

KNUT NORENG, MARIUS KVALVIK, JAN OVE BUSKLEIN, INGRID MERETE
ØDEGÅRD, CORINNA SUSANNE CLEWING OG HELEN KRISTINE FRENCH

Grønne tak

Resultater fra et kunnskapsinnhentingsprosjekt

Prosjektrapport 104

2012



SINTEF Byggforsk

Knut Noreng, Marius Kvalvik, Jan Ove Busklein, Ingrid Merete Ødegård,
Corinna Susanne Clewing og Helen Kristine French

Grønne tak

Resultater fra et kunnskapsinnhentingsprosjekt

Prosjektrapport 104 – 2012

Prosjektrapport nr. 104

Knut Noreng, Marius Kvalvik, Jan Ove Busklein, Ingrid Merete Ødegård,
Corinna Susanne Clewing og Helen Kristine French

Grønne tak

Resultater fra et kunnskapsinnhentingsprosjekt

Emneord:

Grønne tak, ekstensive tak, semi intensive tak, intensive tak, sedumtak,
takhager

ISSN 1504-6958

ISBN 978-82-536-1302-4 (pdf)

Omslag:

«Striper av sedum over renner». Foto: ILP/UMB

© Copyright SINTEF akademisk forlag 2012

Materialet i denne publikasjonen er omfattet av åndsverklovens bestemmelser. Uten særskilt avtale med SINTEF akademisk forlag er enhver eksemplarframstilling og tilgjengeliggjøring bare tillatt i den utstrekning det er hjemlet i lov eller tillatt gjennom avtale med Kopinor, interesseorgan for rettighetshavere til åndsverk.

Utnyttelse i strid med lov eller avtale kan medføre erstatningsansvar og inndragning, og kan straffes med bøter eller fengsel.

Adr.: Forskningsveien 3 B
Postboks 124 Blindern
0314 OSLO

Tlf.: 22 96 55 55

Faks: 22 69 94 38 og 22 96 55 08

www.sintef.no/byggforsk



Forord

I begynnelsen av januar 2012 ble det inngått kontrakt mellom Bærum og Oslo kommuner og samarbeidsgruppen SINTEF Byggforsk og Universitetet for Miljø- og Biovitenskap (UMB) om å utføre et prosjekt om innhenting av kunnskap om grønne tak.

Bærum og Oslo kommuner er deltakere i et interdepartementalt program kalt Framtidens byer. Programmet er rettet mot de 13 største byene i Norge. Klimatilpasning er et satsningsområde i programmet. Målet er å igangsette prosjekter som skal gjøre byene mer robuste mot det klimaet vi har i vente.

Bærum og Oslo kommuner har inngått et samarbeid for å se nærmere på overvannshåndtering ved bruk av grønne tak. I dette prosjektet ønskes det at vi skal hente kunnskap om grønne tak fra både Norge og Norden. Miljøverndepartementet har bevilget midler til prosjektet.

En viktig del av prosjektet er et casestudium der ni spesielt utvalgte grønne tak inngår. Undersøkelsene er dels gjort gjennom bruk av en spørreundersøkelse og dels ved oppfølgende befaringer og annen kontakt. Dette hadde ikke vært mulig uten stor velvilje og interesse fra de forskjellige aktørene vi har samarbeidet med i den forbindelse. Vi retter en stor takk til dere for den tid dere har brukt og for den tålmodighet og interesse dere har vist ved å ta vel imot oss og til å svare på alle våre spørsmål.

Like viktig har det vært å hente inn supplerende og mer generell kunnskap om grønne tak fra flere leverandører, montører og driftere av grønne tak. I denne sammenheng har vi i dette prosjektet knyttet til oss et lite tverrsnitt av aktuelle aktører i bransjen. Prosjektets rammer var slik at vi i denne omgang ikke hadde anledning til å gå enda dypere inn i temaet f.eks. gjennom kontakt med enda flere aktører. Vi vil imidlertid rette en spesiell takk til våre samarbeidspartnere for at de på en så fruktbar måte har ville dele sin kompetanse med oss, og for at de i prosjektet har bidratt med betydelige egne ressurser. Spesiell takk derfor til Norske Anleggsgartnere – Miljø og Landskapsentreprenører (NAML), Anlegg og utemiljø as, Nittedal Torvindustri AS, Bergknapp AS, ZinCo Norge AS, og Takprodusentenes forskningsgruppe (TPF).

