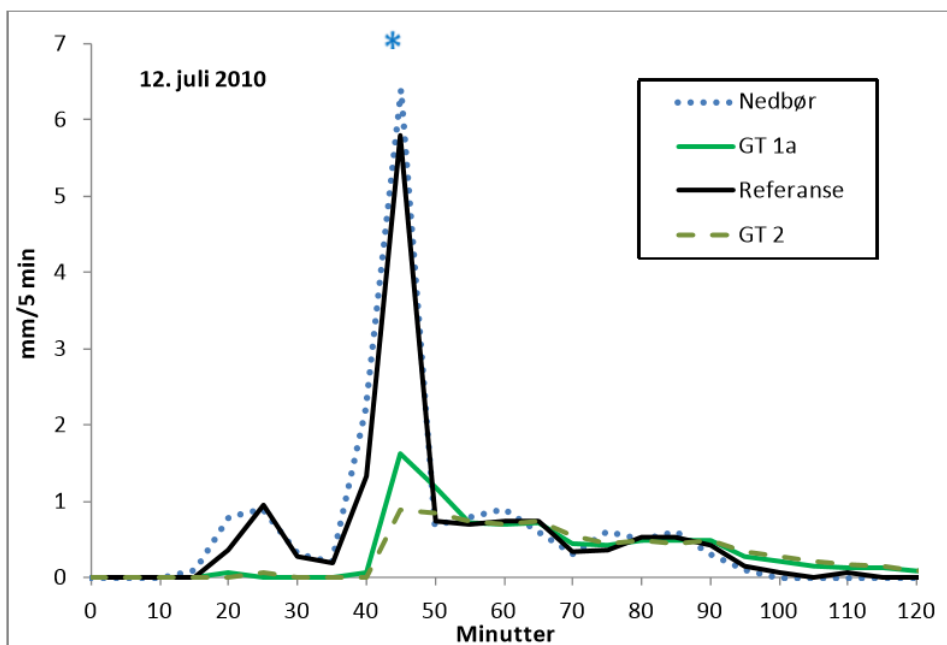
Blågrønne tak blir anrettet for å fordrøye nedbør og dempe avrenningen fra taket som et overvannstiltak. Vannet blir tatt opp av vegetasjonen på taket før det blir infiltrert og lagret i vekstmediet til taket. Vannet fordampes så gjennom evapotranspirasjon. Evapotranspirasjon er den totale fordampningen fra vegetasjonen som innebærer transpirasjonen fra plantenes overflate og evaporasjonen fra jorden. (7)

Når vekstmediet når metningspunktet sitt vil avrenningen fra taket starte og overskuddsvannet vil så bli drenert bort til taknedløpet. Effekten av blågrønne tak varierer derfor mye og avhenger av hvordan været har vært dagene før aktuell nedbør kommer. Ved varmt vær, mye sol og lite nedbør vil taket være tørt og kunne ta opp mye vann, i motsetning til om det har vært mye regn og fukt dagene før. Effekten til blågrønne tak varierer også stort med hvilken type nedbør som kommer. Taket er mer effektivt på å håndtere kort, intensiv nedbør som vises i figurene under. (8)

Intens nedbør på fuktig tak

Alle figurene som presenteres under, viser avrenning fra to grønne tak sammenlignet med et referansetak. Figurene kommer fra rapporten «Grønne tak og styrtregn» av NVE, der det er sett på to grønne tak over en periode på fem år.

Tradisjonelt sett er det om sommeren de mest intensive nedbørene skjer. Det er disse nedbørene blågrønne tak er mest effektivt på.



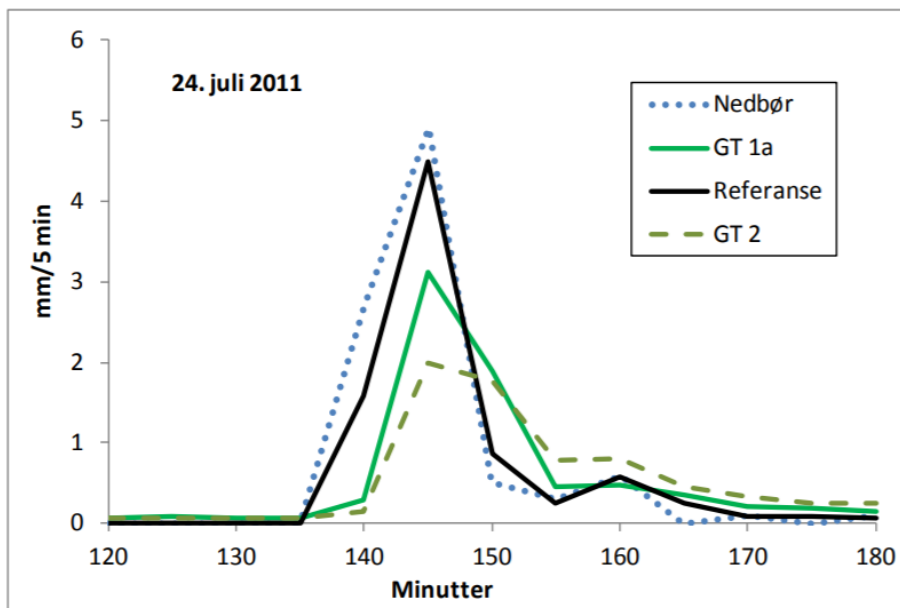
Figur 2.2.2.a. Avrenning på fuktig tak ved intens nedbør. (8)

Denne grafen viser avrenningen på et normalt tak (8), sammenlignet med avrenningen på to ulike typer grønne tak (GT 1a og GT 2). Når nedbøren fant sted, var ikke takene fullstendig tørre, men fuktige fra nedbør dagen før. Under denne hendelsen var maksimal nedbør målt opp til 7,1 mm på 5 minutter, altså relativt kraftig nedbør. Her ser man at begge de grønne takene hjelper til med å hindre avrenning, og gir en demping i avrenningstoppen på mellom

72 til 84 % sammenlignet med referansetaket. Over de fulle 120 minuttene ga de grønne takene en reduksjon i avrenningsvolum på 41 til 46 % sammenlignet med referansetaket. (8)

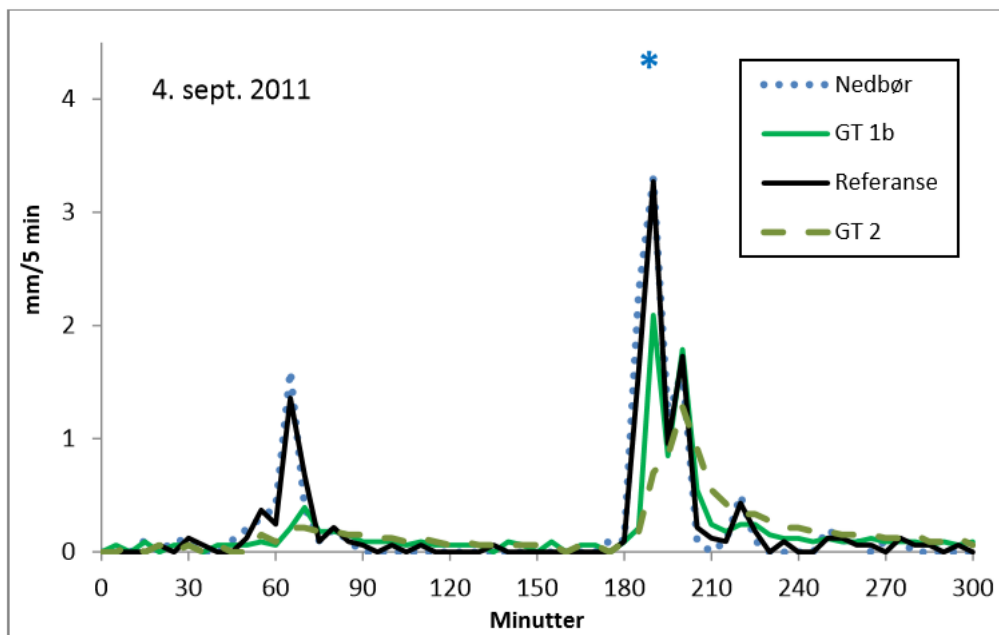
Intens nedbør på vått tak

Da nedbøren med maksimal intensitet på 6,2 mm/5 min inntraff hadde det regnet drøye to timer tidligere så her vises kraftig nedbør på vått tak. Effekten av takene blir redusert mye når det er vått, men det har fortsatt en effekt. Avrenningstoppen ble redusert med mellom 31 og 56 %, mens det totale volumet ble redusert med 10 til 16 %. (8)



Figur 2.2.2.b. Avrenning på vått tak ved intens nedbør. (8)

Regn over lengre tid



Figur 2.2.2.c. Avrenning ved nedbør over lengre tid. (8)

Ved regn over lengre tid vil taket mettes og evnen til å fordrøye vann synker. På grafen over ser man takene håndtere den første nedbøren godt, og hovedparten av vannet tas opp. I det andre nedbørstilfellet ser man at effekten har sunket og avrenningen fra de grønne takene øker. Likevel ble avrenningstoppen redusert med henholdsvis 37 og 61 % sammenlignet med referansetaket. Over de fem timene ble det totale avrenningsvolumet redusert med 22% på begge takene. (8)

Effekt

Effekten blågrønne tak har på avrenning varierer mye med hvilken nedbør som inntreffer, og hvordan været har vært i forkant. I forskningen som er gjort i rapporten «Grønne tak og styrtregn» er det tatt data fra de to grønne takene over en fem-års periode. Figuren under viser den totale tilbakeholdte nedbøren over de fem årene.

Årstid	Nedbør (mm)	Sum tilbakeholdt (%)		
		GT 1	Ref	GT 2
Vinter	156	36	18	34
Vår	161	-4	-41	4
Sommer	391	36	8	37
Høst	264	16	1	17
	972	24	-1	26

Figur 2.2.2.d. Gjennomsnittlig tilbakeholdt nedbør pr år over en fem-års periode. (8)

Som det sees her holder de grønne takene i gjennomsnitt tilbake 24 til 26 % av all nedbøren som faller ned. I tillegg til å holde tilbake ca. 25 % av det totale volumet, dempes avrenningstoppene ytterligere. Avrenningstoppene ble vanligvis dempet med mellom 30 til 60 %, noe som hjelper mye på de mest intense nedbørstilfellene.

Avrenningskoeffisient på blågrønne tak

Vanlige tak regnes som tette flater hvor man bruker en avrenningskoeffisient på 0,8 til 0,95.

På blågrønne tak regner man med en avrenningskoeffisient på 0,5-0,6.

Beregningseksempel:

Forskjell på avrenning fra et tradisjonelt tak sammenlignet mot blågrønt tak regnet med den rasjonelle metode. Verdier her er kun eksempler.

$$Q = \varphi \cdot A \cdot I \cdot k_f$$

$$A = 100 \text{ m}^2 = 0.01 \text{ ha}$$

$$I = 150 \text{ l/s} \cdot \text{ha}$$

$$K_f = 1,2$$

Tradisjonelt tak:

$$Q = 0,9 \cdot 0,01 \cdot 150 \cdot 1,2 = 1,62 \frac{\text{l}}{\text{s}}$$

Blågrønt tak:

$$Q = 0,6 \cdot 0,01 \cdot 150 \cdot 1,2 = 1,08 \frac{\text{l}}{\text{s}}$$

Det er en reduksjon på 33,3% i avrenning fra taket.

Å regne med en reduksjon på 33,3% er trygt og kanskje litt konservativt. Når man regner med den rasjonelle metoden, ser man på maksimal avrenning for å dimensjonere. Det er under disse, maksimale hendelsene, der man har intensivt regn, at blågrønne tak har best effekt. Som vist under kapitlet *Intens nedbør på fuktig tak*, ble aktuelt nedbørstilfelle redusert med i overkant av 40 %, noe som gjør en avrenningskoeffisient på 0,6 og en reduksjon på 33,3%, veldig trygt.

2.3 Bygningstekniske forhold

2.3.1 Takkonstruksjoner, kompakte tak

Hensikten med denne delen av oppgaven er å gi oversikt over viktig teori og hensyn som må tas ved valg av takform og taktyper ved anleggelse av en blågrønn takløsning.

Generelt

I TEK 17 § 13-12 (2) står det: «*Tak skal prosjekteres og utføres med tilstrekkelig fall og avløp slik at regn og smeltevann renner av. Nedbør, snøsmelting og ising skal ikke føre til skader på byggverket.*» (9) TEK 17 § 13-12 (2) nevner overordnet hva som kreves for å få et velfungerende tak. Hvordan taket bygges opp for å oppnå disse kravene skal bli omtalt nærmere i det underliggende.

Det at taket holder ute regn og smeltevann, og har gode avrennings- og nedløpsforhold er én av mange funksjoner et tak må ha. Taket skal også inneha egenskaper som å isoleres mot varmetap fra oppvarmede rom, isolere mot støy, hindre brannspredning og å bidra til at bygget har en god estetisk form. Takformen og taktypen velges tidlig i prosjekteringsfasen og da er viktig å vurdere avrenning, klimapåvirkning, taktekning og brannspredning. (10)

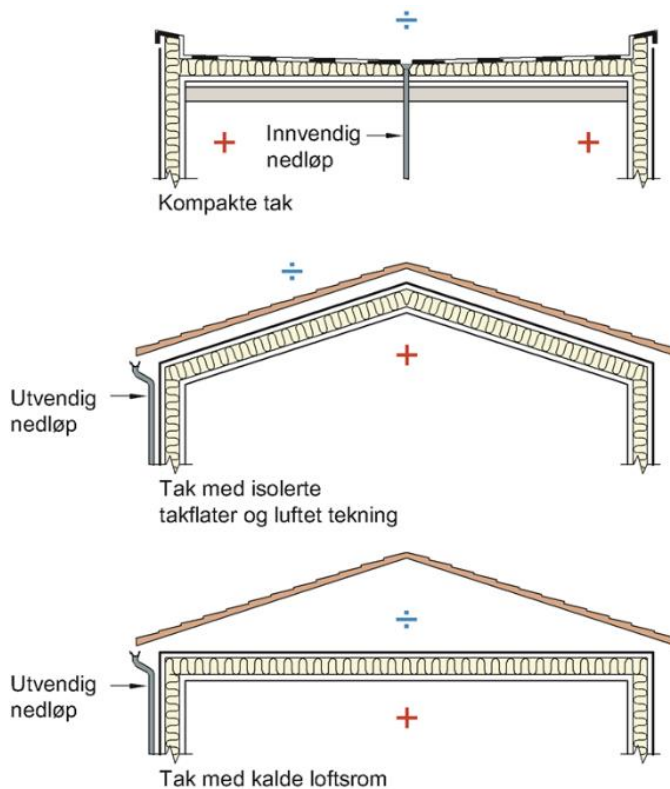
Avrenning. Ved etablering av et skrått tak brukes utvendige nedløp, dette har en viss risiko for isdannelse og snøras hvis taket ikke isoleres riktig. Flate tak, som blir benyttet i resultatdelen i denne oppgaven, må ha tilstrekkelig fall, innvendig nedløp og nødoverløp for å sikre tilstrekkelig avrenning. Avrenning for flate tak blir videre omtalt under punkt 2.3.4 *Avrenning og avløp.* (10)

Klimapåvirkning. Klimaet på stedet er viktig å vurdere ved valg av takform. På steder med mye slagregn og snøfokk vil kompakte tak være et naturlig valg for best sikkerhet mot fuktskader. (10)

Taktekning. Valg av type taktekning avhenger veldig av takformen og hva som skal etableres på taket. Ved etablering av sedumtak anbefales taktekning med dokumentert rotmotstand, mens på et saltak uten sedumtak kan vanlig takpapp benyttes. (10)

Sikkerhet ved brann. Faren for brann er alltid til stedet og står sentralt i prosjekteringen av tak. Kompakte tak, tak med isolerte takflater og luftet taktekning har mindre brannspredning enn for eksempel kalde loftsrom.

Man kan dele tak inn i tre takformer, kompakte tak, tak med isolerte takflater og luftet tekning og tak med kalde loftsrom. Disse takformene er representert i figuren under og kompakte tak vil videre bli omtalt mer omfattende. (10)



Figur 2.3.1.a. Hovedtyper av tak ut fra oppbygning. (10)

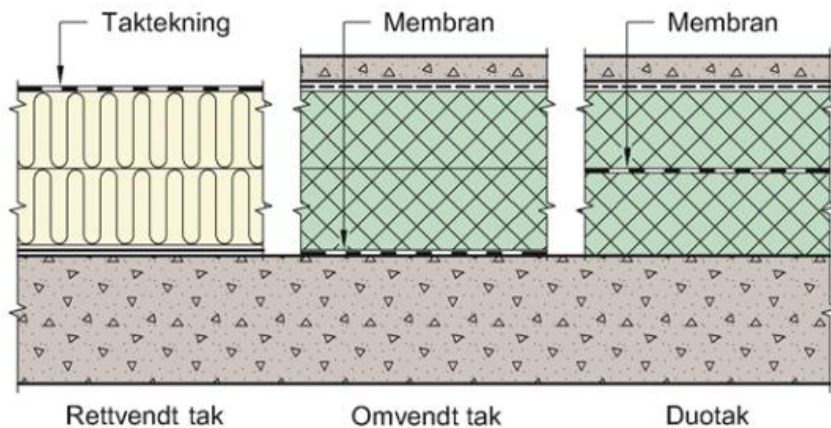
Kompakte tak

Kompakte tak er taktypen som egner seg best til den blågrønne løsningen i resultatdelen, derfor blir det lagt vekt på denne taktypen videre i oppgaven. Det vil bli sett på konstruksjonsmessig oppbygning av kompakte tak. Vider vil de ulike sjiktene funksjon bli forklart under 2.3.2 *Materialer*.

Kompakte tak deles inn i tre ulike typer, rettvendte tak, omvendte tak og duotak. Felles for alle disse typene tak er at lagene i konstruksjonen ligger så tett som overhodet mulig. Under beskrives de ulike typene og vises på figur 2.3.1.b. (11)

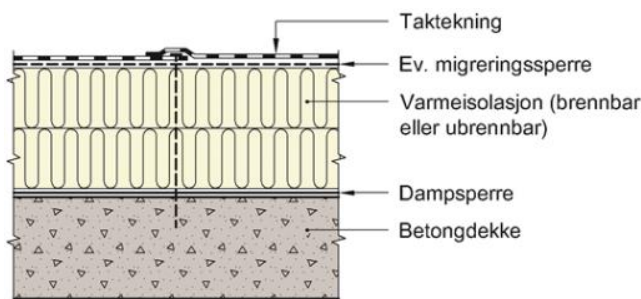
- *Rettvendte tak* har bærekonstruksjon av egnet materiale, deretter dampsperre og isolasjon, og taktekning øverst.
- *Omvendt tak* har bærekonstruksjon av egnet materiale med membran oppå, deretter isolasjon, og ballast eller slitelag øverst.

- *Duotak* er en taktype som egner seg best til etterisolering og har isolasjon oppå bærekonstruksjonen. Membran bli plassert mellom to lag med isolasjon, og ballast eller slitelag øverst.