Arbeidet er utført i et samarbeid mellom SINTEF Byggforsk og UMB. SINTEF Byggforsk har hatt prosjektledelsen, men ut over det har vi samarbeidet som to likeverdige partnere der SINTEF i størst grad har jobbet med de bygningsmessige aspektene og grønne taks fordrøyningseffekt, og hvor UMB i størst grad har jobbet med aspekter knyttet til vegetasjon, lov- og regelverk, spørreundersøkelsen og datasimulering av fordrøyningseffekt i casestudiet.

De mest sentrale forfattere hos UMB har vært Ingrid Merete Ødegård, Corinna Susanne Clewing og Helen K. French. De mest sentrale medarbeiderne hos SINTEF Byggforsk har vært Marius Kvalvik, Jan Ove Busklein og Knut Noreng.

Vi takker for råd og innspill fra Professor Anne-Karine Halvorsen Thorén og jurist Fredrik Holth ved UMB. En takk rettes også til Attila Nemes ved Bioforsk for bistand med datasimuleringer.

Vi benytter anledningen til å rette en spesiell takk til Einar Flaa (Oslo kommune) og Pedro Ardila (Bærum kommune) som har vist et stort engasjement både i initieringsfasen og i gjennomføringen av prosjektet. Takk for oppgaven og for et lærerikt og fint samarbeid.

Trondheim, 2012-11-20

Lisbeth Alnæs
Forskningsleder
SINTEF Byggforsk

Knut Noreng
Prosjektleder
SINTEF Byggforsk

Sammendrag

Dette kunnskapsinnhentingsprosjektet om grønne tak er en innledende og kortsiktig innhenting og gjennomgang av eksisterende kunnskap om grønne tak. Studien er ment å samle den kunnskap om temaet som allerede finnes i dag, samt å presentere den på en måte som gjør det lettere for aktørene å få oversikt. Rapporten er slik sett en oppsummering og status for planlegging, montering, drift og skjøtsel av grønne tak.

Bakgrunnen for satsningen er at grønne tak vil kunne yte et viktig bidrag i den urbane overvannshåndteringen sett i sammenheng med forventede klimaendringer med økt nedbør og hyppigere flomsituasjoner. Spesielt i byene har man allerede opplevd at avløpsnettets kapasitet er fullt utnyttet, og flere oversvømmelser som følge av ekstremnedbør de senere år. Deler av den framtidige overvannshåndteringen må derfor skje lokalt og på overflaten. Grønne taks potensiale i lokal overvannshåndtering som ett av flere lokale tiltak bør derfor utredes og aktiviseres. I denne sammenheng har det vært viktig å kartlegge flere av aspektene ved planlegging, bygging, drift og skjøtsel av grønne tak slik at man har et best mulig grunnlag for riktige valg.

De avtalte økonomiske og tidsmessige rammer for prosjektet var begrensede og gjorde det ikke mulig å samle all eksisterende kunnskap. Vi har derfor konsentrert oss om kunnskapsinnhenting spesielt fra norske og nordiske aktører og miljøer.

I og med prosjektets begrensede rammer har det ikke vært anledning til å utføre egne målinger av forskjellige grønne taks fordrøyningssevne selv om det opprinnelig var et ønske om det. På det punkt henviser vi til det litteraturstudium og de simuleringer som det er referert til i kapittel 6 og 8.5. Vi håper likevel rapporten vil være et viktig hjelpemiddel for å øke forståelsen om hvilke kvalitetskrav som må dekkes for å få til vellykkede grønne tak.

Hvem er målgruppen?

Med denne rapporten henvender vi oss til de mange forskjellige aktørene som har grønne tak som arbeids- eller satsningsområde:

- Norske kommuner og andre byggherrer
- Planleggere, landskapsarkitekter og arkitekter
- Leverandører av grønne tak
- Entreprenører, anleggsgartnere etc.
- Studenter og andre

Utførte undersøkelser

Det er utført kunnskapsinnhenting om sentrale aspekter ved grønne tak, både gjennom et case-studium som omfatter ni utvalgte tak, og på annen måte. Følgende metoder ble brukt i prosjektet:

- Spørreundersøkelse av aktører for ni grønne tak, til sammen sendt til ca. 40 aktører.
- Befaring på alle ni tak: seks sedumtak, to takhager og et urbant torvtak.
- Telefonsamtaler med diverse aktører, leverandører og entreprenører.
- Litteraturundersøkelse om grønne taks fordrøynings effekt.
- Datasimuleringer av fire tak med fokus på faktorer som påvirker fordrøynings effekt.