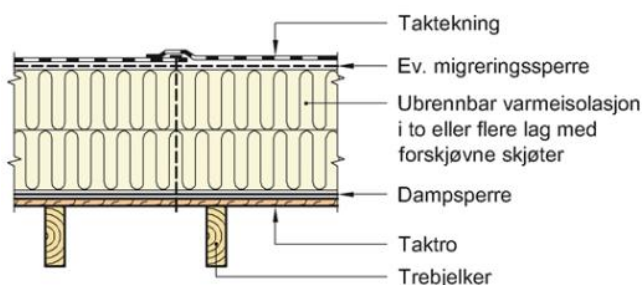


Figur 2.3.1.b. Kompakte taktyper. (11)

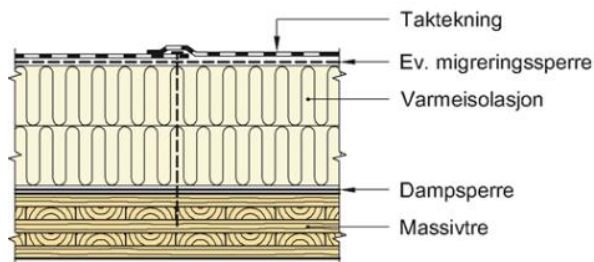
Bærekonstruksjonen til et kompakt tak velges ut fra hva prosjektet krever, og ofte hvor store spenn taket skal spenne over. Bærekonstruksjonene som kan benyttes i kompakte tak er plasstøpt betong, betongelementer, trebjelkelag, elementer av massivtre eller stål. Under vises oppbygningen av rettvendte tak på ulike bærekonstruksjoner. (11)



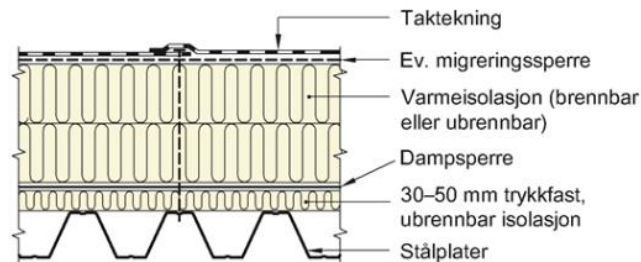
Figur 2.3.1.c. Eksempel på oppbygningen av rettvendt tak med bærekonstruksjon av betong. (11)



Figur 2.3.1.d. Eksempel på oppbygningen av rettvendt tak med bærekonstruksjon av trebjelkelag. (11)



Figur 2.3.1.e. Eksempel på oppbygningen av rettventdt tak med bærekonstruksjon av massivtre. (11)



Figur 2.3.1.f. Eksempel på oppbygningen av rettventdt tak med bærekonstruksjon av stål. (11)

Kompakte tak er en veldig anvendelig taktype som blant annet tåler stående vann og egner seg godt til sedumtaket som blir presentert i resultatdelen. Kompakte tak har også den fordel at de gir god sikkerhet mot brannspredning. Takformen gir god sikkerhet mot inndrev av snø og regn i takkonstruksjonen som er et større problem på saltak med takutstikk. Innvendige nedløp er et krav på kompakte tak, og gir en fordel ved at istapper og snøras ikke vil være et problem. (11)

Innvendig nedløp gir utfordringer med innvendige føringer gjennom sjakter som må tilpasses planløsningen, dette slipper man ved saltak der slike føringer går på utsiden av konstruksjonen. Siden kompakte tak ikke er luftet kan ikke organiske materialer, som trevirke, bygges inn mellom tette sjikt som dampspærre og taktekning. Dette medfører tykke konstruksjoner som spesielt gir utfordringer ved kompakte tak med sedumtak. (11)

2.3.2 Materialer

Vanntett sjikt – taktekning

Taktekningen skal gi taket den vanntette funksjonen som kreves for det aktuelle taket.

Materialvalg må tas med tanke på hvilken takform som er valgt og hva som skal etableres på taket. Taktekningen kan bestå av ett- eller tolags asfaltbelegg eller av 1,5 – 2,0 mm tykk takfolie. Det er viktig å benytte godkjente produkter. Når det skal etableres et blågrønt tak må det kontrolleres at takbelegget har tilstrekkelig motstand mot gjennomgroing av røtter.

Hvis takbelegget ikke har dokumentert rotmotstand, anbefales det alltid å bruke rotsperre.

(1)

Utlegging av taktekningen på kompakte tak blir lagt på rengjort og ryddet isolasjon for hindre skader på taktekningen. Taktekningen sveises sammen og danner et helt sammenhengende, vanntett, sjikt som videre må utføres med tette detaljer mot gjennomføring og tilstøtende bygningsdeler som en parapet. På sedumtak skal takbelegget føres 150 mm over plantedekket og ha en vanntett avslutning opp og bak et parapetbeslag.

(1)

Tetthetskontroll bør gjennomføres for å avdekke eventuelle skader som har oppstått under byggeperioden som kan gi fuktskader og lekkasjer. Det å avdekke disse skaden tidlig kontra å oppdage det etter at bygget er tatt i bruk, har en stor økonomisk fordel. (1)

Migreringssperre

Migreringssperre brukes for å hindre direkte kontakt mellom PVC i takfolier og polystyren eller asfalt. Hvis det benyttes taktekning av PVC og isolasjon av polystyren må migreringssperre benyttes for å hindre at taktekningen fryser fast i isolasjonen. (1)

Isolasjon

Isolasjonen som benyttes i kompakte tak etableres over bærekonstruksjonen og under taktekningen. I denne delen omtales hvilke typer isolasjon som kan benyttes i kompakte tak mens krav til varmeisolasjon, tykkelse og trykkfasthet ikke inngår i oppgaven.

Isolasjonsmaterialene som benytte i kompakte tak kan deles inn i to kategorier, ubrennbar og brennbar isolasjon. Av ubrennbare isolasjoner kan det benyttes steinull og skumglass, og av brennbare isolasjoner kan det benyttes ekspanderende polystyren (EPS) eller ekstrudert polystyren (XPS). Plassering av de to ulike typene isolasjon blir omtalt under kapittel 2.3.5 *Tiltak mot brannspredning*. Isolasjonen i kompakte tak må også tåle tråkk med hensyn til jevnt fordelt last, det må derfor velges en isolasjonstype med tilstrekkelig trykkfasthet.

Utlegging av isolasjonsplatene gjøres ved at platene legges ut så tett inntil hverandre som mulig. Platene legges ut i minst to lag der skjøtene må forskyves slik at det ikke blir gjennomgående skjøter. Ved situasjoner med gjennomgående skjøter må isolasjonsplater

med fals benyttes. (1) Tilse at plater som legges på taket ikke er fuktige, plater som blir fuktige etter legging og før montering av taktekning må erstattes med nye tørre plater. (11)

Dampsperre

Dampsperran har som hensikt å minimere fukttransport inn i konstruksjonen og å hindre luftlekasjer. Dampsperrsjiktet i kompakte tak legges over bærekonstruksjonen og under isolasjonen.

Materialer og egenskaper til dampsperre varierer basert på om den skal benyttes i vegg, tak eller gulv. I tak anbefales det å benytte dampsperre av 0,2 mm tykk polyetylenfolie eller bedre. En annen type dampsperre som kan benyttes er intelligent dampsperre, denne smarte dampsperran har vanndampmotstand som varierer med luftas relative fuktighet, RF. Denne dampsperrereotypen kan gi kompakt tak selvuttørkingsevne når taket blir varmet opp av sola. Dampsperran kan da slippe ut eventuelle innestengt fukt fra takkonstruksjonen siden dampsperran får lav vanndampmotstand ved høy RF på minst en side. Dette kan være en god løsning med tanke på konstruksjonsslankhet. Det er viktig å benytte godkjente produkter ved valg av dampsperre i kompakte tak. (11)

Utlegging av dampsperran på kompakte tak skjer ved å rulle dampsperran ut på et jevnt underlag over bærekonstruksjonen. For at dampsperran skal oppnå kravene til damp- og lufttetthet må gjennomføringer, skjøter og avslutninger mot konstruksjonsdeler utføres nøye. (1)

2.3.3 Avblåsning

Alle lag i et sedumtak skal sikres mot vindavblåsning. Det må utføres dimensjonerende vindlastberegninger for tilstrekkelig sikring av et sedumtak. Under vises hvilke tiltak, som er gitt i NS 3840:2015 *Grønne tak* under punkt 4.3.3.2 *Vindlaster*, ved ulike vindsugkrefter.

- *Grønne tak der vindsuget i rand- eller hjørnesoner overstiger 3,75 kN/m² bør sikres mot vindavblåsning i et belte på minst 0,5 m. Slike løsninger kan være:*
 - o *Ved dimensjonerende vindusug på stedet mellom 3,75 kN/m² – 5,0 kN/m² kan sikringen for eksempel utføres med 50 mm tykke betongheller eller med et 50 mm tykt lag natursingel med diameter minst 15 mm;*

- Ved dimensjonerende vindsug på stedet $\geq 5,0 \text{ kN/m}^2$ utføres sikring med betongheller som har en tykkelse på minst 50 mm.

Disse metodene benyttes også som motstand mot brannspredning via parapet. Det er da viktig at balasten i randsonen overlapper sedummattene slik at vinden ikke så lett får tak under mattene. (3)

2.3.4 Avrenning og avløp

Avrenning

Et vannmettet sedumtak kan få tilnærmet samme avrenningsbehov under ekstremnedbør som et vanlig tak og må derfor dimensjonere nedløp som ved tradisjonelle tak. Sluket på sedumtak bør omkranses av en inspeksjonskum som er lett tilgjengelig for vedlikehold og kontroll. Det bør brukes et separasjonslag rundt inspeksjonskummen for å hindre at finstoff fra vekstmediumet tetter avløpet. Se eksempel på inspeksjonskum på figuren 2.3.4.a. (1)

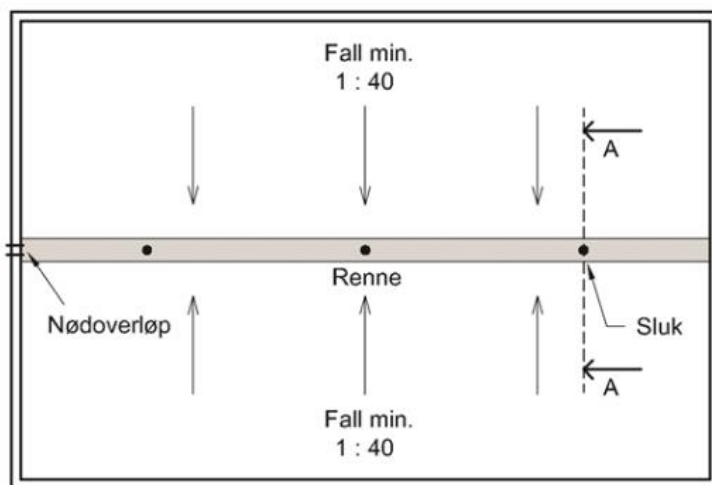


Figur 2.3.4.a. Eksempel på inspeksjonskum for sluk i sedumtak. (1)

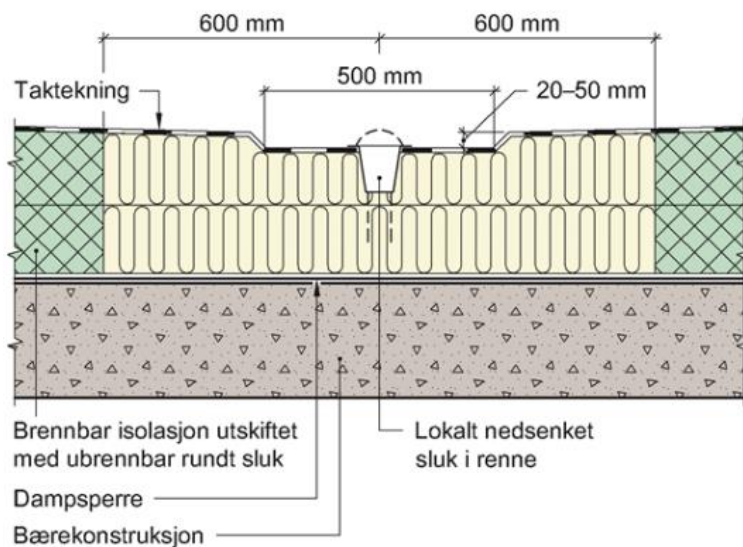
I TEK 17 § 13-12 (2) står det: «*Tak skal prosjekteres og utføres med tilstrekkelig fall og avløp slik at regn og smeltevann renner av. Nedbør, snøsmelting og ising skal ikke føre til skader på byggverket.*» Tak skal ha tilstrekkelig fall slik at regn- og smeltevann renner av, og dette oppnås ved at fallet på selve taket er $\geq 1:40$ og at fallet i renner er $\geq 1:60$. Fallet skal sørge for at vannet ledes uhindret til et innvendig nedløp som plasseres i det laveste punktet på

taket. For å sikre et isfritt innvendig nedløp anbefales det et nedsenket sluk som har en forsenkning på 20 – 50 mm. Det må tidlig i prosjektering dannes et helhetlig bilde av utformingen av takflaten, slik at man tidlig får bestemt fall, plassering av sluk og riktig slukantall. (11)

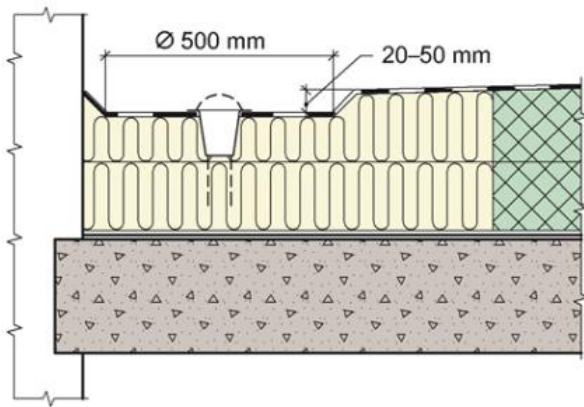
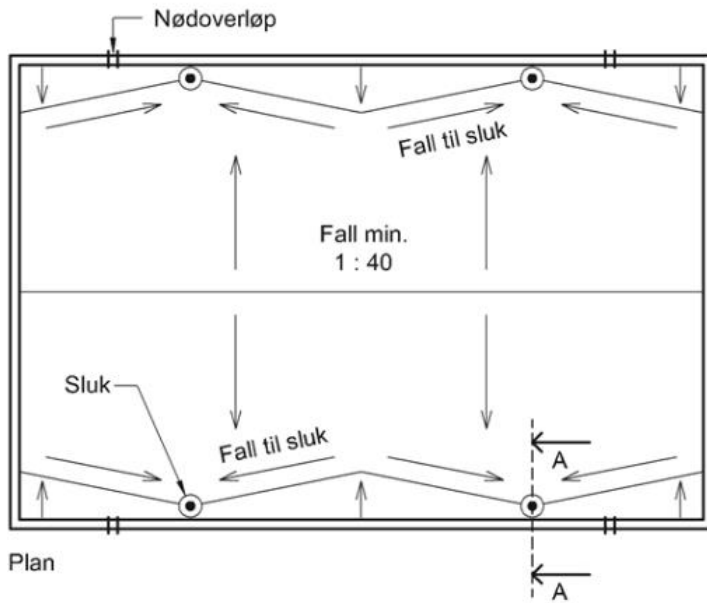
Avrenningen av overvann på kompakte tak kan utformes på mange ulike måter. Det kan utformes med tosidig fall mot en renne eller det kan utformes som firesidig fall mot sluk der fallet bygges opp med isolasjonsplater. Under vises ulike måter å bygge opp fall for å sikre god avrenning til sluk på kompakte tak.



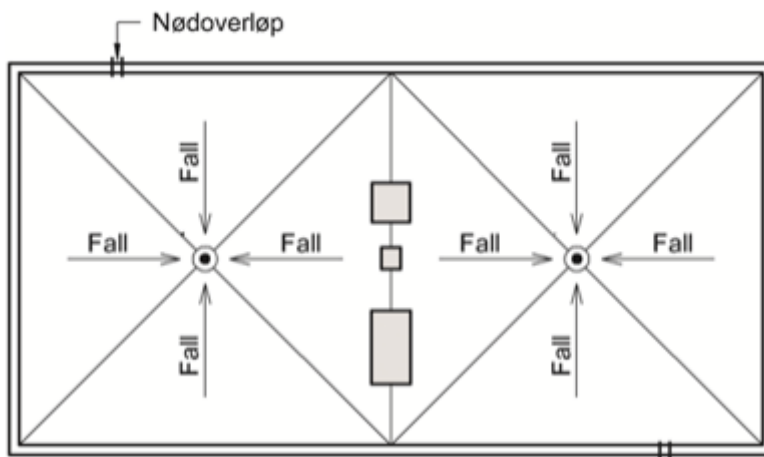
Plan



Figur 2.3.4.b. Fall på tak mot nedsenket renne på midten av taket. Alternativt kan bærekonstruksjonen legges med fall. (11)



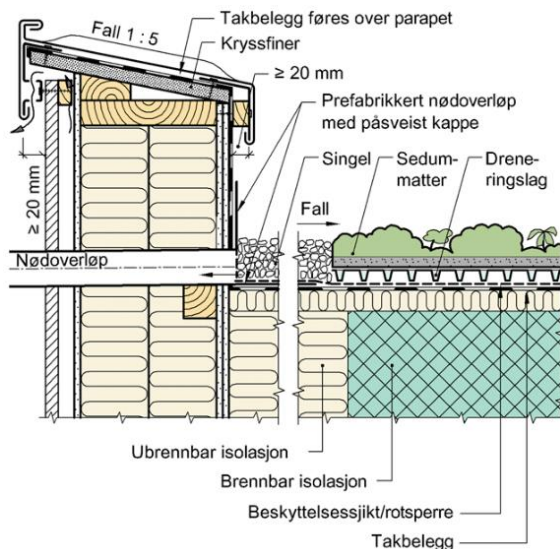
Figur 2.3.4.c. Fall mot sluk plassert ved yttervegg. (11)



Figur 2.3.4.d. Planskisse av tak med firesidig fall mot sluk og der alle andre gjennomføringer er plassert i høybrekkene. (11)

Nødoverløp

Alle flate tak bør ha nødoverløp som hindrer overbelastning. Nødoverløp bør man plassere så lavt som mulig over takflaten, slik at det gir synlig avrenning når slukene i taket ikke fungerer. Nødoverløpet bør ikke plasseres lavere enn 30 – 50 mm over sluk for å unngå at vann stadig renner ut av nødoverløpet. Nødoverløpet skal i tillegg plasseres 100 mm under avsluttende oppkant på taktekningen. Se figur 2.3.4.e. (1)



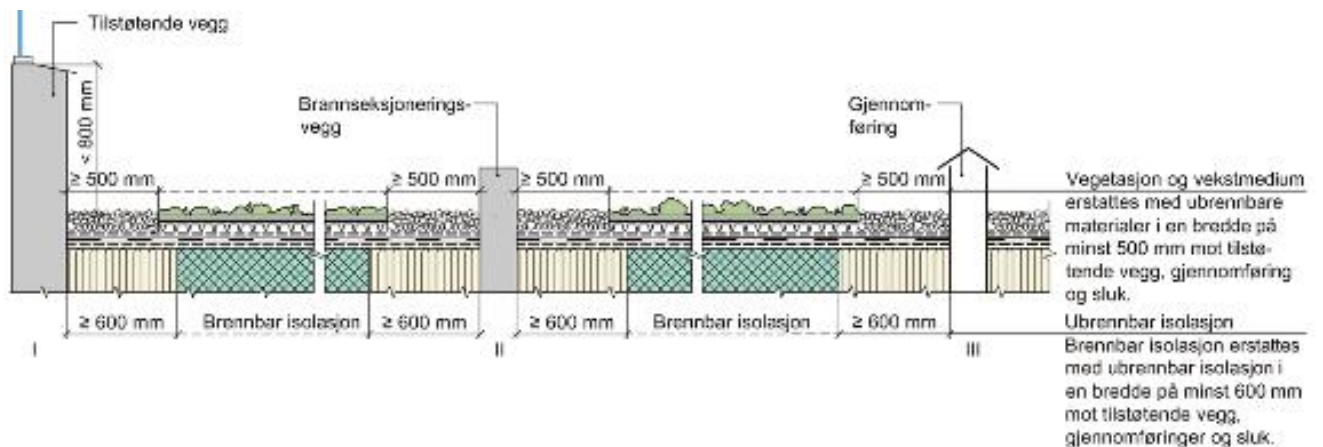
Figur 2.3.4.e. Eksempel på plassering av nødoverløp. (1)

2.3.5 Tiltak mot brannspredning

Tiltak mot brannspredning er veldig viktige parameter med prosjektering av et blågrønt tak. Denne oppgaven har tatt for seg noen tiltak mot brannspredning ved etablering av blågrønne tak på bolighus. Det vil i det følgende bli sett på hvor det bør legges brennbar og ubrennbar isolasjon og hvor det bør etableres ubrennbare barrierer.

Vegetasjon og vekstmedium erstattes med en barriere av ubrennbare materialer som stein eller betongheller (Figur 2.3.5.g) i en bredde på minst 500 mm mot (1):

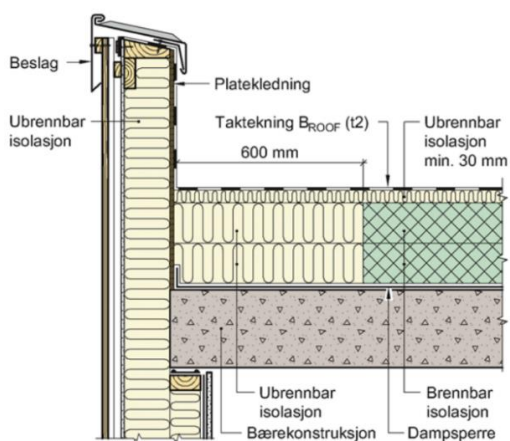
- Tilstøtende bygningsdeler som vegg av/med trebaserte materialer
- Vegg med vinduskarm lavere enn 800 mm over vegetasjonsdekket
- Brannseksjoneringsvegg
- Åpninger i taket som sluk, gjennomføringer, røykluke og overlys



Figur 2.3.5.a. Eksempel på tiltak mot bannspredning på sedumtak. (1)

Brennbar isolasjon skal erstattes med ubrennbar isolasjon i en bredde på 600 mm i følgende tilfeller:

- Parapet/gesims eller fasade av brennbare materialer
- Rundt alle gjennomføringer
- Over branncellebegrensende vegger
- Ved gjennomgående seksjonerings- og brannvegger
- Ved takoppbygg
- Steder der det kan forekomme åpne spalter, for eksempel ved tilslutninger mellom dekke og gesims/parapet



Figur 2.3.5.b. Brennbar isolasjon må erstattes med ubrennbar isolasjon i en bredde på 600 mm mot brennbare materialer. (11)

De tiltakene mot bannspredning som er omtalt i denne oppgaven er viktige tiltak som i hovedsak er benyttet for å tegne detaljer. Det poengteres at en mer omfattende brannprosjektering må gjennomføres ved etablering av et blågrønt tak.

2.4 Kommunale krav

Det er varierende krav og kvalitet på overvannsveiledere i kommunene rundt om i landet. Her skal det sees på noen av de største kommunene i Norge, og hvordan de forholder seg til temaet overvann og hvilke krav de har til maksimal videreført vannføring også kalt påslipp.

2.4.1 Påslippskrav Trondheim

I kommuneplanens arealdel berøres temaet overvann, og håndtering av dette. Trondheim kommune stiller seg generelt positiv til lokal håndtering av overvann og blågrønne løsninger.

«For å motvirke disse uheldige virkningene er det ønskelig å øke tilførselen av overvann til grønne arealer og til grunnen generelt, der dette er mulig. Det er også ønskelig å bevare og reetablere åpne bekker. I tillegg til effekter som forsinking og fordrøyning av overvann vil dette gi en rekke andre gunstige effekter, som økt biologisk mangfold, bedring av lokalklima, forbedrede vekstvilkår for vegetasjon og vannkvalitetsforbedringer på overvannet.» (12)

Trondheim kommune mener også det bør sees på lokale løsninger i de mest urbaniserte delene av kommunen, der det kan utnyttes som et synlig element i byens gater og plasser. (12)

Trondheim kommune har en egen veileder for overvann, «Beregning av overvannsmengde. Dimensjonering av ledning og fordrøyningsvolum». Her beskrives det at lokale løsninger for overvann skal avklares ved VA-ansvarlig, Kommunalteknikk. Lokale løsninger sees på som positivt da det kan være økonomisk, miljømessig og teknisk gunstig, spesielt der det er fellessystem. (13)

Trondheim kommune anbefaler på lik linje som Norsk Vann, å bruke den rasjonelle metode for beregning av overvannsmengde ved arealer mindre enn 50 ha. Ved større arealer eller steder med store konsekvenser ved feildimensjonering, skal det brukes datamodeller.

Den rasjonelle metoden er som beskrevet i 2.2.1 gitt ved:

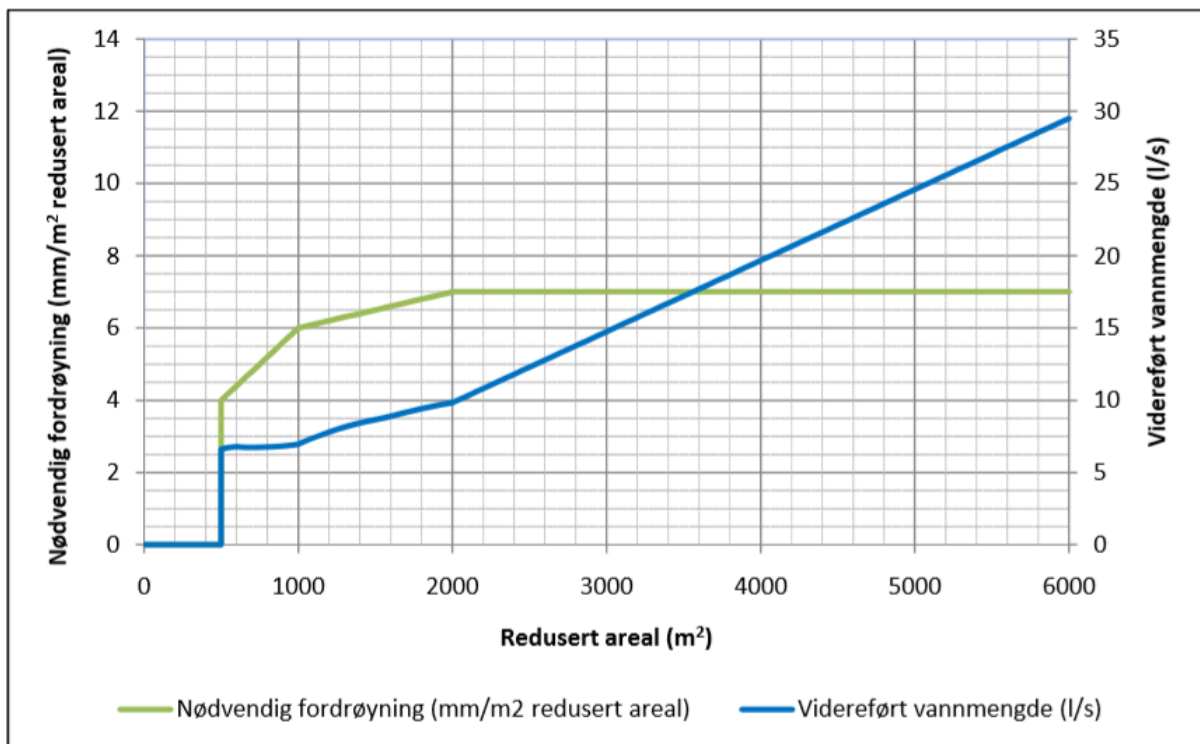
$$Q = \phi \cdot A \cdot I \cdot k_f$$

Avrenningskoeffisientene tas ut fra anbefalte verdier gitt i tabellen under.

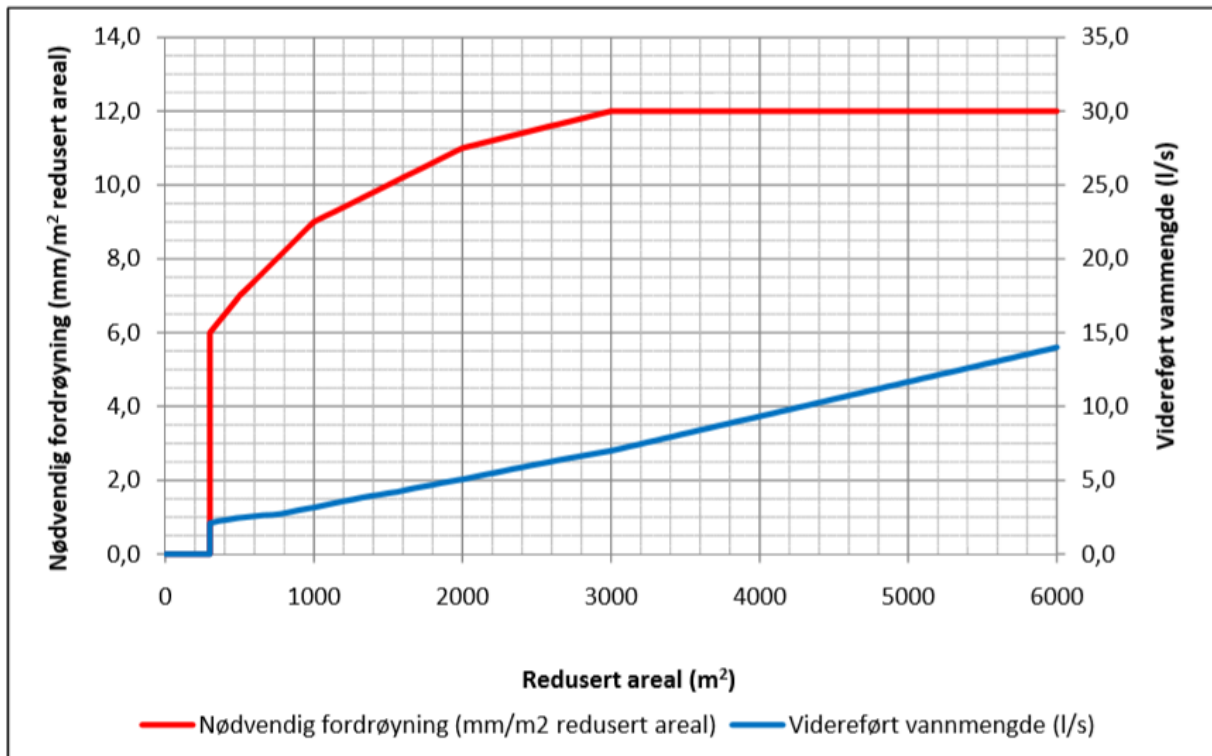
Type areal	Avrenningskoeffisient Φ
Tette flater (tak, asfalterte plasser/veger og lignende.)	0,85- 0,95
Bykjerne	0,70 – 0,90
Rekkehus-/leilighetsområder	0,60 – 0,80
Eneboligområder	0,50 – 0,70
Grusveier/-plasser	0,60 – 0,80
Industriområder	0,50 – 0,90
Plen, park, eng, skog, dyrket mark	0,30 – 0,50

Tabell 2.4.1.a Retningsgivende verdier for avrenningskoeffisient (φ) (13)

Ved å bruke avrenningskoeffisientene, finner man redusert areal som gir grunnlaget for kravene til fordrøyning og videreført vannmengde.



Figur 2.4.1.a. Separat system. Minimumskrav til fordrøyning og maksimal videreført vannmengde. (13)



Figur 2.4.1.b. Fellessystem/ ikke virksomt separatsystem. Minimumskrav til fordrøyning og maksimal videreført vannmengde. (13)

Kravene til maksimal videreført vannmengde er gitt ved disse grafene og tas direkte ut fra redusert areal på utbyggingsområdet. Det skilles mellom fellessystem og separatsystem, med strengere krav for fellessystem. Grafen, og kravene starter på 500 m² for separat system, og 300 m² for fellessystem. Det er likevel ønskelig med kvalitative tiltak for utbyggingsområdet som er mindre enn 500 m² eller 300 m², som blågrønne tak, regnbred, åpne grøfter eller liknende tiltak. (13)

2.4.2 Påslippskrav Oslo

Oslo kommune har et eget dokument som heter «*Strategi for overvannshåndtering i Oslo*», som legger frem kommunens hovedmål og retningslinjer for håndtering av overvann. Oslo kommune er sterkt opptatt av lokal håndtering av overvann, ved bruk av grønne løsninger, og beskriver det som «*Overvann skal infiltreres, fordrøyes og brukes lokalt der det er praktisk mulig, og at vi bruker åpne, naturlige og flerfunksjonelle fordrøyningssystemer*».

Tretrinnsstrategien står sentralt i Oslos planlegging av overvannshåndtering, som er å: (14)

1. Infiltrere små nedbørsmengder.
2. Fordrøye og forsinke større nedbørsmengder.

3. Lede overvannet trygt i åpne flomveier ved ekstreme nedbørmengder.

I Oslo kommunes «Overvannshåndtering, en veileder for utbygger» beskrives lovene og kravene for håndtering av overvann og påslippskrav. Oslo kommune vil i utgangspunktet ikke ha påslipp av overvann på kommunale ledninger. Det kommer frem i hovedprinsippene til veilederen:

«1. Tilførselen av overvann til det offentlig avløpsnett skal minimaliseres. 2. Alt overvann skal fortrinnsvis tas hånd om åpent og lokalt, dvs. gjennom infiltrasjon, utslipp til resipient, eller på annen måte utnyttet som ressurs, slik at vannets naturlige kretsløp opprettholdes og naturens selvrensningsevne utnyttes.» (15)

Det må kunne dokumenteres at lokale løsninger ikke er tilstrekkelig, og hvor mye vann som ønskes videreført før man kan få tillatelse til påslipp på offentlig nett. I beregningen av overvannsmengde anbefales den rasjonelle metoden for områder mindre eller lik 50 ha. Og de samme avrenningskoeffisientene som Trondheim kommune, vist i tabell 2.4.1.a anbefales. (15)

Forutsett at lokale løsninger ikke er tilstrekkelig, og man har fått innvilget påslipp på offentlig avløpsnett er det fortsatt krav for maksimal grense for påslipp. Disse kravene bestemmes ut fra totalt tiltaksareal og den minste dimensjonen på overvannsledningen. Oslo kommune gjør forskjell på separat system/aktiv overvannsledning og fellessystem/inaktiv overvannsledning som Trondheim kommune, med strengere krav for fellessystem/inaktiv overvannsledning. (15)

Minste innvendig ledningsdimensjon	Totalt tiltaksareal	Maksimalt påslipp
[mm]	[ha]	[l/s]
<150	<0,01	0
230	0,05	1
230	0,1	2
300	0,2	4
380	0,5	9
500	1	16
550	2	24
>500	>4	17

Tabell 2.4.2.a. Øvre grense for påslipp til aktiv overvannsledning, basert på dimensjonen og tiltaksareal.(15)

Minste innvendig ledningsdimensjon	Totalt tiltaksareal	Maksimalt påslipp
[mm]	[ha]	[l/s]
<300	<0,1	0
300	0,1	2
380	0,3	4
450	0,5	6
500	0,8	8
550	1	10
>550	>1	≤10

Tabell 2.4.2.b. Øvre grense for påslipp til inaktiv overvannsledning eller fellessystem, basert på dimensjonen og tiltaksareal.(15)

2.4.3 Påslippskrav Bergen

I Bergen kommunes veileder for håndtering av overvann «Retningslinjer for overvannshåndtering i Bergen kommune» beskrives målet som «*Det skal benyttes løsninger for overvannshåndtering som ikke medfører skade på miljø, bygninger og konstruksjoner. Lokal overvannshåndtering (LOH) skal benyttes der dette er mulig.*» (16)

Bergen kommune er positiv innstilt til blågrønne løsninger, og håndtering av overvann lokalt. En av prioriteringene deres i veilederen er å beholde naturtilstanden (opprettolde naturlig grunnvannsnivå, infiltrasjon, fordrøyning og vannveier) og minimalisere andel tette flater. For å beregne overvannsmengder anbefales bruk av den rasjonelle metoden ved arealer mindre eller lik 50 ha. Avrenningskoeffisientene som brukes i Bergen, er de samme som for Trondheim og Oslo, vist i tabell 2.4.1.a. (16)

Det finnes en del generelle prinsipper i veilederen, der de mest aktuelle er: (16)

- Overvannet bør håndteres innenfor det området det produseres. Spesiell tillatelse kreves for å lede overvannet ut av det naturlige nedbørsfeltet ved bruk av kunstige tiltak (ledninger, tunneller, kanaler,...)
- Økning i overvannsavrenning fra området ved utbygging er i utgangspunktet ikke tillatt. Kommunen kan sette krav til maksimalt påslipp til offentlig ledning.
- Takvann/drensvann skal normalt ikke tilkoples ledningsnett. I eksisterende områder bør om mulig takvann/drensvann frakobles fellessystemet og ledes til grunnen eller til infiltrasjonsflater, fall fra bygning mot terreng.
- Bruk av blågrønne tak. Som alternativ til tunge, tradisjonelle torvtak kan lettere vegetasjonstak benyttes (total tykkelse 8-10cm)

Når det gjelder påslippskrav, har ikke Bergen kommune noen faste krav som gjelder for maksimal mengde tillatt. Det er å forstå at Bergen kommune ikke ønsker noe påslipp av overvann på kommunal ledning, og det må gis spesiell tillatelse for dette. Får man imidlertid tillatelse, er det ingen spesifikke krav om hvor store mengder det gjelder, derimot er bestemmelsene beskrevet som:

«Der hvor eksisterende ledningsnett eller resipient er overbelastet eller har lav reservekapasitet, kan det være aktuelt å stille krav til utbygger om maksimal påslippsmengde til ledningsnett/resipient. Dette vil være områdeavhengig og må vurderes i hvert enkelt tilfelle. Utbygger/tiltakshaver må bekoste nødvendige tiltak for å holde seg innenfor de gitte krav.» (16)

2.4.4 Påslippskrav Stavanger

«Overvann skal fordrøyes og håndteres lokalt, fortrinnsvis gjennom naturbaserte løsninger. Det skal derfor sikres tilstrekkelig areal for overvannshåndtering, infiltrasjon og vegetasjon.» (17)

Slik beskriver Stavanger kommune sitt syn på overvann på sine nettsider som omhandler overvann. Hovedregelen er at endringer i arealbruk ikke skal medføre økt overvannsbelastning på eksisterende avløpssystem. Med dette forstås at nye tiltak ikke skal forårsake mer påslipp av overvann enn det systemet i utgangspunktet ble dimensjonert for å håndtere. (18)

For arealer mindre eller lik 20 ha, brukes den rasjonelle metoden, i motsetning til den vanligste anbefalingen på 50 ha. Siden Stavanger kommune ikke tillater mer påslipp enn det systemet originalt ble dimensjonert for, opereres det med to ulike sett med beregningsgrunnlag. Et er for påslipp til eksisterende nett, og et for påslipp for ny situasjon. (19)

Skal det beregnes maksimalt tillatt påslipp på eksisterende nett settes regnbørsintensiteten til 140 l/s*ha , i stedet for å bruke IFV-kurver. De gamle avrenningskoeffisienter som brukes er:

(17)

Takflater, gater og gårds-plasser med permanente dekker, fjell i dagen	0,80-0,90
Sterkt hellende parkområder med noe fjell og uten særlig vegetasjon	0,40 - 0,50
Grusete veier og gater	0,20 - 0,30
Parker og åpne plasser	0,10 - 0,20
Dyrket mark og eng	0,05 - 0,10
Skogsterreng	0,01 - 0,10
Disse ca. verdiene brukt på et byområde:	
Åpen villabebyggelse med store tomter	0,20 - 0,25
Tett villabebyggelse	0,25 - 0,35
Rekkehus med hager	0,35 - 0,40
Åpen blokkbebyggelse	0,50 - 0,55
Halvåpen høybebyggelse	0,60 - 0,75
Tett høybebyggelse i bysentra	0,75 - 0,90

Tabell 2.4.4.a. Avrenningskoeffisienter for eksisterende nett (17) Avrenningskoeffisienter for eksisterende nett (17)

Ved beregning av ny situasjon brukes Stavangers VA-norm, vedlegg 9

“Overvannshåndtering”. Her brukes de nye avrenningskoeffisienter: (18)

Type Areal	Koeffisient (c)
Tette flater	0,85 - 0,95
Bykjerne	0,70 - 0,90
Rekkehus-/ leilighetsområde	0,60 - 0,80
Eneboligområde	0,50 - 0,70
Grusvei/ -plasser	0,70 - 0,80
Industriområde	0,70 - 0,90
Plen, park, eng, skog, dyrket mark etc.	0,30 - 0,50

Tabell 2.4.4.b. Avrenningskoeffisienter for ny situasjon (18)

For beregning av ny situasjon følger dimensjoneringen den rasjonelle metode, med bruk av IVF-kurver, og ikke en fastsatt regnintensitet på 140 l/s*ha.