Kort om innholdet i rapporten

- Rapporten gir en oversikt over ulike typer grønne tak med kjennetegn og ulikheter.
- Den samler, gjennomgår og påpeker ulike aspekter og momenter både ved bygningsmessige og grøntfaglige forhold som er viktig for at velfungerende grønne tak skal kunne oppnås.
- Rapporten inneholder resultater fra et casestudium og presentasjon av casene i faktaark.
- Rapporten peker til slutt på flere delområder der det trengs videre forskningsinnsats for å kunne dra full nytte av potensialet som ligger i bruk av grønne tak i urbane områder både i forhold til fordrøynings effekten og andre form for merverdier de skaper.

Innhold

FORORD	3
SAMMENDRAG	4
1 INNLEDNING	9
1.1 FORMÅL OG OMFANG	9
1.2 BAKGRUNN	9
1.3 HVA FORSTÅR VI SOM GRØNNE TAK	9
2 LOV OG REGELVERK. HVORDAN FREMME GRØNNE TAK I KOMMUNAL PLANLEGGING	10
2.1 INNLEDNING.....	10
2.2 KOMMUNENS PLANSTRATEGI	10
2.2.1 <i>København kommunes satsing på grønne tak</i>	11
2.2.2 <i>Malmö bys bruk av grønne tak</i>	11
2.2.3 <i>Oslo kommunes byøkologiske program</i>	12
2.2.4 <i>Implementering av grønne tak på reguleringsplannivå, eksempel Bjørvika, Oslo</i>	12
2.2.5 <i>Fornebu, Bærum kommune, - åpne overvannsløsninger</i>	12
2.3 KOMMUNEPLANENS AREALDEL.....	13
2.3.1 <i>Bestemmelser knyttet til kommuneplannivå. Det kan være aktuelt å vise til følgende bestemmelser:</i>	13
2.3.2 <i>Oppfølging på reguleringsplannivå</i>	14
2.3.3 <i>Teknisk forskrift - TEK</i>	14
2.4 KONKLUSJON/OPPSUMMERING	14
3 KONSTRUKSJONSOPPBYGGING	16
3.1 EKSTENSIVE GRØNNE TAK.....	16
3.1.1 <i>Sedumtak</i>	16
3.1.2 <i>Ekstensive tak med en blanding av sedum, urter og gress</i>	18
3.2 SEMI-INTENSIVE GRØNNE TAK.....	19
3.2.1 <i>Semi-intensive grønne tak</i>	19
3.2.2 <i>Semi-intensivt tak med vekstmedium av torv</i>	20
3.3 INTENSIVE GRØNNE TAK.....	21
4 BYGNINGSTEKNISKE ASPEKTER VED PLANLEGGING OG MONTASJE	23
4.1 KONTROLL AV TAKETS BÆREEVNE.....	23
4.2 BRANNTEKNISKE FORHOLD OG ANBEFALTE TILTAK MOT BRANNSPREDNING	23
4.2.1 <i>Torvtak</i>	23
4.2.2 <i>Ekstensive grønne tak</i>	24
4.2.3 <i>Intensive og semi-intensive grønne tak</i>	24
4.3 VINDAVBLÅSING	24
4.3.1 <i>Generelt</i>	24
4.3.2 <i>Anbefalte tiltak for å beskytte mot vindavblåsning</i>	25
4.4 MEMBRAN.....	25
4.4.1 <i>Materialer</i>	25
4.4.2 <i>Tetthetskontroll av membranen</i>	26
4.5 BESKYTTELSESSIKT OG ANBEFALTE TILTAK FOR Å BESKYTTE MEMBRANEN MOT SKADER..	26
4.5.1 <i>Generell anbefaling</i>	26
4.5.2 <i>Ekstensive grønne tak</i>	26
4.5.3 <i>Semi-intensive grønne tak</i>	26
4.5.4 <i>Intensive grønne tak</i>	27
4.6 FALL OG AVLØP.....	28
4.7 SIKRINGSTILTAK FOR ARBEID PÅ TAK.....	30
4.8 MONTASJE OG TILHØRENDE KOSTNADER FOR EKSTENSIVE GRØNNE TAK	32
4.8.1 <i>Montasjemessige forhold</i>	32
4.8.2 <i>Litt om kostnader</i>	32