I utgangspunktet tillater Stavanger kommune ikke påslipp av overvann på det kommunale nettet, men kan gi tillatelse for det. For å få tillatelse til påslipp må det vises hvilke lokale overvannshåndteringstiltak som er gjort, og begrunne hvorfor det likevel er nødvendig med påslipp. Når det gis tillatelse for påslipp, skal hver sak vurderes individuelt og det settes en maksimal grense for tillatt påslipp. (17)

2.4.5 Påslippskrav Tromsø

«Som hovedregel skal alt overvann tas hånd om åpent og lokalt gjennom bruk av blå/grønne løsninger (eksempelvis infiltrasjon i stedlige masser, regnbed, swales, påslipp til bekk/elv) slik at vannets naturlige kretsløp i størst mulig grad opprettholdes og naturens selvrensingsevne benyttes.» (20)

Slik beskriver Tromsø kommune sitt generelle syn på overvannshåndtering i VA-norm, og har et positivt syn på blågrønne løsninger. Tromsø kommune har også et eget dokument for beregning av overvannsmengder og dimensjonering som et vedlegg til VA-normen, «Vedlegg til VA-norm, Veileder overvann.» Det beskrives at ved hvert planområde skal utformingen og dimensjoneringen av overvannssystem vurderes etter treleddsstrategien, gitt ved: (21)

1. Redusert avrenning gjennom bruk av infiltrasjonstiltak.
2. Forsinket avrenning gjennom bruk av fordrøyningstiltak.
3. Bortledning av overskytende overvannsmengde.
 - Utslipp til bekker/elver uten forutgående tilknytning til kommunalt fellessystem eller separat overvannssystem. Bekk/elv benyttes da som flomveg for avrenning av nedbør som ikke infiltreres og/eller fordrøyes.
 - Bruk av konstruert flomveg (ikke bekkesystem) uten tilknytning til kommunalt fellessystem eller separat overvannssystem.
 - Påslipp til kommunalt fellessystem eller separat overvannssystem.

Arealkarakteristikk	Tromsø (ϕ)
Bykjerneområde	0,70-0,90
Rekkehus-/leilighets-område	0,60-0,80
Eneboligområder	0,50-0,70
Industriområder	0,50-0,90
Park- og lekeområder, gravlunder, plener	0,10-0,30
Takflater, plasser/veger o.l. med asfalt- eller betongoverflate	0,85-0,95
Plasser, innkjørsler o.l. med belegningsstein	0,70-0,85
Grusbelagte veger, plasser, innkjørsler - komprimert	0,60-0,80
Grusbelagte veger, plasser, innkjørsler – løs	0,30-0,50
Skogs- og myrområder	0,10-0,30
Dyrket mark (åker, eng)	0,20-0,40
Bart fjell	0,60-0,90

Tabell 2.4.5.a. Veiledende verdier for avrenningskoeffisienter (ϕ) (21)

Tromsø kommune anbefaler også den rasjonelle metoden for arealer mindre eller lik 50 ha for beregning av overvann. Tromsø opererer derimot med litt andre avrenningskoeffisienter sammenlignet med de andre kommunene det er sett på. (21)

“Overvann, takvann og drensvann fra private eiendommer er ikke ønskelig i kommunal overvannsledning. Dersom tilknytning likevel er nødvendig, skal husene ha sandfangskum/husdrenskum før tilkobling til overvannsledning.” (21)

Tromsø kommune ønsker heller ikke påslipp på det kommunale nettet, men kan gi tillatelse til dette dersom det er nødvendig. Utbygger skal alltid vurdere lokal overvannsdisponering for infiltrasjon, fordrøyning og aktuelle flomveier før det gis tillatelse. Det er ingen satt maksimal påslippmengde, men dette vurderes individuelt. (21)

2.4.6 Konklusjon/sammenligning

De største kommunene i landet har alle VA-normer med overvannsveiledere. Innholdet i disse varierer, og hvordan kommunene stiller seg til påslipp av overvann varierer også. Alle kommunene som er sett på, bortsett fra Trondheim ønsker i utgangspunktet ikke påslipp på kommunalt nett. Det kreves også dokumentasjon på hvilke tiltak som er gjort, og at det faktisk er behov for påslipp hos kommunene. Den rasjonelle metoden for beregning av mengde overvann og dimensjonering brukes av alle kommunene det er sett på for arealer mindre enn 50 ha, bortsett fra Stavanger, som anbefaler den for arealer mindre enn 20 ha. Når det gjelder maksimalt påslipp, opererer kommunene med ulike metoder. Trondheim kommune bruker grafer som avhenger av redusert areal. Oslo kommune har tabeller avhengig av totalt areal og dimensjon på ledning. Trondheim og Oslo er også de eneste som skiller på kravene når det gjelder separatsystem og fellessystem. Stavanger kommune tillater maksimalt påslipp ut fra hva ledningsnettets originalt ble dimensjonert for opprinnelig. Tromsø og Bergen har ingen fast øvre grense på maksimalt påslipp, men vurderer hver sak individuelt når påslipp tillates. Alle kommunene det er sett på i oppgaven stiller seg positiv til blågrønne tiltak og løsninger. Det er likevel relativt store forskjeller i praksisen til de ulike kommunene om hvordan de bestemmer maksimalt tillatt påslipp.

I denne oppgaven er det sett på de største kommunene i Norge, og det er ikke overraskende at de har et godt utarbeidet sett med dokumenter når det gjelder overvann. Det er ikke situasjonen for alle kommuner i Norge, og det finnes også kommuner uten noen form for VA-norm. Norsk vann jobber med et nytt prosjekt som heter «Norsk Vannstandard», som skal erstatte VA-norm og VA/Miljø-blad, som vil gi flere generelle bestemmelser og gjøre det lettere for små kommuner å utarbeide VA-normer og veiledere. Et mer samlet system for beregning av overvann vil gjøre det mer oversiktlig når det skal prosjekteres. (22)

3 Resultat

3.1 Løsning for Dråpen Moderne

Det er i denne oppgaven blitt utarbeidet en konkret løsning for hvordan et blågrønt tak kan etableres på Norgeshus sitt modellhus; Dråpen Moderne. Under punkt 3.1.1 og 3.1.2 vil løsningen som presenteres ta for seg oppbyggingen av den blågrønne løsningen og konstruksjonsløsningen.

Blågrønn takløsning og konstruksjonsløsningen er gitt etter funksjonskrav fra teknisk forskrift og etter preaksepterte løsninger fra Sintef Byggforsk. Det tas ikke hensyn til krav om bæreevne, stivhet, varmeisolasjon og fukt da dette går utenfor oppgavens rammer. Det tas hensyn til korrekt sjiktoppbygging og løsning for blågrønt tak på bolighus. Valg av materialer er tatt fra opprinnelig løsning av Dråpen Moderne fra Norgeshus, dette for å minimere omprosjekteringskostnader ved en blågrønn takløsning.

3.1.1 Oppbygging blågrønn løsning

Oppbyggingen av sedumtaket er gjort av Bergknapp for Norgeshus i forbindelse med bacheloroppgaven. Bergknapp er en produsent og leverandør av blågrønne tak og vegger. Det ble utarbeidet et tilbud fra Bergknapp til Norgeshus på et sedumtak tilpasset Dråpen Moderne, som vil bli presentert i det etterfølgende. Økonomi og tidsforbruk knyttet til dette tilbudet vil bli omtalt under punkt 3.4 *Økonomi og tidsforbruk*. Oppbyggingen som er omtalt under er bygd opp av et sett av lag som er satt sammen for å gi gode vekstforhold til sedumartene taket består av.

Sedummatter og vekstmedium

Sedummatter er kjernen i et blågrønt tak. Mattene har en estetisk verdi, men har som hovedoppgave å ta opp og lagre vann, binde støv, rense luft, dempe støy og å være et habitat. Produktet som er anbefalt fra Bergknapp er Sedummix som kombinerer sedummatter og vekstmedium. Vekstmediumet er sjiktet som i hovedsak etableres for rotutvikling og plantevekst.

Produkt anbefalt i tilbudet fra Bergknapp:

- Bergknapp Sedummix Engros.

Filtdukt

Filtduk etableres som et vannlagrende sjikt som vil fungere som et vannreservoar for vegetasjonen. Sjiktet vil også holde igjen vann ved høy nedbørintensitet for og ikke overbelaste overvannsnett.

Produkt anbefalt i tilbudet fra Bergknapp:

- Filtduk 800 gr/m². 3,8 l. vann/m² – Engros.

Dreneringsmatte

Dreneringsmatte er et obligatorisk sjikt i henhold til NS 3840 og blir etablert for å sikre at planterøttene i laget over ikke blir stående i vann og vil i tillegg drener bort overskuddsvann.
(3)

Produkt anbefalt i tilbudet fra Bergknapp:

- Drensmatte 20 mm/ 7,4 l/m² Engros.

Rotsperre

Det anbefales å etablere en taktekning med dokumentert rotmotstand. Hvis dette etterfølges, behøver man ikke montere rotsperre. Rotsperre er et obligatorisk sjikt i henhold til NS 3840 og må derfor bli etablert gjennom tilstrekkelig kvalitet på takbelegget eller ved en separat rotsperre. (3)

Grusing

For å tilfredsstill NS 3840 sine krav til brannspredning må det etableres en 500 mm barriere med ubrennbare materialer mot gjennomføring og parapet. Dette kan løses ved krusing i et belte på 500 mm rundt randsonen og en kvadratmeter med grus rundt takgjennomføringer.

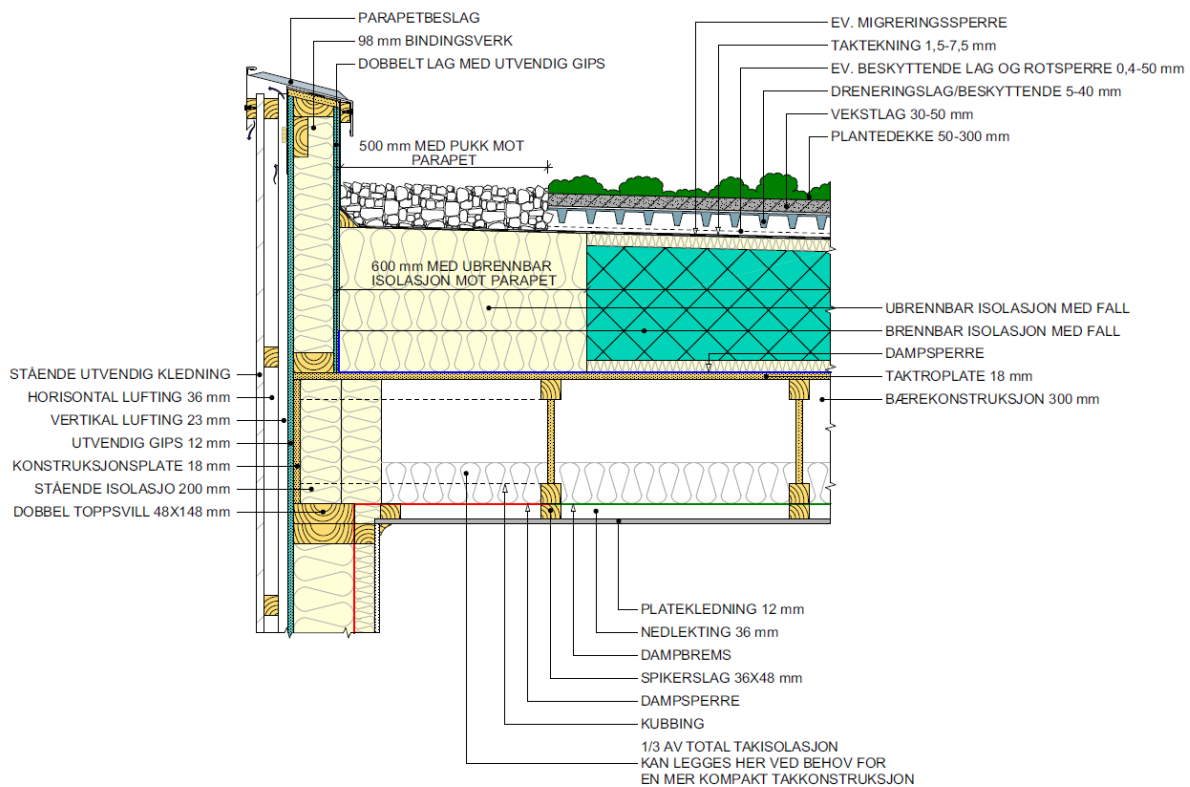
3.1.2 Oppbygging av takkonstruksjon

Konstruksjonseksempel 1 og 2 er to forskjellige løsninger for Dråpen Moderne.

Konstruksjonseksempelene og beskrivelse av de ulike sjiktene vil bli presentert i følgende tekst. Figur 3.1.2.a beskriver konstruksjonseksempel 1 og figur 3.1.2.b beskriver konstruksjonseksempel 2. Disse detaljene kan ses nærmere på i vedlegg 3.1.i og vedlegg 3.1.ii.

Konstruksjonseksempel 1

Konstruksjonseksempel 1 er en preakseptert løsning som er forholdsvis lik løsningen Norgeshus har valgt på det tradisjonelle taket. Dette for å minimere omprosjekteringskostnadene ved å etablere et blågrønt tak på Dråpen Moderne.



Figur 3.1.2.a. Konstruksjonseksempel 1. Sedumtak, isolasjon over taktekning.

Taktekning

Taktekningen skal sørge for at den vanntette funksjonen på taket blir ivaretatt. Taktekningen vil bli lagt over fallisolasjonen og vil danne et vanntett sjikt over hele taket. Det må anvendes et takbelegg som hindrer gjennomgroing av røtter, hvis ikke må det etableres en rotsperre. Taktekningen skal føres opp og over parapeten, som vist på figur 3.2.2.a.

Migreringssperre

Migreringssperre må vurderes brukt ut ifra hvilke produkter som benyttes som taktekning og isolasjon. Hvis taktekningen er av PVC og isolasjonen av polystyren må migreringssperre benyttes for å hindre at taktekningen fryser fast i isolasjonen.

Isolasjon

Forskriftskrav på tykkelse til varmeisolasjonen blir som nevnt tidligere ikke tatt hensyn til, men valg av type isolasjon og plasseringen av den blir vektlagt.

For konstruksjonseksempel 1 ligger isolasjonen over taktroplaten og vil gi en forholdsvis høytbyggende konstruksjon som kan sette begrensninger for etasjehøyder med tanke på byggehøyde på aktuelt sted. For å redusere konstruksjonshøyden for denne løsningen mest mulig kan 1/3 av den totale isolasjonstykkelsen eventuelt plasseres under taktroen og dampsperran. ((4, 23) s. 272). Denne løsningen krever et isolasjonsmateriale med tilstrekkelig trykkfasthet og må legges som et kontinuerlig sjikt over dampsperra. Brennbar isolasjon i kompakte tak skal tildekkes eller bygges inn mellom ubrennbare materialer. Derfor skal brennbar isolasjon erstattes med ubrennbar isolasjon i en brede på 600 mm fra parapet og rørgjennomføring. Brennbar isolasjon skal også tildekkes med minimum 30 mm isolasjon på over og underside slik at brennbar isolasjon ikke tilstøter brennbare materialer. Isolasjonen på taket legges med et fall på 1:40 for å få drenert bort vann.

Dampsperre

Dampsperran legges mellom taktroplaten og isolasjonen. Dampsperran har som hensikt å minimere fukttransport inn i konstruksjonen og å hindre luftlekkasjer.

Taktroplaten

Taktroplaten blir etablert som en hel og stiv skive som vil være med på å stive av bygget horisontalt. Disse platene skrur ned i sperrene og vil bli underlag for dampsperran og isolasjonen.

Bærekonstruksjon

Bærekonstruksjonen på denne løsningen for Dråpen Moderne er i-bjelker på 300 mm. Denne løsningen er benyttet av Norgeshus i Dråpen Moderne, for å minske omprosjekteringskostnadene velges samme bærekonstruksjon. Dimensjonering av bærekonstruksjonen kan leses om under delkapittel 3.2.1 og underoverskrift «*kontroll av takets bæreevne*».

Dampbrems

Siden det kompakte taket ikke har luftet takteking må det på varm side monteres en dampbrems som klemmes mot dampsperran som kommer opp fra veggen og ca. 600 mm inn i himlingen (se figur 3.1.2.a). Dampbremsen dekker da store deler av taket og er der for å unngå at sperrene, som er et organisk materiale, blir liggende mellom to damptette sjikt. Hvis fukt skulle oppstå i konstruksjonen gir dampbremsen muligheten til uttørking inn mot rommet ved varme dager der taket blir oppvarmet.

Nedlekting

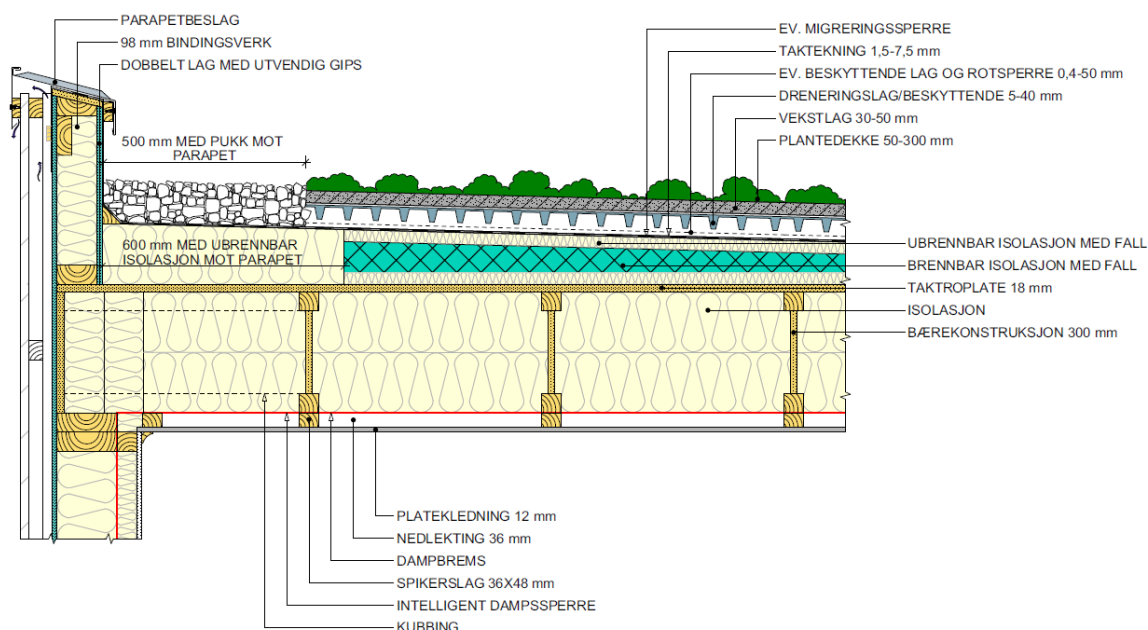
Nedlektingen vil danne en luftespalte mellom dampsperran og himlingsplaten. Denne luftspalten har som hovedhensikt å sikre uttørking av eventuelle fukter som blir presset ut gjennom dampbremsen og ender opp i denne luftspalten.

Innvendig himling

Valg av innvendig himling avhenger om det blir etablert en luftespalte mellom dampsperran på varm side og himlingplaten eller ikke. Siden det blir nedsenket himling og da en luftespalte trengs det ikke en himlingsplate med lav vanndampmotstand. Det gir flere muligheter ved valg av himlingsplate.