5	VEGETASJON OG VEKSTVILKÅR	33
5.1	VEKSTFORHOLD PÅ TAKET	33
5.1.1	Vindutsatt.....	34
5.1.2	Tørke og temperatur.....	34
5.1.3	Begrenset tykkelse av vekstmediet	34
5.1.4	Vekstmediets sammensetning.....	35
5.1.5	Avrenning og tilgang på vann.....	35
5.2	ARTSVALG	35
5.2.1	Ekstensiv tak:.....	37
5.2.2	Semi-intensiv tak:.....	39
5.2.3	Intensiv tak.....	39
5.3	SAMMENSETTING/KOMPOSISJON:	40
5.4	PLANTEKVALITET.....	41
5.5	ETABLERING AV VEGETASJON	41
5.5.1	Form for etablering	41
5.5.2	Tidspunkt for etablering	42
5.5.3	Håndtering/behandling av vegetasjonsmateriale i bygge- og anleggsperioden.....	42
5.5.4	Oppfølging av vegetasjon i etableringstiden	42
5.6	VEKT AV VEGETASJON FOR GRØNNE TAK	42
5.7	KONKLUSJON	43
6	FORDRØYNINGSEFFEKTER VED GRØNNE TAK	45
6.1	FORDRØYNINGSEFFEKTER VED GRØNNE TAK	45
6.1.1	Funksjonalitet	45
6.1.2	Konstruksjon.....	47
6.1.3	Vegetasjonsdekke.....	48
6.1.4	Sesongvariasjon.....	48
6.1.5	Værforhold og vekstmediets metningsgrad.....	49
6.1.6	Årlig gjennomsnitt	53
6.1.7	Skybrudd.....	53
7	SKJØTSEL, DRIFT OG VEDLIKEHOLD.....	55
7.1	GENERELT	55
7.2	EKSTENSIV TAK.....	55
7.3	SEMI-INTENSIV TAK.....	56
7.4	INTENSIV TAK.....	57
7.5	TILTAK FOR Å REDUSERE ELLER LETTE VEDLIKEHOLDSARBEIDET PÅ INTENSIV TAK	58
7.6	KOSTNADER KNYTTET TIL SKJØTSEL, DRIFT OG VEDLIKEHOLD AV GRØNNE TAK.....	58
8	CASESTUDIET	59
8.1	METODIKK.....	59
8.1.1	Valg av tak.....	59
8.1.2	Spørreundersøkelse	60
8.1.3	Befaringer.....	62
8.2	RESULTATER FRA SPØRREUNDERSØKELSEN	62
8.3	FAKTAARK FOR TAKENE I CASESTUDIET.....	63
8.4	OPPSUMMERING FRA CASESTUDIET	79
8.4.1	Generell informasjon.....	79
8.4.2	Planleggings- og byggefase.....	79
8.4.3	Evaluering av taktypespesifikke momenter.....	80
8.4.4	Viktige funn.....	84
8.5	DATASIMULERING AV DE GRØNNE TAKENES FORDRØYNINGSEFFEKT	85
8.5.1	Datasimuleringer av grønne taks fordrøyningseffekt	85
8.5.2	Modellering med SUTRA ICE	87
8.5.3	Konklusjon.....	94
9	OPPSUMMERING, ANBEFALINGER OG VIDERE FORSKNINGSARBEIDER	95
9.1	OPPSUMMERINGER	95
9.2	ANBEFALINGER	96
9.3	VIDERE FORSKNINGS- OG UTREDNINGSBEHOV	98

9.3.1	<i>Videre forskningsbehov om bygningsmessige aspekter</i>	98
9.3.2	<i>Videre forskningsbehov om fordrøyningseffekt</i>	98
9.3.3	<i>Videre forskningsbehov om vegetasjonsmaterial og vekstvilkår</i>	98
9.3.4	<i>Videre forskningsbehov om andre effekter ved grønne tak</i>	99
9.4	HOVEDKONKLUSJON	99
10	REFERANSER	100