Konstruksjonseksempel 2

Konstruksjonseksempel 2 er en utarbeidet løsning i den hensikt å få en slank takkonstruksjon. Denne løsningen er ikke en preakseptert løsning, men en løsning som kan gi store fordeler hvis konstruksjonstykkelsen er viktig ved et prosjekt. I følgende tekst vil kun oppbygging og sjikt med ulike egenskaper fra konstruksjonseksempel 1 bli omtalt.



Figur 3.1.2.b. Konstruksjonseksempel 2. Sedumtak, isolasjon under takteknung som gir en slankere konstruksjon enn konstruksjonseksempel 1.

Taktekning

Taktekning blir etablert med samme hensikt og på samme sted som i konstruksjonseksempel 1.

Migreringssperre

Migreringssperre etableres på samme grunnlag som konstruksjonseksempel 1.

Isolasjon

Forskriftskrav til tykkelse på varmeisolasjonen blir som nevnt tidligere ikke tatt hensyn til, men valg av type isolasjon blir vektlagt.

For å oppnå en slank takkonstruksjon, er plassering av isolasjon vesentlig i kompakte takløsninger. Ved konstruksjonseksempel 2 legges isolasjonen i hovedsak under taktroplaten for å da redusere konstruksjonshøyden. Isolasjonen som da legges over taktroplaten er kun fallisolasjon, for å sikre tilstrekkelig fall for å drenere bort vann. Det som gjør denne løsningen utfordrende, er at isolasjonen ligger i et sjikt hvor eventuell fuktdannelse vil skape store problemer og dyre rehabiliteringskostnader. Løsningen for uttørking av eventuell fuktdannelse blir omtalt under punktet om intelligent dampsperre.

Dampsperre

Dampsperran ble ved konstruksjonseksempel 1 lagt mellom taktroplaten og overliggende isolasjon. Ved konstruksjonseksempel 2 blir ikke denne dampsperran lagt fordi den intelligente dampsperran skal sikre tilstrekkelig lufttetthet og hindre fuktransport fra rommet og inn i takkonstruksjonen.

Taktroplaten

Taktroplaten blir etablert med samme hensikt og på samme sted som i konstruksjonseksempel 1.

Bærekonstruksjon

Ved bærekonstruksjon gjelder de samme forutsetningene som ved konstruksjonseksempel 1.

Intelligent dampsperre

Siden det kompakte taket har luftet takteking og isolasjonen ligger kontinuerlig fra taktekingen til dampsperran må dampsperran på innsiden være av typen intelligent dampsperre med variabel vandampmotstand. Dette for å unngå at sperrane som er et organisk materiale blir liggende mellom to damprette sjikt og for å gi mulighet for uttørking av takkonstruksjonen. Den intelligente dampsperran har en vandampmotstand som varierer med luftas relative fuktighet. Dette gir taket selvuttørkingsevne når det blir oppvarmet av sola. Utfordringen med intelligent dampsperre og en blågrønn takløsning er at et blågrønt tak ikke absorberer varme fra sola like godt som at tradisjonelt tak med svart takteking. Dette kan gi utfordringer ved at takkonstruksjonen ikke får den tilstrekkelige varmen som kreves for å gi taket selvuttørkingsevne.

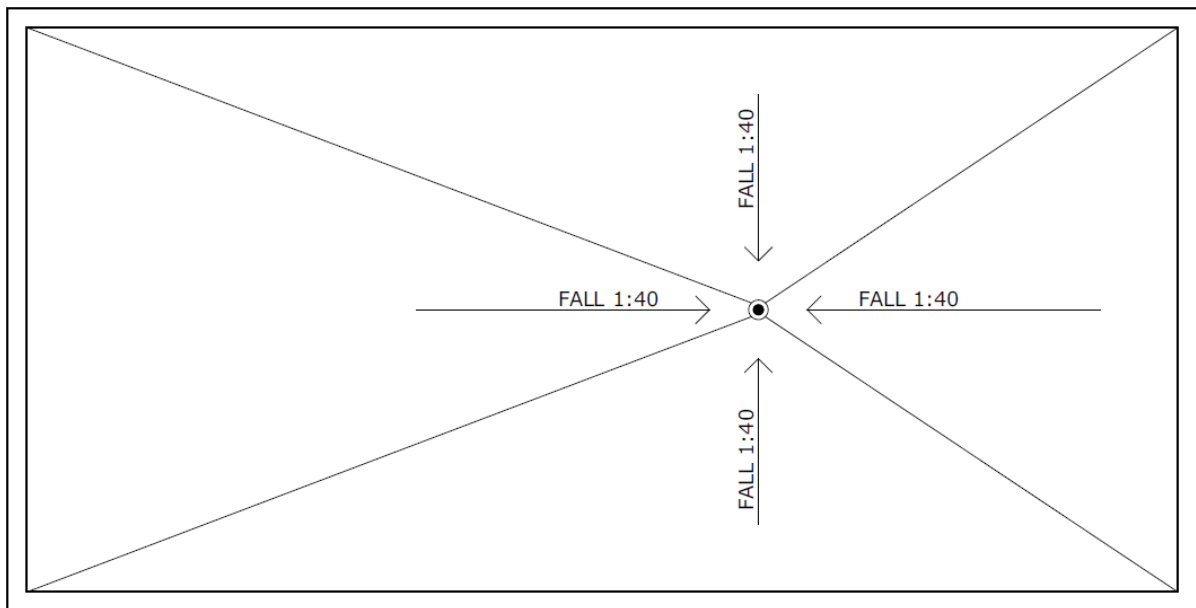
Nedlekting og innvendig himling

Ved nedlekting og innvendig himling gjelder de samme premissene som ved konstruksjonseksempel 1.

3.1.3 Avrenning, avløp og parapet

Tek 17 § 13-12 (2) sier at «*Tak skal prosjekteres og utføres med tilstrekkelig fall og avløp slik at regn og smeltevann renner av. Nedbør, snøsmelting og ising skal ikke føre til skader på byggverket.*»

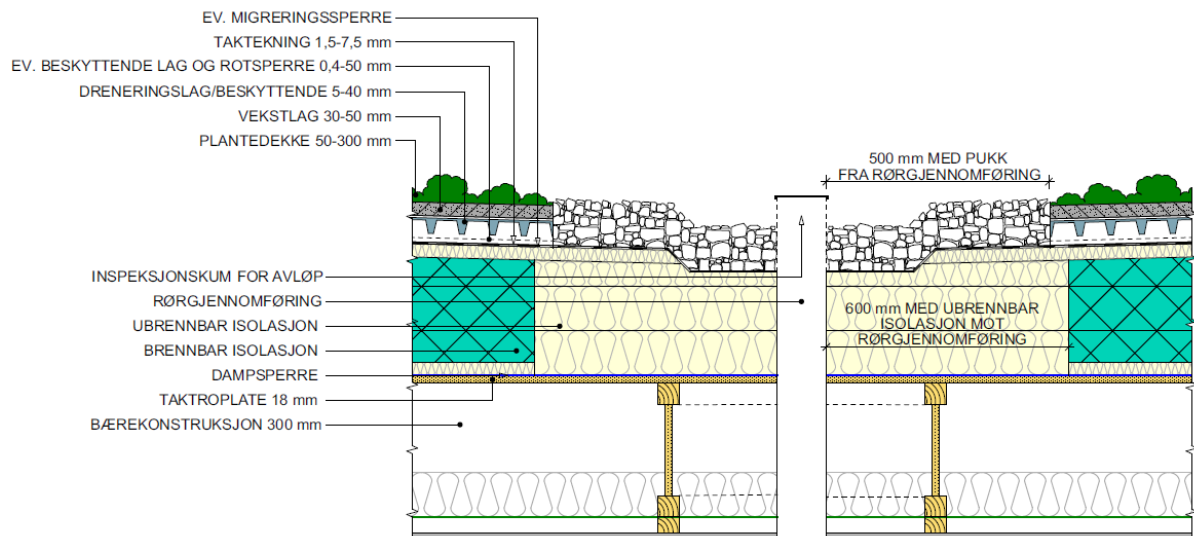
I det følgende skal det legges fram hvordan avrenning, avløp og parapet kan løses på Dråpen Moderne med en blågrønn takløsning.



Figur 3.1.3.a. Sedumtak, fallplan. Planskisse av tak med firesidig fall mot sluk.

Fallplanen over (figur 3.1.3.a) viser hvordan overvann ledes igjennom det blågrønne taket og mot en forsenkning sentralt på taket og ned i nedløpsrør. Taket legges med et fall på 1:40 for å sikre tilstrekkelig avrenning. Plasseringen av nedløpet på taket har samme plassering som det Norgeshus opprinnelig har prosjektert med på Dråpen Moderne. Det er hensiktsmessig å plassere nedløpet på samme sted for å slippe omkostninger med ekstra rørføringer og flytting av rørsjakter nedover i huset.

Avløp

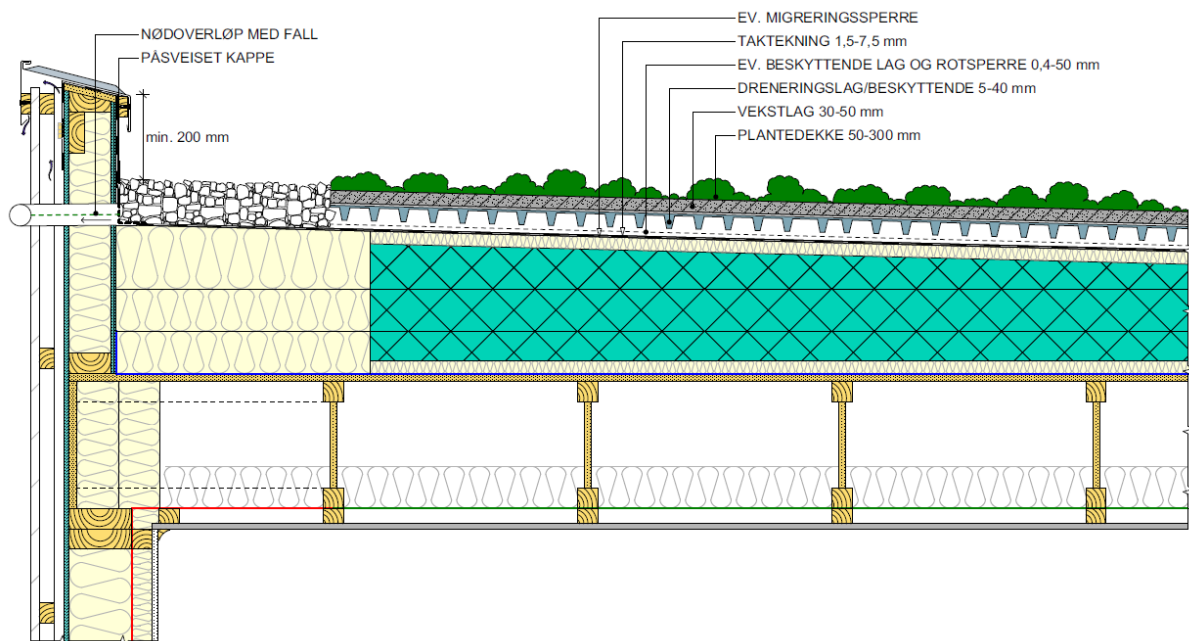


Figur 3.1.3.b. Sedumtak, rørgjennomføring.

På figurene over (figur 3.1.3.b) vises et eksempel på utføring av avløp på et sedumtak. Sluk i sedumtak må ha inspeksjonskum. Rundt luken legges separasjonsteriler for å hindre utvasking av finstoff, som kan gi avleiring i sluk eller nedløp. Inspeksjonskummen etableres i en sone med filtermasser på 500mm rundt sluket. Som vist på figuren over anbefales et lokalt nedsenket sluk som gir økt varmegjennomgang og økt snøsmelting, dette for å forhindre isdannelser i sluket.

Avløpsrørene på et sedumtak må prosjekteres som for vanlige tak, siden et vannmettet sedumtak kan få tilnærmet samme avrenningsbehov under ekstremnedbør som et vanlig tak.

Nødoverløp



Figur 3.1.3.c. Sedumtak. Nødoverløp.

Nødoverløp må monteres for å hindre overbelastning, nødoverløpet monteres så lavt som mulig for å se en tydelig avrenning når sluket i taket ikke fungerer.

Parapet

Dråpen Moderne med sedumtak, utføres med parapet som har en høyde på 200 – 300 mm over ferdig isolert og ferdig etablert sedumtak. Taktekingen føres opp på og over parapeten med klemt, luftet avslutning over vindtettingen på veggen.

Parapetbeslag og andre beslag fungerer som regnskjerm i en totrinns tetning. Beslaget må ha en effektiv dryppkant i en avstand på minimum 20 mm fra vegglivet. Utformingen må være slik at beslaget skjermer mot indrev av snø eller slagregn. Beslaget bør ha et utfellingskammer rett innenfor lufteåpningen. Parapetbeslaget må ha stående stangfalsler, andre beslag kan ha overlappskjøter. (11)

3.2 Prosjektering, utførelse og vedlikehold

Denne oppgaven har i hovedsak sett på oppbygging av et kompakt tak med en blågrønn løsning, det er også mange andre utfordringer og aspekter knyttet til en slik prosjektering. Det vil derfor under dette punkt kort omtales ulike aspekter som er viktige ved prosjektering av en blågrønn takløsning.

3.2.1 Prosjektering

Dimensjonering av bæreevne

For nybygg som ved løsning for Dråpen Moderne, der et sedumtak allerede er med i planleggingen, er det viktig at rådgivende ingeniør i bygg tar hensyn til den ekstra tyngden et sedumtak gir ved dimensjonering av bærekonstruksjonen. Det er viktig å innhente korrekt informasjon om vekt for aktuell type sedumtak i vannmettet tilstand for bruk i beregninger.

(4)

Brannspredning

TEK 17 sier i § 11.9 om materialer og produkters egenskaper ved brann under punkt 1 at: «Byggverk skal prosjekteres og utføres slik at det er liten sannsynlighet for at brann skal oppstå, utvikle og spre seg». Videre under punkt 2 gis det at: «materialer og produkter skal ha egenskaper som ikke gir uakseptable bidrag til brannutvikling».

Med det som er gitt i TEK 17 stilles det store krav til valg og riktig bruk av materialer i et kompakt blågrønt tak. Det er viktig at rådgivende ingeniør i brann kommer tidlig inn i prosjekteringen av et nytt bygg med blågrønt tak.

Vindavblåsning

Vindavblåsning er ikke et stort problem ved blågrønne tak, men med nye lettere sedumtak vil vindavblåsning være noe å ta hensyn til ved prosjektering av blågrønne takløsninger. Vindsuget i rand- og hjørnesoner på flate tak er verst med tanke på avblåsning av sedummatter.

3.2.2 Utførelse

Utførelsen av blågrønt tak er viktig å planlegge og prosjektere nøye slik at man unngår dyre rehabiliteringskostnader ved eventuelle feil. Det å velge riktige plantearter og å utføre korrekt utlegging av sedummatter er viktig for å oppnå et godt resultat. Tetthetskontroll

etter utlagt taktekning må også gjennomføres for å sikre et tett tak som ikke vil gi fuktskader.

3.2.3 Vedlikehold

Sedumtak trenger noe vedlikehold og det er derfor viktig at tiltakshaver, eier og bruker av huset må ha oversikt over hva et sedumtak trenger av skjøtsel og vedlikehold for å leve. Det er også viktig å ha kjennskap til takets oppbygging slik at taket ikke skades ved vedlikeholdsarbeid som utføres med håndverktøy som spader, gressklipper og kanttrimmer. Se teoridel under punkt 2.1.3 for mer utfyllende informasjon om vedlikehold av blågrønne tak.

3.3 Avrenning

Taket på Dråpen Moderne har et areal på 68 m² (11,78x5,78m). For å illustrere og beregne endringen i avrenning fra taket, settes et tenkt hus i Trondheim kommune og beregningstall tas deretter.

Avrenningskoeffisienten som det regnes med for løsningen som anbefales i denne oppgaven er basert på erfaringstall. Det er sett på resultatene i «Styrtregn og grønne tak» om hvor mye vann som ble gjennomsnittlig tilbakeholdt over de fem årene, og sammenlignet med oppbyggingen av taket i rapporten og løsningen som anbefales her. En avrenningskoeffisient på 0,5 vil gi en reduksjon på 44,4 % i avrenning ned fra taket sammenlignet med en koeffisient på 0,9, som er en realistisk og god verdi. Når man regner med den rasjonelle metoden regnes det med dimensjonerende regnintensitet, altså intens nedbør. Blågrønne tak håndterer intens nedbør best, og fra «Styrtregn og grønne tak» som omtales i kapittel 2.2.2 ser man at 41 til 46 % av vannet ble tilbakeholdt på et fuktig tak under intens nedbør. Å regne med en koeffisient som gir 44,4 % reduksjon i avrenning virker å være forsvarlig, da man regner på intens, kort nedbør.

I Trondheim faller det gjennomsnittlig 892 mm nedbør hvert år. Det vil si at for et tak som på Dråpen Moderne vil det falle 60 656 liter med vann hvert år. Ved omlegging til blågrønt tak med en avrenningskoeffisient på 0,5 i stedet for 0,9, avgir taket 26 955 liter mindre vann hvert år. Dette er vann som dermed ikke kommer inn på det kommunale ledningsnett, og vil redusere kostnadene kommunen har med håndtering av overvann.

For å bedre illustrere effekten av blågrønne tak skal det ses på effekten av å omgjøre alle boligene i et tenkt boligfelt om til blågrønne tak. Det tenkte boligfeltet plasseres i Trondheim kommune og består av 40 boliger fordelt på 1,4 hektar, som er en realistisk boligtetthet i Trondheim. (24) Alle utregninger vises på vedlegg 3.3.i.

Ved bruk av tradisjonelle tak får boligfeltet en maksimal avrenning på 192,2 l/s, som er 148,2 l/s mer enn hva Trondheim kommune tillater av påslipp fra dette boligfeltet. Ved bruk av blågrønne tak senkes den maksimale avrenningen til 162,3 l/s som er 125,3 l/s mer enn maksimalt tillatt påslipp.

Det er tydelig at blågrønne som eneste lokale overvannstiltak i et boligfelt som dette ikke er nok, men det har en tydelig effekt, og gjør slik at man kommer 22,9 l/s, eller 15,5 % nærmere påslippskravet.

3.4 Økonomi og tidsforbruk

Det er forventet å få økte kostnader ved bruk av blågrønne tak, kontra opprinnelig løsning for Dråpen Moderne. Eksisterende løsning er et flatt, rettvendt kompakttak. Med en blågrønn løsning på taket, vil eksisterende løsning hovedsakelig stå, og man legger den blågrønne løsningen ovenfor.

Pris på eksisterende løsning er kalkulert til 207 348,03 kroner eksklusiv merverdiavgift. Dette inkluderer alle materialer, også spiker og skruer. Innlagt i prisen er også arbeidsmengden og lønn. (25)

Ved løsningen som anbefales for Dråpen Moderne er det ikke noen deler av det tradisjonelle taket som endres eller fjernes. Det er bare den blågrønne løsningen som kommer i tillegg til eksisterende tak. Det eneste man er nødt til å passe på er at taktekningen er rotbestandig.

Den blågrønne løsningen som anbefales for Dråpen Moderne leveres av Bergknapp, som har et samarbeid med Norgeshus, med rabatterte priser på produktene deres sammenlignet med prisen en privatperson ville fått. Den blågrønne takløsningen består av:

- Sedumvegetasjon
- Filtduk
- Dreneringsmatte

Dreneringsmatten har en pris på 62,00 kr pr m², filtduk 34,00 kr pr m² og sedumvegetasjonen 298,00 kr pr m². Totalt blir det 24 765,60 kr for materialene til den blågrønne takløsningen på Dråpen Moderne eksklusiv merverdiavgiften.