1 Innledning

1.1 Formål og omfang

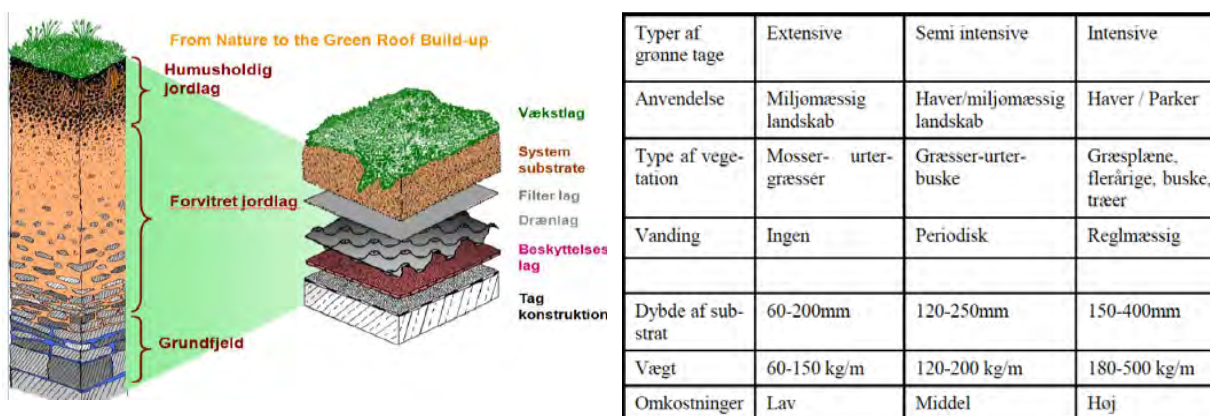
Prosjektet "Innhenting av kunnskap om grønne tak" er en innledende og kortsiktig innhenting og gjennomgang av aktuell kunnskap om grønne tak. Studien er ment å samle den kunnskapen om temaet som allerede finnes i dag, samt å presentere den på en måte som gjør det lettere for aktørene å få oversikt. Rapporten er slik sett en oppsummering og status for planlegging, montering og drift av grønne tak. Vi vet at vi innenfor de avtalte rammer ikke har klart å samle all eksisterende kompetanse, men håper likevel den vil være et viktig hjelpemiddel for aktørene. Vi har også sett at det innenfor flere delområder er behov for videre forskning, og denne kartleggingen er også ment å forberede grunnen for videre forskning og satsning på grønne tak.

1.2 Bakgrunn

Bakgrunnen for satsningen på grønne tak er at grønne tak vil kunne yte et viktig bidrag i den urbane overvannshåndteringen, spesielt i byene der man allerede opplever at avløpsnettets kapasitet er fullt utnyttet og at man har opplevd flere oversvømmelser som følge av mer nedbør de senere år. Deler av den framtidige overvannshåndteringen må derfor skje på overflaten, og grønne taks potensiale i overvannshåndteringen bør derfor utredes og aktiviseres. I den sammenheng har det vært viktig å kartlegge flere av aspektene ved planlegging, bygging og drift av grønne tak slik at man har et best mulig grunnlag for riktige valg.

1.3 Hva forstår vi som grønne tak

Oppdragsgiveren vår, Oslo og Bærum kommune, har ønsket at definisjonen fra København kommune som er vist i figur 1.1 skal legges til grunn for kartlegging av kunnskap om grønne tak. Denne skiller mellom intensive, semi-intensive og ekstensive grønne tak på grunnlag av flere kriterier. Vi har opplevd at det ikke er skarpe skiller mellom de tre hovedtypene og at det kan være vanskelig å være entydig blant annet fordi det er flere kriterier som legges til grunn. Figur 1.1 er ment som hjelp i denne sammenheng. Se mer om dette i kapittel 3.



Figur 1.1. Definisjon av grønne tak benyttet i foreliggende prosjekt.