Når man inkluderer alle utgiftene som inkluderer frakt på 4500,00 kr, rigging på 8000,00 kr og legging av det blågrønne taket til 8640,00 kr legges sammen, blir det en samlet pris på 45 905,60 kr.

Det tradisjonelle taket har en pris på 207 348,03 kr, mens det blågrønne taket får en totalpris på 253 253,63 kr. Det er en prisøkning på 22,1 % på taket. Ser man på hele huset totalt som har en orginalpris på 2 508 170,99 kr, er det kun en minimal en økning i pris på 1,8 %.

Det vil også ta lengre tid å ferdigstille huset ved å legge blågrønt tak. Leggingen av taket har en pris på 8640,00 kr. Antatt en timespris på 770,00 kr som Norgeshus bruker i sine beregninger tar det 12 timer ekstra å legge taket. Taket vil altså kunne legges på én dag med to arbeidere. Det gir et økt tidsforbruk på 9,1 % sammenlignet med det tradisjonelle taket. Sett på totalt timebruk på hele huset som er anslått til 1843,9 timer er de 12 ekstra timene bare en økning på 0,7 % i tidsforbruk.

4 Konklusjon

Det er tydelig at blågrønne tak på bolighus er noe som absolutt er mulig, og har mange fordeler. De fleste kommuner har i dag en eller annen form for overvannsveileder, hvor påslippskrav til offentlig avløpsnett beskrives. De siste årene har disse kravene blitt strengere, og dette vil de etter all sannsynlighet fortsette å bli i takt med økende ekstremvær. Blågrønne løsninger som blågrønne tak vil bli mer og mer sentral i lokal håndtering av overvann. Ved bruk av den blågrønne takløsningen for Dråpen Moderne kan man bruke en avrenningskoeffisient på 0,5 sammenlignet med 0,9 på tradisjonelle tak, som bidrar til redusert avrenning fra taket. Ved å gjøre om alle takene i et tenkt boligfelt i Trondheim kommune, og følge beregningsmetoden beskrevet i Trondheim kommunes overvannsveileder ble mengden avrenning fra feltet redusert med 15,5 %. Ved enda tettere bebyggelse vil effekten bli enda tydeligere. Det er heller ikke bare håndtering av overvann som er positivt med blågrønne tak. Blågrønne tak er også positivt da det øker biologisk mangfold, og kan gi et grønt innslag i tett bebygde byer.

Det er derimot ikke bare positive sider ved blågrønne tak. Blågrønne tak koster mer enn tradisjonelle tak, noe som kan gjøre det lett for privatpersoner å velge bort løsningen. For det aktuelle huset i denne oppgaven var det 1,8 % dyrere å bygge huset med blågrønt tak, sammenlignet med tradisjonelt tak.

Når man skal vurdere verdien av det blågrønne taket, om det er fornuftig og forsvarlig å velge til tross for den økte kostnaden bestemmer omgivelsene rundt mye. Steder med mange tette flater og utfordringer med overvannshåndtering som i de største byene her i landet er blågrønne tak å anbefale på bolighus. Effekten det blågrønne taket har i et tett bebygd strøk er stor nok til at det kan anbefales. Kommer man derimot mer utenfor byen, hvor det ikke er så tettbebygd og det er lite overvannsproblemer er det vanskeligere å anbefale, da det vil ha minimal effekt på omgivelsene.

Konstruksjonsmessig er det ingen store utfordringer med blågrønne tak, og det vil absolutt la seg gjøre. Ved konstruksjonseksempel 2 vil hovedutfordringen være bruken av intelligent dampsperre ved en kompakt løsning, hvor det kan oppstå problemer med uttørkingsevnen til taket. Intelligent dampsperre krever at takkonstruksjonen varmes opp for å transportere fukten inn i rommet for uttørking. Siden sedumtak ikke varmes opp like mye som et

tradisjonelt tak, grunnet absorberingsevnen, kan dette gi problemer. Konstruksjonseksempel 2 er likevel en løsning å jobbe videre med, knyttet til utfordringen med byggehøyde og tykke takkonstruksjoner. Ved bruk av konstruksjonseksempel 1 som anbefales for Dråpen Moderne, der man unngår intelligent dampsperre og benytter dampbrems og isolasjon over taktroplaten, er ikke selvuttørkingsevnen til taket et like stort problem.

Oppsummert er det ingen store utfordringer knyttet til å anlegge blågrønne tak på bolighus. Blågrønne tak kan anbefales på bolighus i tettbygde områder der overvannshåndtering er en utfordring, og hvor taket dermed vil ha god effekt. Utenfor byer, der det er mindre tette flater vil ikke blågrønne tak ha noen stor innvirkning og den økte kostnaden gjør det vanskelig å anbefale, med mindre man gjør det for estetiske grunner.

5 Referanser og kilder

5.1 Tabelliste

Tabell 2.1.2.a. Sjiktoppbygning. (1) (3).....	5
Tabell 2.4.1.a Retningsgivende verdier for avrenningskoeffisient (ϕ) (13)	32
Tabell 2.4.2.a. Øvre grense for påslipp til aktiv overvannsledning, basert på dimensjonen og tiltaksareal.(15)	34
Tabell 2.4.2.b. Øvre grense for påslipp til inaktiv overvannsledning eller fellessystem, basert på dimensjonen og tiltaksareal.(15).....	35
Tabell 2.4.4.a. Avrenningskoeffisienter for eksisterende nett (17) Avrenningskoeffisienter for eksisterende nett (17)	37
Tabell 2.4.4.b. Avrenningskoeffisienter for ny situasjon (18)	37
Tabell 2.4.5.a. Veiledende verdier for avrenningskoeffisienter (ϕ) (21)	39

5.2 Figurliste

Figur 2.1.2.a. Oppbygning av flatt, kompakt sedumtak. (1).....	8
Figur 2.1.2.b. Oppbygning av svakt skrående, kompakt sedumtak. (1)	8
Figur 2.1.2.c. Oppbygging av skrått, luftet sedumtak. (1)	9
Figur 2.2.1.a. Summasjonskurve	14
Figur 2.2.2.a. Avrenning på fuktig tak ved intens nedbør. (8)	15
Figur 2.2.2.b. Avrenning på vått tak ved intens nedbør. (8)	16
Figur 2.2.2.c. Avrenning ved nedbør over lengre tid. (8)	17
Figur 2.2.2.d. Gjennomsnittlig tilbakeholdt nedbør pr år over en fem-års periode. (8)	18
Figur 2.3.1.a. Hovedtyper av tak ut fra oppbygning. (10)	21
Figur 2.3.1.b. Kompakte taktyper. (11)	22
Figur 2.3.1.c. Eksempel på oppbygningen av rettventd tak med bærekonstruksjon av betong. (11)	22
Figur 2.3.1.d. Eksempel på oppbygningen av rettventd tak med bærekonstruksjon av trebjelkelag. (11)	22
Figur 2.3.1.e. Eksempel på oppbygningen av rettventd tak med bærekonstruksjon av massivtre. (11).....	23
Figur 2.3.1.f. Eksempel på oppbygningen av rettventd tak med bærekonstruksjon av stål. (11)	23
Figur 2.3.4.a. Eksempel på inspeksjonskum for sluk i sedumtak. (1).....	26
Figur 2.3.4.b. Fall på tak mot nedsenket renne på midten av taket. Alternativt kan bærekonstruksjonen legges med fall. (11).....	27
Figur 2.3.4.c. Fall mot sluk plassert ved yttervegg. (11)	28
Figur 2.3.4.d. Planskisse av tak med firesidig fall mot sluk og der alle andre gjennomføringer er plassert i høybrekkene. (11).....	28
Figur 2.3.4.e. Eksempel på plassering av nødoverløp. (1)	29

Figur 2.3.5.a. Eksempel på tiltak mot bannspredning på sedumtak. (1)	30
Figur 2.3.5.b. Brennbar isolasjon må erstatte med ubrennbar isolasjon i en bredde på 600 mm mot brennbare materialer. (11).....	30
Figur 2.4.1.a. Separat system. Minimumskrav til fordrøyning og maksimal videreført vannmengde. (13)	32
Figur 2.4.1.b. Fellessystem/ ikke virksomt separatsystem. Minimumskrav til fordrøyning og maksimal videreført vannmengde. (13).....	33
Figur 3.1.2.a. Konstruksjonseksempel 1. Sedumtak, isolasjon over taktekning.	43
Figur 3.1.2.b. Konstruksjonseksempel 2. Sedumtak, isolasjon under taktekning som gir en slankere konstruksjon enn konstruksjonseksempel 1.	46
Figur 3.1.3.a. Sedumtak, fallplan. Planskisse av tak med firesidig fall mot sluk.	48
Figur 3.1.3.b. Sedumtak, rørgjennomføring.....	49
Figur 3.1.3.c. Sedumtak. Nødoverløp.....	50

5.3 Kilder

1. Noreng K. 544.823 Sedumtak [Internett]. Byggforsk: Sintef; 2013 [updated November 2013; cited 2020 11. mars]. Available from: <https://www.byggforsk.no/dokument/4093/sedumtak>.
2. Elvebakk K, Time B, Skjeldrum PM, Kvande T. Ombygging til blågrønne og blågrå tak | Problemstillinger og sjekklister. Trondheim: SINTEF Building and Infrastructure; 2018. Report No.: 10.
3. Norsk Standard. NS 3840. Grønne tak | Planlegging, prosjektering, utførelse, skjøtsel og drift | Ekstensive tak [Internett]. Standard Norge; 2015 [cited 2020 13.05]. Available from: <https://www.standard.no/nettbutikk/sokeresultater/?search=NS+3840&subscr=1>.
4. TPF. Grønne tak. Rapport nr. 10 [Internett]. TPF informerer: Takprodusentenes Forskningsgruppe; 2019 [cited 2020 21. april]. Available from: <http://www.tpf-info.org/>.
5. Aasand FI, Ødegaard H. Vann- og avløpsteknikk. 2 ed. Oslo: Norsk Vann; 2014.
6. United States Environmental Protection Agency. Storm Water Management Model (SWMM) [Artikkel]. USA: United States Environmental Protection Agency; 2020 [updated 11. Mars 2020; cited 2020 17. Mars].
7. Noreng K, Kvalvik M, Busklein JO, Ødegård IM, Clewing CS, French HK. Grønne tak | Resultater fra et kunnskapsinnhentingsprosjekt. Oslo: Sintef Byggforsk; 2012. Report No.: Prosjektrapport 104.
8. Braskerud B. Grønne tak og styrtregn. Oslo: Norges vassdrag- og energidirektorat; 2014. Report No.: 65.
9. Byggteknisk forskrift (TEK 17) med veiledning [Internett]. Direktoratet for byggkvalitet; 2017 [cited 2020 23. april]. Available from: <https://dibk.no/byggereglene/byggteknisk-forskrift-tek17/>.
10. Ramstad T, Thommesen JE. 525.002 Takformer, taktyper og oppbygning [Internett]. Byggforsk: Sintef; 2018 [updated Februar 2018; cited 2020 11. mars]. Available from: https://www.byggforsk.no/dokument/381/takformer_taktyper_og_oppbygning#i91.

11. Noreng K. 525.207 Kompakte tak [Internett]. Byggforsk: Sintef; 2018 [updated April 2018; cited 2020 27. mars]. Available from:
https://www.byggforsk.no/dokument/387/kompakte_tak.
12. Trondheim Kommune. Planbeskrivelse, Kommuneplanens arealdel 2012-2024, (2013).
13. Trondheim kommune. Beregning av overvannsmengde. Dimensjonering av ledning og fordrøyingsvolum, (2020).
14. Oslo kommune. Strategi for overvannshåndtering i oslo, (2013).
15. Oslo kommune. Overvannshåndtering, en veileder for utbygger, (2017).
16. Bergen kommune. Retningslinjer for overvannshåndtering i Bergen kommune, (2005).
17. Stavanger kommune. Krav til overvannshåndtering Stavanger: Stavanger kommune; 2020 [updated 26.03.2020; cited 2020 29.03.2020]. Available from:
<https://www.stavanger.kommune.no/bolig-og-bygg/vann-og-avlop/skjema-veiledere-og-regelverk/krav-til-overvannshandtering/#11957>.
18. Stavanger kommune. Overvannshåndtering, (2017).
19. Jacobsen BZ. Mailkorrespondanse, 30.03.2020.
20. Tromsø kommune. VA-norm for Tromsø kommune, (2018).
21. Tromsø kommune. Vedlegg til VA-norm, veileder overvann, (2018).
22. Bakstad T. Stiftelsen VA/Miljø-blad opphører [Internet]. Norsk vann.no: Norsk Vann; 2020 [Available from: <https://www.norsk vann.no/index.php/meninger/presse/2318-presse melding-stiftelsen-va-milj%C3%B8-blad-f%C3%A5r-plass-i-historieb%C3%B8kene>].
23. Edvardsen KI, Ramstad TØ. Trehus. Oslo: Sintef akademisk forlag; 2014.
24. Boligfortetting i Trondheim kommune. Trondheim kommune, Byplankontoret; 2019.
25. Sundli KA. Dråpen moderne, Beskrivelse. Norgeshus; 2018.

6 Vedlegg

Vedlegg 1	Artikkel.....	1
Vedlegg 2	Plakat.....	3
Vedlegg 3.1.i	Sedumtak, isolasjon over taktekning.....	4
Vedlegg 3.1.ii	Sedumtak, isolasjon under taktekning.....	5
Vedlegg 3.1.iii	Sedumtak, rørgjennomføring.....	6
Vedlegg 3.1.iv	Sedumtak, nødoverløp.....	7
Vedlegg 3.1.v	Sedumtak, fallplan.....	8
Vedlegg 3.3.i	Beregning overvann.....	9
Vedlegg 3.4.i	Tilbudet fra Bergknapp.....	13



Omprosjektering fra tradisjonelle til blågrønne tak

En bacheloroppgave fra NTNU som ser på prosjektering av en blågrønn takløsning og effekten den gir, og det viser seg å ha stor effekt i tett bebyggelse. Ved å prosjektere et blågrønt tak på modellhuset; Dråpen Moderne, til Norgeshus viser det seg at privatpersoner kan bli en viktig bidragsyter i jobben med overvannshåndtering uten store økonomiske kostnader.

TEKST: Øystein Østerås og Magnus Mørtvedt Rugelbak

Det å prosjektere blågrønne tak på bolighus er ikke veldig utbredt, men absolutt mulig og en viktig brikke i jobben med overvannshåndtering. Norgeshus ønsker å være tidlig ute med en blågrønn løsning på et av sine hus og har derfor engasjert en bachelorgruppe til å prosjektere dette.

Ved å se på blågrønne takløsninger, fordrøyning og avrenningseffekter, bygningstekniske forhold og noen kommunale krav. Er det ingen tvil om at blågrønne tak på bolighus i tettbebygde område, har en enorm verdi.

Blågrønn takløsning

Byer vokser stadig, og urbanisering i Norge fører til flere tette flater som gir større påkjenning på overvannsnett. Blågrønne tak er et av mange tiltak for å fordrøye vannet slik at påslippet på overvannsnett ikke blir så stort ved ekstremnedbør.

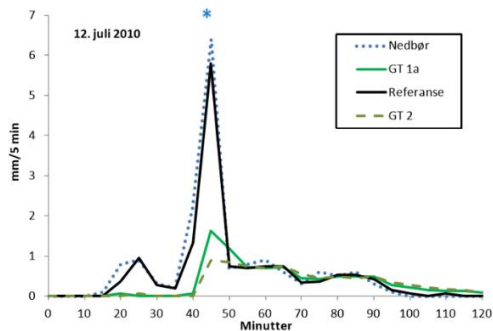
Det finnes tre hovedkategorier blågrønne tak, ekstensive, semi-intensive, og intensive blågrønne tak. Ekstensive blågrønne tak, mest kjent som sedumtak, er taktypen som er mest brukt og er å anbefale på bolighus. Oppbygningen av et slikt sedumtak består av sjiktene vist på figur 2 og kan sammenlignes med et

torvtak bare slankere og har en mer teknisk oppbygging.

Vedlikehold for en privatperson vil bestå av å fjerne døde planter, gjødsling, lusing, løvfjerning og kontroll av sluk, to ganger i året. Noe av dette vedlikeholdet kommer i tillegg til vedlikeholdsarbeid ved et tradisjonelt tak, men vil allikevel være viktig for å sikre et velfungerende sedumtak.

Fordrøyning og avrenning

Den vanligste metoden for å beregne overvann er den rasjonelle metode, med mindre det er store utbyggerfelt der datasimuleringer trengs. Kort fortalt baserer den rasjonelle metoden seg ut på avrenningskoeffisientene til flatene på feltet og nedbørintensitet på stedet for å finne dimensjonerende mengde overvann. Det blågrønne tak hjelper til med å få ned avrenningskoeffisienten på taket fra 0,9 til 0,5-0,6. Det gir mindre avrenning fra taket til overvannsnett. På figuren 1, ser man avrenningen på to grønne tak sammenlignet med et tradisjonelt tak. Under nedbørstilfellet på figur 1 holdt de grønne takene tilbake mellom 41 og 46 % mer vann enn det tradisjonelle taket.

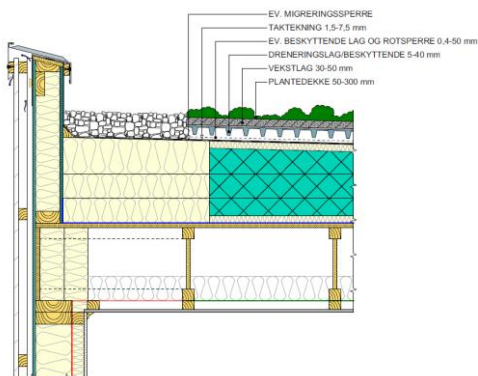


Figur 1 Avrenning

Ved benyttelse av blågrønne tak på alle bolighusene i et boligfelt gjør dette et stort bidrag og kan redusere total avrenning fra hele feltet med minst 15 %. Blågrønne tak i seg selv er nok sjeldent nok til å håndtere overvann lokalt og man trenger ofte andre løsninger i tillegg, men det har et tydelig bidrag på lokal overvannshåndtering.

Bygningstekniske forhold

Ved prosjektering av et blågrønt tak er det mange utfordringer og aspekter å ta hensyn til. Ved etablering av et blågrønt tak, er bæreevne, brannspredning, vindavblåsning, tekniske installasjoner og parapethøyde viktige bygningstekniske forhold og utfordringer prosjekterende må ta tidlig på alvor i prosjekteringsfasen.



Figur 2 Takoppbygging for Dråpen Moderne

Konstruksjonsmessig er det ingen store utfordringer knyttet til et blågrønt tak, kontra et tradisjonelt tak. På figur 2 vises det hvordan Dråpen Moderne kan

prosjekteres med et blågrønt tak. Løsningen følger tradisjonell byggeskikk for kompakte tak helt opp til etableringen av det blågrønne taket, og det vil derfor ikke være en kjempestor økonomisk utfordring for en privatperson å ha blågrønt tak på et bolighus i tettbygde boligområder.

Kommunale krav

De fleste store kommunene har i dag overvannsveiledere der de ulike kravene for maksimal tillatt videreført vannmengde på offentlig nett er beskrevet. Generelt sett er alle de store kommunene positiv til blågrønne løsninger som blågrønne tak, men kravene varierer. I mindre kommuner er variasjonen enda større, og det finnes kommuner uten overvannsveiledere.

Norsk Vann er under utarbeidelse av Norsk Vannstandard som skal samle krav og retningslinjer, også angående overvann som vil gjøre det lettere å få samlede krav, og vil gjøre det lettere for mindre kommuner med mindre kapasitet å lage overvannsveiledere.

Blågrønne tak er med andre ord et effektivt tiltak for å løse lokal håndtering av overvann. Med bare 22,1 % økning i kostnader og 9,1 % økt tidsforbruk sammenlignet med legging av tradisjonelt tak er dette en fornuftig løsning for byer der man ellers er omringet av tette flater. Prisforskjellen er likevel såpass merkbar at det ikke anbefales å legge blågrønne tak utenfor tette byer der lokal overvannshåndtering ikke er et problem, med mindre man ønsker det av estetiske grunner.



Institutt for bygg- og miljøteknikk

OMPROSJEKTERING FRA TRADISJONELLE TIL BLÅGRØNNE TAK

Re-engineering from traditional to blue-green roofs

Prosjektbeskrivelse

- Blågrønne takløsninger
- Fordrøyning- og avrenningseffekt
- Bygningstekniske forhold
- Kommunale krav
- Omprosjektering

Konklusjon

- Ekstensive blågrønne sedumtak egner seg best for bolighus.
- Utførelsen av en blågrønn takløsning på et bolighus er praktisk gjennomførbart.
- I tettbebygd boligfelt gir blågrønne tak 15% mindre avrenning på overvannsnett.
- De bygningstekniske utfordringene blir byggehøyden og

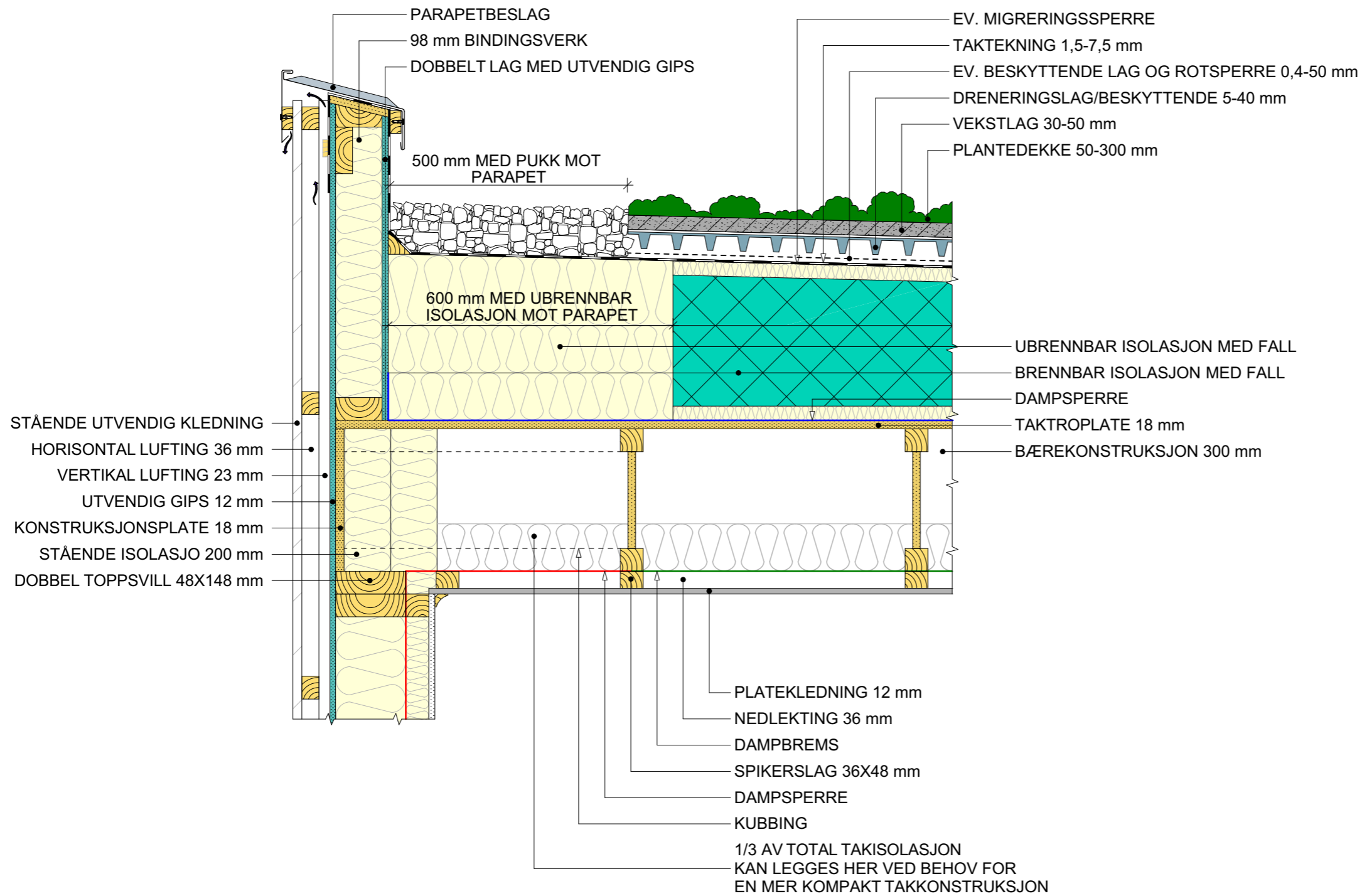


Prosjektnummer:
2020-08

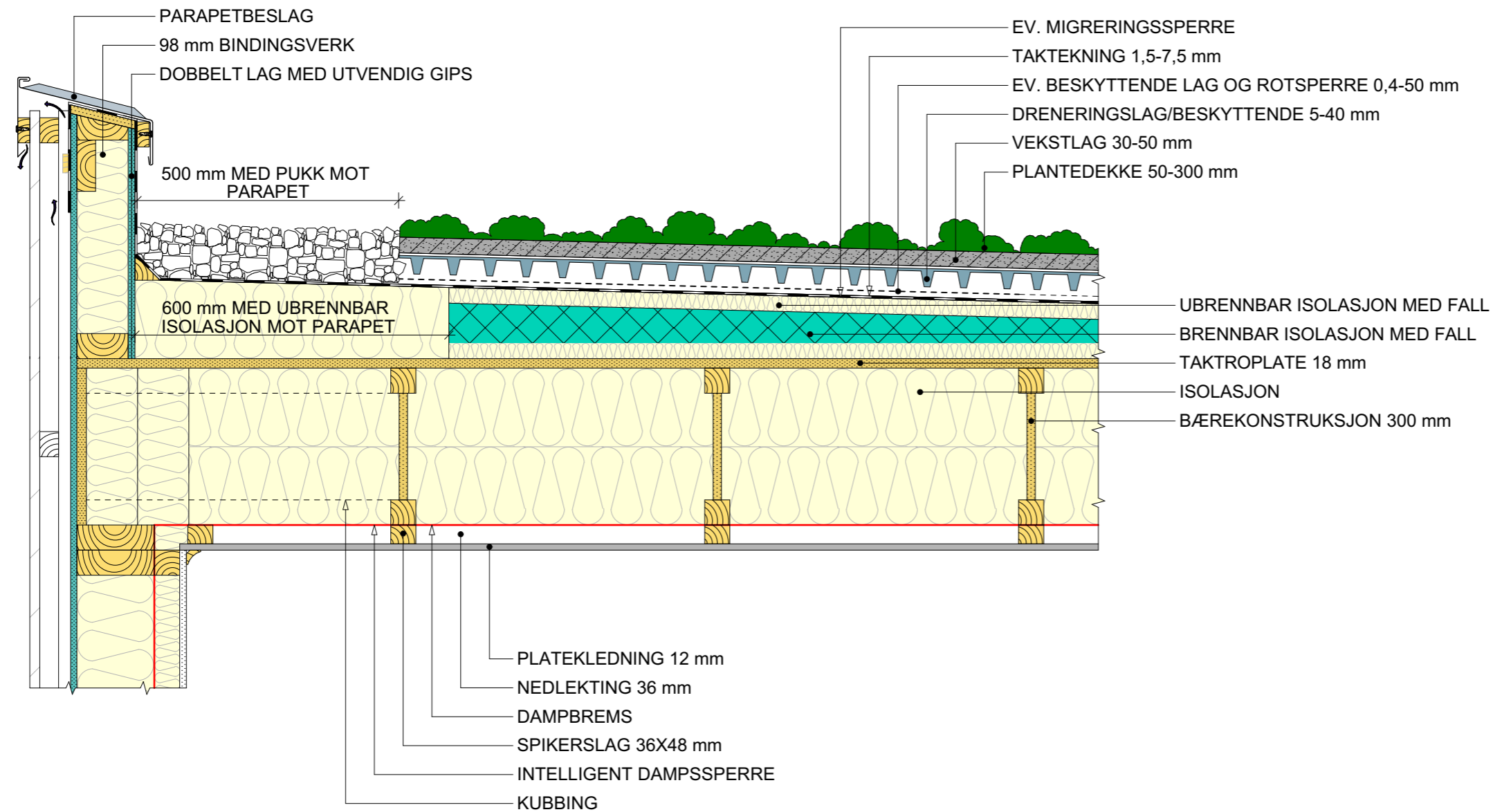
Intern veileder:
Rolf Edvard Petersen

Ekstern veileder:
Jan Tore Tangstad
Snorre Bjørkum

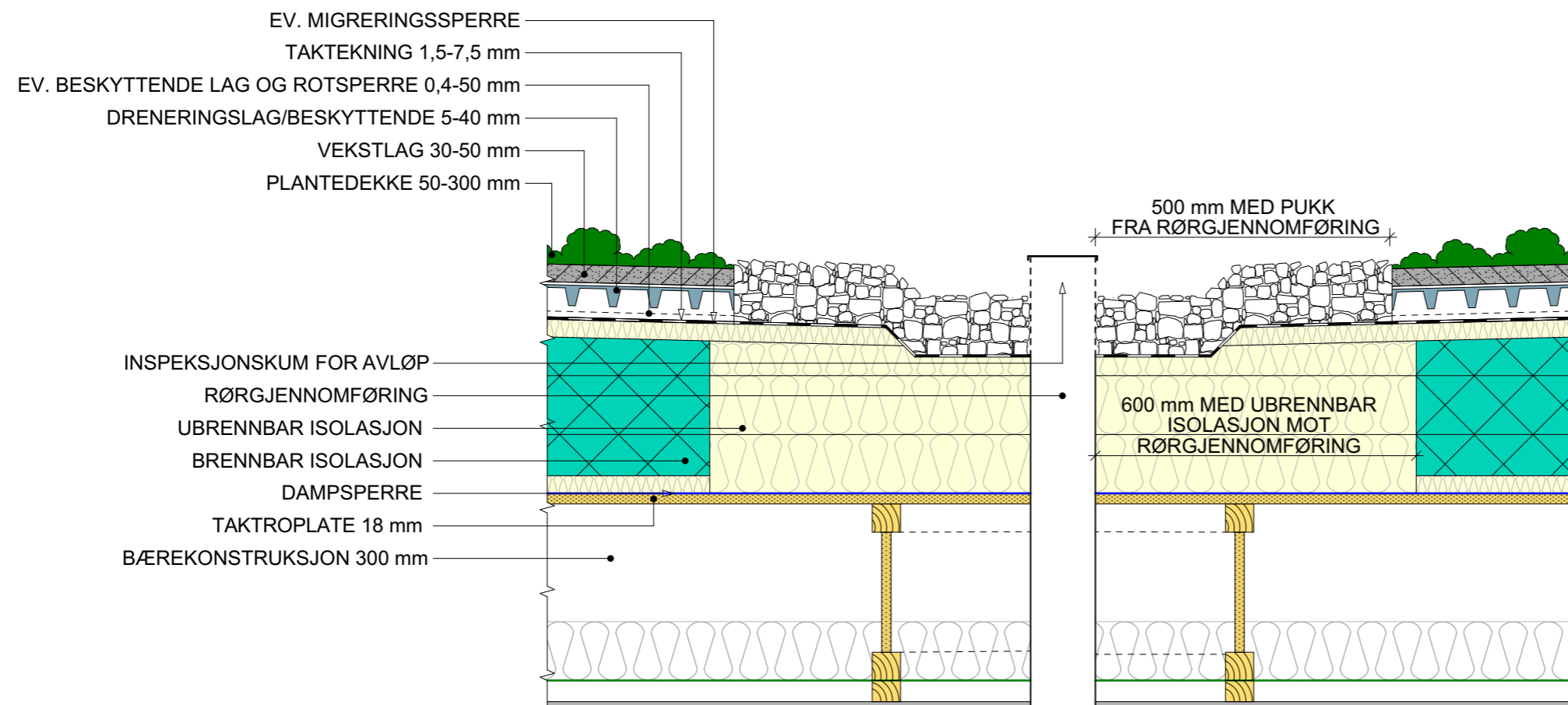
Studenter:
Øystein Østerås
Magnus Mørtvedt Rugelbak



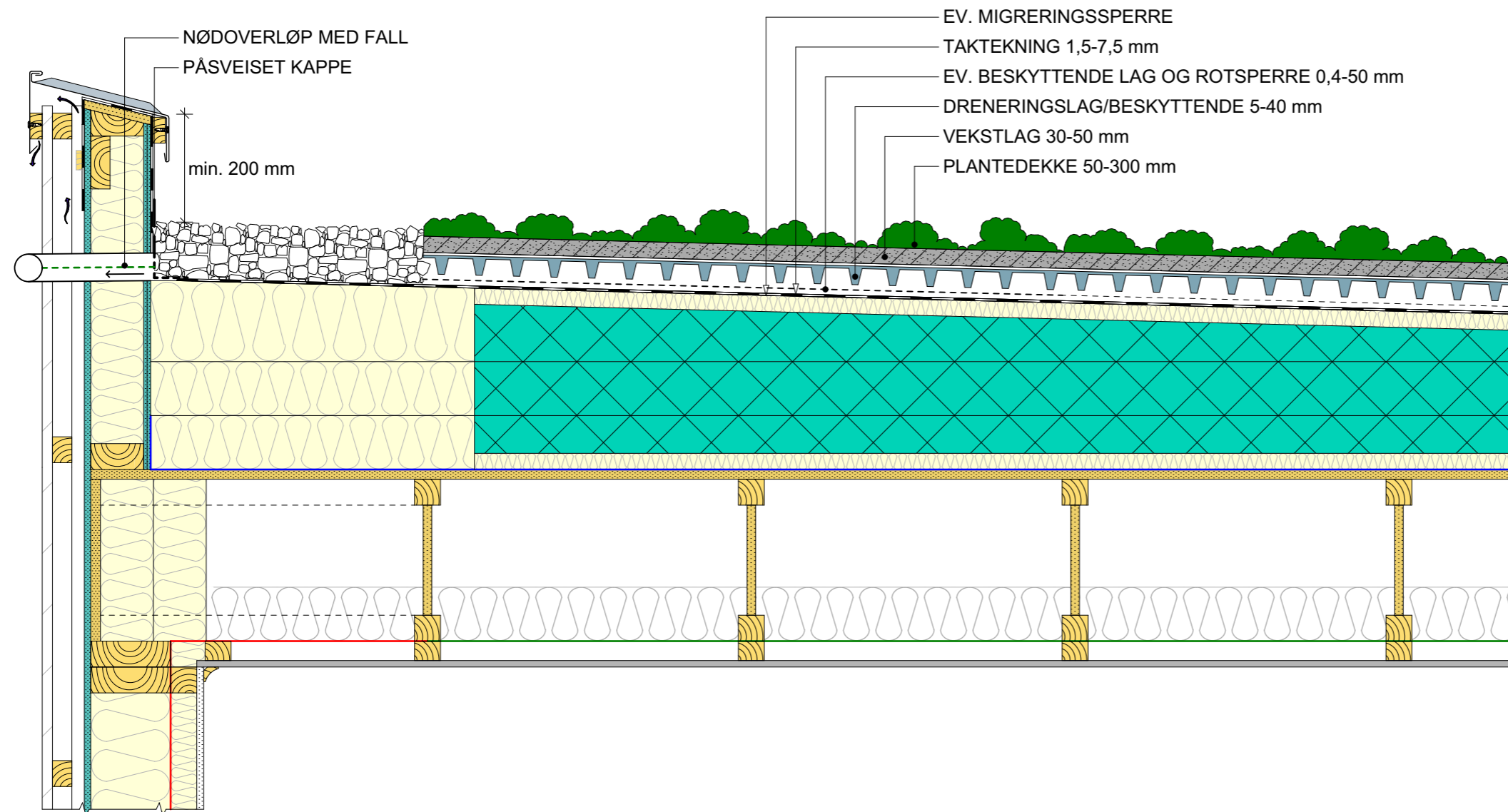
Prosjekt: Bacheloroppgave	Tegnet av: Øystein Østerås
Omprosjektering fra tradisjonelle til blågrønne tak Re-engineering from traditional to blue-green roofs	Prosjektnr: 2020-08
	Dato: 20.05.2020
Tegning: Sedumtak, isolasjon over takteking	Målestokk: 1:10
	Tegningsnr.: 3.1.d1
Kilder: i. FWH. Detaljtegninger fra Norgeshus. 2018. ii. Noreng K. 544.823 Sedumtak [Internett]. Byggforsk: Sintef; 2013 [updated November 2013; cited 2020 11. mars]. Available from: https://www.byggforsk.no/dokument/4093/sedumtak . iii. Noreng K. 525.207 Kompakte tak [Internett]. Byggforsk: Sintef; 2018 [updated April 2018; cited 2020 27. mars]. Available from: https://www.byggforsk.no/dokument/387/kompakte_tak .	



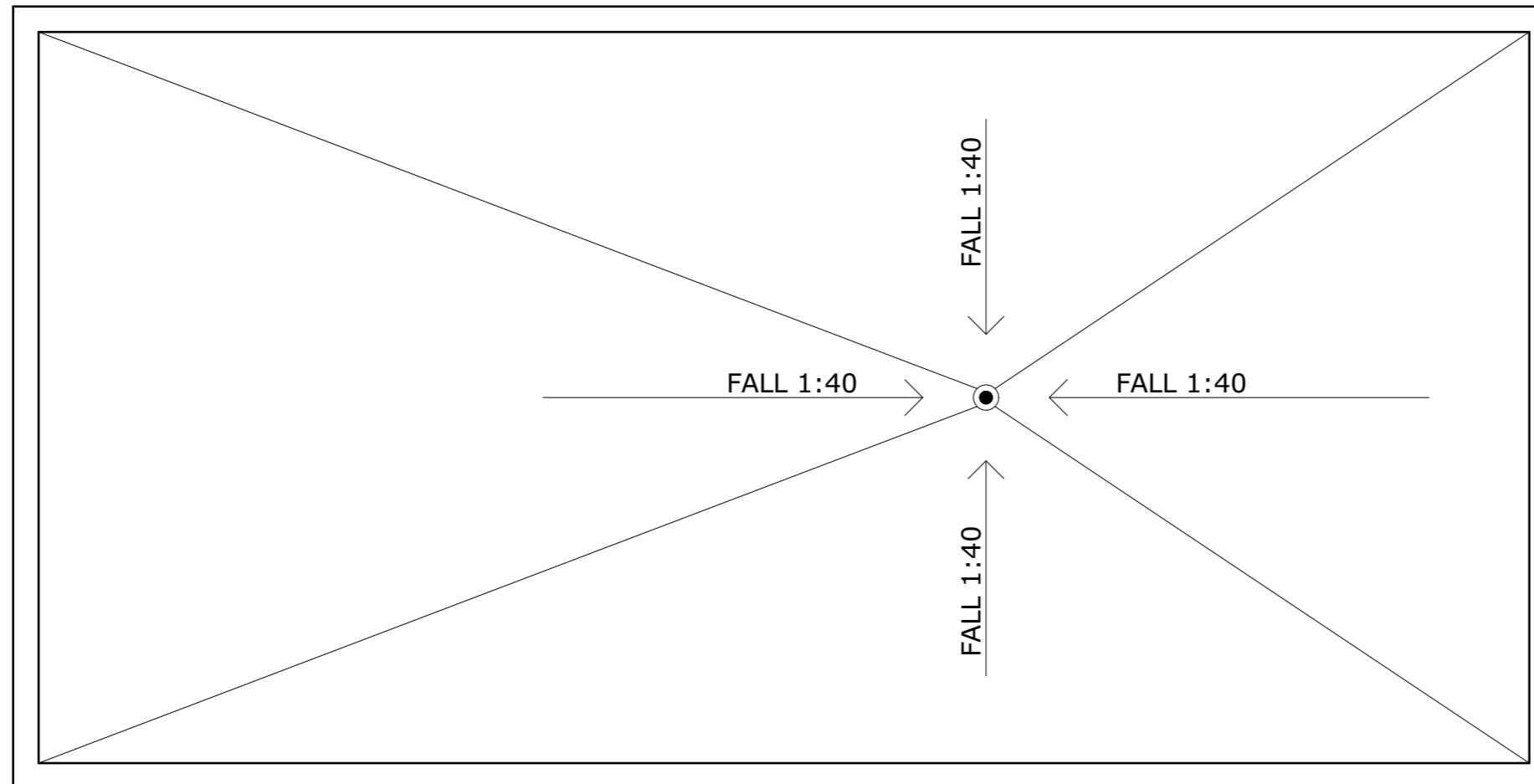
Prosjekt: Bacheloroppgave	Tegnet av: Øystein Østerås
Omprosjektering fra tradisjonelle til blågrønne tak Re-engineering from traditional to blue-green roofs	Prosjektnr: 2020-08
	Dato: 20.05.2020
Tegning: Sedumtak, isolasjon under takteknig	Målestokk: 1:10
	Tegningsnr.: 3.1.d2
Kilder: i. FWH. Detaljtegninger fra Norgeshus. 2018. ii. Noreng K. 544.823 Sedumtak [Internett]. Byggforsk: Sintef; 2013 [updated November 2013; cited 2020 11. mars]. Available from: https://www.byggforsk.no/dokument/4093/sedumtak . iii. Noreng K. 525.207 Kompakte tak [Internett]. Byggforsk: Sintef; 2018 [updated April 2018; cited 2020 27. mars]. Available from: https://www.byggforsk.no/dokument/387/kompakte_tak .	



Prosjekt: Bacheloroppgave	Tegnet av: Øystein Østerås
Omprosjektering fra tradisjonelle til blågrønne tak Re-engineering from traditional to blue-green roofs	Prosjektnr.: 2020-08
	Dato: 20.05.2020
Tegning: Sedumtak, rørgjennomføring	Målestokk: 1:10
	Tegningsnr.: 3.1.d3
Kilder: i. FWH. Detaljtegninger fra Norgeshus. 2018. ii. Noreng K. 544.823 Sedumtak [Internett]. Byggforsk: Sintef; 2013 [updated November 2013; cited 2020 11. mars]. Available from: https://www.byggforsk.no/dokument/4093/sedumtak . iii. Noreng K. 525.207 Kompakte tak [Internett]. Byggforsk: Sintef; 2018 [updated April 2018; cited 2020 27. mars]. Available from: https://www.byggforsk.no/dokument/387/kompakte_tak .	



Prosjekt: Bacheloroppgave Omprosjektering fra tradisjonelle til blågrønne tak Re-engineering from traditional to blue-green roofs	Tegnet av: Øystein Østerås Prosjektnr: 2020-08 Dato: 20.05.2020
Tegning: Sedumtak, nødoverløp	Målestokk: 1:10 Tegningsnr.: 3.1.d4
Kilder: i. FWH. Detaljtegninger fra Norgeshus. 2018. ii. Noreng K. 544.823 Sedumtak [Internett]. Byggforsk: Sintef; 2013 [updated November 2013; cited 2020 11. mars]. Available from: https://www.byggforsk.no/dokument/4093/sedumtak . iii. Noreng K. 525.207 Kompakte tak [Internett]. Byggforsk: Sintef; 2018 [updated April 2018; cited 2020 27. mars]. Available from: https://www.byggforsk.no/dokument/387/kompakte_tak .	



Prosjekt: Bacheloroppgave	Tegnet av: Øystein Østerås
Omprosjektering fra tradisjonelle til blågrønne tak Re-engineering from traditional to blue-green roofs	Prosjektnr: 2020-08
	Dato: 20.05.2020
Tegning: Sedumtak, fallplan	Målestokk: 1:50
	Tegningsnr.: 3.1.d5
Kilder: i. FWH. Detaljtegninger fra Norgeshus. 2018. ii. Noreng K. 544.823 Sedumtak [Internett]. Byggforsk: Sintef; 2013 [updated November 2013; cited 2020 11. mars]. Available from: https://www.byggforsk.no/dokument/4093/sedumtak . iii. Noreng K. 525.207 Kompakte tak [Internett]. Byggforsk: Sintef; 2018 [updated April 2018; cited 2020 27. mars]. Available from: https://www.byggforsk.no/dokument/387/kompakte_tak .	

Beregning av overvann, boligfelt.

Regner ut overvannsmengden uten bruk av blågrønne tak ut fra den rasjonelle metoden, gitt ved:

$$Q = \varphi \cdot A \cdot I \cdot k_f$$

Type flate	Størrelse [ha]	Avrenningskoeffisient
Tak	0,32	0,9
Asfalt/vei	0,33	0,9
Grus	0,2	0,7
Plen/gress	0,55	0,3
Totalt	1,4	

$$\varphi_{midl} = \frac{0,32 * 0,9 + 0,33 * 0,9 + 0,2 * 0,7 + 0,55 * 0,3}{1,4} = 0,636$$

Type areal	Avrenningskoeffisient Φ
Tette flater (tak, asfalterte plasser/veger og lignende.)	0,85- 0,95
Bykjerne	0,70 – 0,90
Rekkehus-/leilighetsområder	0,60 – 0,80
Eneboligområder	0,50 – 0,70
Grusveier/-plasser	0,60 – 0,80
Industriområder	0,50 – 0,90
Plen, park, eng, skog, dyrket mark	0,30 – 0,50

Trondheim kommune. Beregning av overvannsmengde. Dimensjonering av ledning og fordrøyingsvolum, (2020).

En avrenningskoeffisient på 0,636 på et boligfelt med eneboliger ser man er i samsvar med Trondheims anbefalinger for avrenningskoeffisienter, og dermed et realistisk scenario.

Varighet	Returperiode < 50 år	Returperiode \geq 50 år
\leq 1 time	1.4	1.5
2-3 timer	1.4	1.4
4-6 timer	1.3	1.4
7-24 timer	1.3	1.3

Trondheim kommune. Beregning av overvannsmengde. Dimensjonering av ledning og fordrøyingsvolum, (2020).

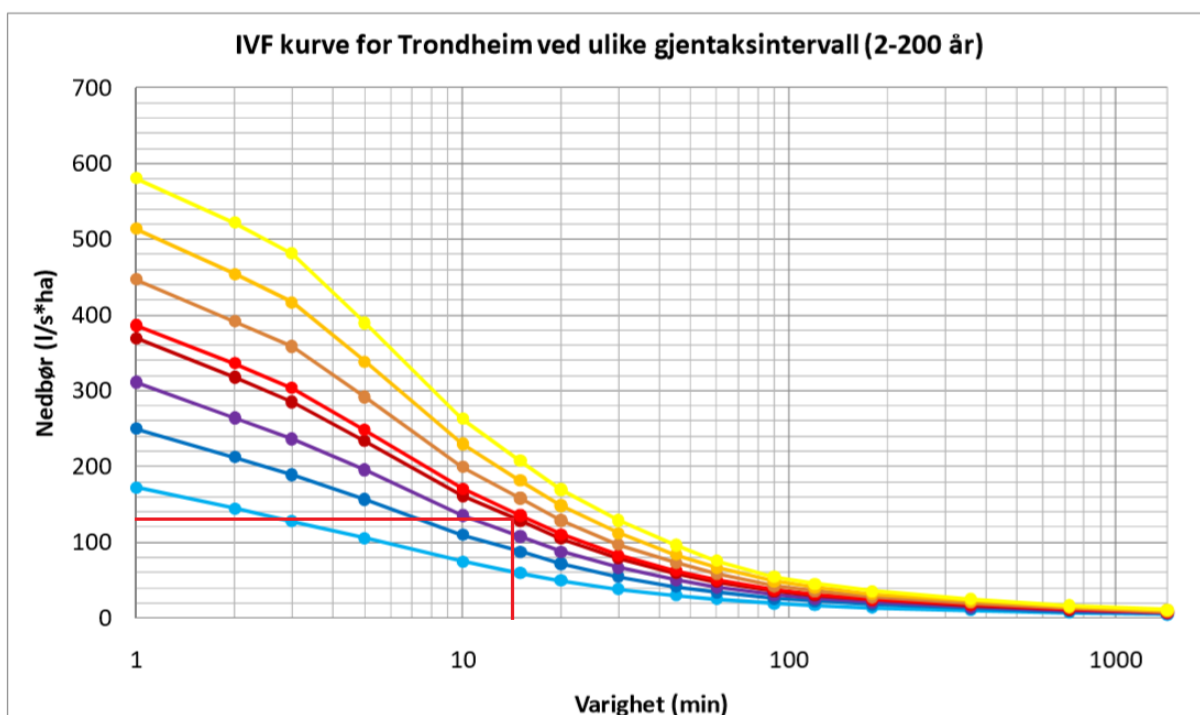
Velger klimafaktor 1,4 ut fra tabellen gitt fra overvannsveilederen til Trondheim kommune.

Dimensjonerende regnskylhyppighet (gjentakintervall ¹)	Områdetype	Dimensjonerende oversvømmelseshyppighet (gjentakintervall ²)
2 år	Ubebygde område	10 år
10 år 20 år	Boligområde Åpent Lukket	20 år 30 år
20 år 30 år	By/sentrumsområde Åpent Lukket	30 år 50 år

Trondheim kommune. Beregning av overvannsmengde. Dimensjonering av ledning og fordrøyingsvolum, (2020).

Velger gjentakintervall på 20 år ut fra tabellen gitt fra overvannsveilederen til Trondheim kommune.

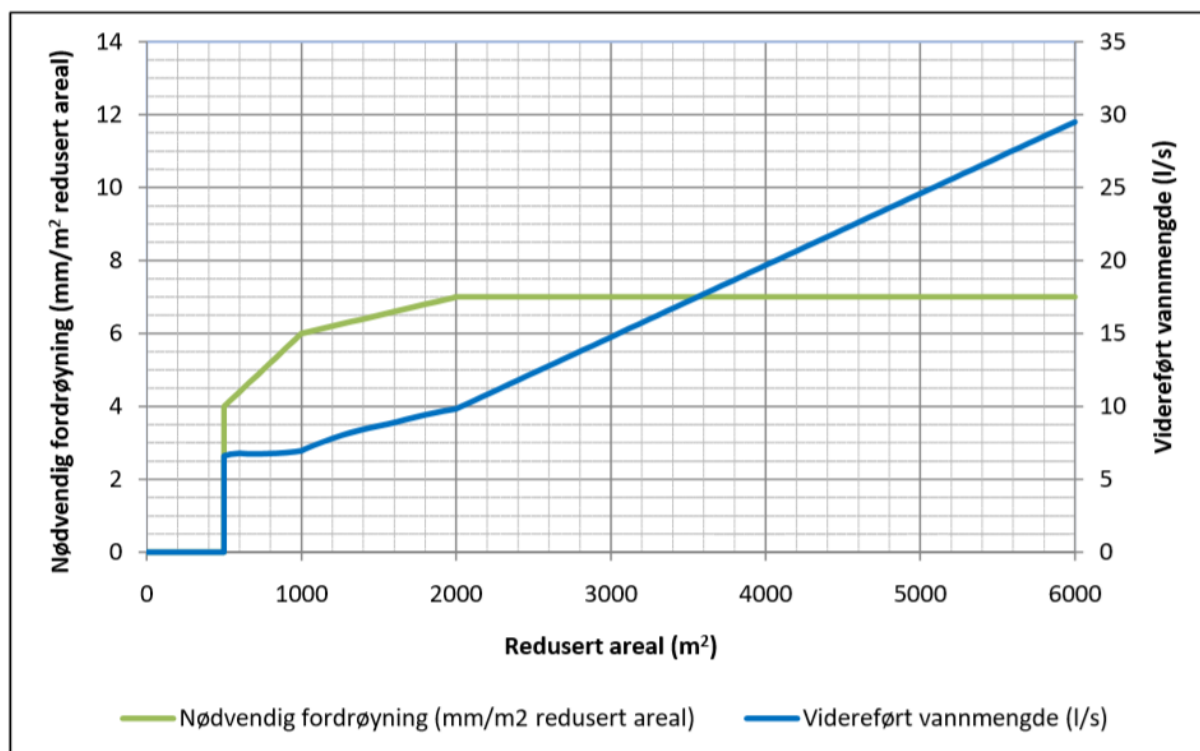
Anslår en total tilrenningstid på 15 minutter for boligfeltet, som sammen med gjentakintervall på 20 år gir en regnintensitet på 130 l/s*ha.



Trondheim kommune. Beregning av overvannsmengde. Dimensjonering av ledning og fordrøyingsvolum, (2020).

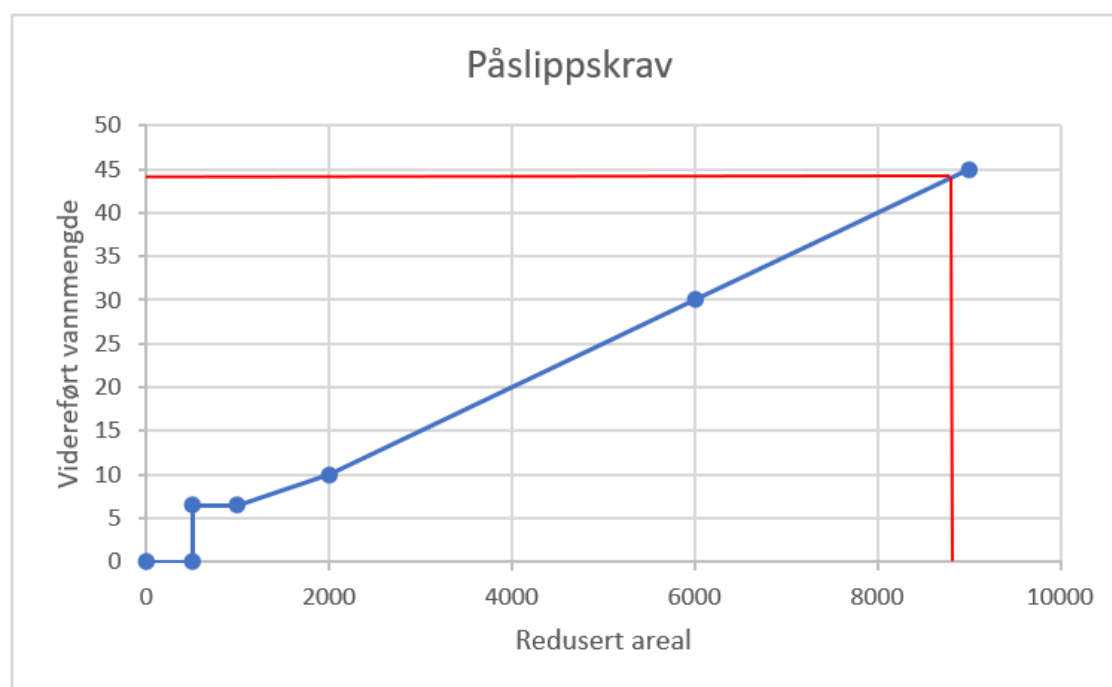
$$Q = \varphi \cdot A \cdot I \cdot k_f$$

$$Q = 0,636 \cdot 1,4 \text{ ha} \cdot 155 \frac{\text{l}}{\text{s} \cdot \text{ha}} \cdot 1,4 = 192,2 \text{ l/s}$$



Trondheim kommune. Beregning av overvannsmengde. Dimensjonering av ledning og fordrøyingsvolum, (2020).

Trondheim kommunes påslippskrav, gitt at det er separat system på aktuelt sted avhenger av redusert areal. For dette boligfeltet er det reduserte arealet $14\ 000\text{ m}^2 \cdot 0,636 = 8904\text{ m}^2$. Grafen går bare opp til 6000 m^2 , men den er lineær mellom 2000 m^2 og 6000 m^2 . Antar at grafen også er lineær etter 6000 m^2 og får denne grafen.



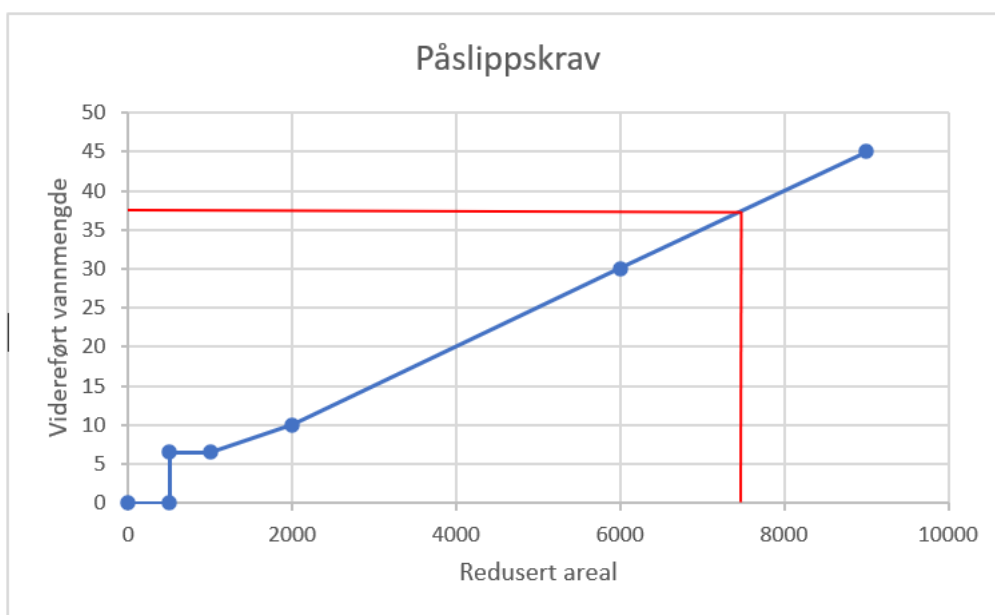
Et redusert areal på 8904 m^2 gir et maksimalt påslipp på 44 l/s.

Nå gjøres samme beregninger med blågrønne tak, bruker avrenningskoeffisient på 0,5.

$$\varphi_{midl} = \frac{0,32 * 0,5 + 0,33 * 0,9 + 0,2 * 0,7 + 0,55 * 0,3}{1,4} = 0,544$$

$$Q = 0,544 \cdot 1,4 \text{ ha} \cdot 155 \frac{l}{s * ha} \cdot 1,4 = 162,3 \text{ l/s}$$

Det gir et redusert areal på $14\ 000 \text{ m}^2 * 0,544 = 7620 \text{ m}^2$.



Et redusert areal på 8904 m^2 gir et maksimalt påslipp på 37 l/s.

**BERGKNAPP AS**

ÅRSVOLLVEIEN 213

1 / 1

4312 SANDNES

Organisasjonsnr: NO 995596970MVA

Bankgiro:

IBAN

SWIFT

51627548

51629661

post@bergknapp.no

www.bergknapp.no

Kundenr. 102021

Norgeshus

7224 Melhus

Deres referanse: Dråpen

Tilbudsinformasjon

Tilbudsdato: 13.05.2020

Gyldig til: 12.07.2020

Tilbud**3752**

Vår referanse: Hroar

Totalsum: 57 382,00

Rekvisisjon:

Varenr	Varetekst	Antall	Pris	%	Sum
1001	Bergknapp Sedummix Engros	72,00 M2	298,00	15,00	18237,60
1402	Filtduk 800 gr/m2. 3,8 l. vann/m2 - Engro	80,00 M2	34,00	15,00	2312,00
1300	Drensmatte 20 mm/ 7,4 l/m2 Engros	80,00 M2	62,00	15,00	4216,00
7000	Frakt	1,00 Stk	4500,00		4500,00
7101	Legging	72,00 M2	120,00		8640,00
9001	Rigg	1,00 stk	8000,00		8000,00

Sum eks mva: 45 905,60

+ 25% m.v.a. av kr 45905,6 11 476,40

Totalsum: 57 382,00