Kilde: Københavns kommune. Teknikk- og miljøforvaltning

2 Lov og regelverk. Hvordan fremme grønne tak i kommunal planlegging

2.1 Innledning

Klimaet endrer seg på verdensbasis. Vi hører stadig oftere nyheter om ekstremvær. I Norge er dette i hovedsak knyttet til økt nedbør med medførende flomproblematikk. Klimaet i Norge blir i hovedsak varmere og våtere, og endringene går forttere enn de historiske klimaendringene landet vårt og kloden for øvrig har vært utsatt for i tidligere århundrer. Det er viktig at vi møter denne trenden med økt nedbør ved føre var prinsippet.

I det følgende vil vi gi en kort innføring i hvilke muligheter kommunene har til å fremme bruken av grønne tak innenfor kommunal planlegging.

De aktuelle kapitlene i plan og bygningsloven som det henvises til her er: Kapittel 10 Kommunal planstrategi, kapittel 11 Kommuneplan og kapittel 12 Reguleringsplan. Reguleringsplan omhandles i begrenset omfang i denne rapporten. Byggesaksbehandling, som neste nivå, er ikke medtatt pga. begrenset omfang av rapporten. Vi vil allikevel påpeke at det er et viktig aspekt i forbindelse med håndtering av grønne tak i kommunal planlegging.

2.2 Kommunens planstrategi

I 2010 kom NOU nr. 10 "Tilpassing til eit klima i endring. Samfunnet si sårbarheit og behov for tilpassing til konsekvensar av klimaendringane". Denne tar utgangspunkt i hvilke virkemidler vi har for å kunne påvirke og styre utviklingen av våre fysiske omgivelser. Under kapittel 13 "Klimatilpassing på lokalt nivå" presiseres det at kommunene har ansvar for arbeidet med samfunnstrygghet på lokalt nivå. Dette styres gjennom plan og byggesaksapparatet i kommunen. Arealplanlegging er kommunenes viktigste verktøy for sikring av robust og bærekraftig forvaltning og utvikling av areal og naturmiljø i kommunene. På den måten kan kommunen styre ny utbygging og infrastruktur.

Plan og bygningsloven (pbl) med tilhørende Forskrift om tekniske krav til byggverk (Byggteknisk forskrift – TEK), er kommunal planleggings viktigste lovverk for å styre utviklingen i kommunen. Gjennom denne loven er kommunene pålagt å utarbeide en ny planstrategi minimum hvert fjerde år, etter kommunevalget. Formålet er at kommunen skal identifisere og prioritere de planoppgavene det nye kommunestyret skal starte opp eller føre videre fra forrige periode. Det forventes at kommunen i arbeidet med sin planstrategi, skal innhente synspunkter fra statlige og regionale organer, samt nabokommuner. Det oppfordres til at kommunen legger opp til medvirkning og allmenn debatt som grunnlag for behandling av planstrategien.

Denne planstrategien legger de politiske rammene for planleggingen og vedtar retningslinjer for framtidig arealbruk. Den skal vise sammenheng mellom arealbruk og framtidig samfunnsutvikling. Kommunens planstrategi legger altså overordnede føringer for kommuneplanarbeidet.

Kommunen kan her sette fokus på hvordan overvannet håndteres, derunder hører grønne tak som et av flere aktuelle tiltak til åpen overvannshåndtering. Dersom man får inn åpen overvannshåndtering som en av kommunens planstrategier i forhold til hvordan klimautfordringene med økt nedbør håndteres, er dette et godt utgangspunkt for å kunne fremme bruken av grønne tak på kommunalt nivå. Her kan begrepet grønne tak nevnes som et av flere mulige overvannshåndterings tiltak. Kommunens planstrategi skal i følge NOU 10, ha føringer som forholder seg til klimautfordringene kommunen står ovenfor.

Et minus kan være at denne planstrategien legges på nytt hvert fjerde år. I den forbindelse pekes det på i NOU 2010:10 om behovet for mer langsiktig tenkning som en grunnleggende forutsetning for en klimatilpasset arealplanlegging.

En definisjon på hva man forstår med begrepet grønne tak er viktig å ha på plass. Det er samtidig viktig å få informasjon og å øke kunnskapen om fordelene med å anlegge grønne tak, for å overbevise politikerne som vedtar planstrategien, om at dette er et viktig satsingsområde for den kommunale planleggingen. Etter vårt syn bør det i kommuneplanens arealdel inntas bestemmelser om bruk åpen overvannshåndtering hvor grønne tak bør nevnes som et av flere mulige tiltak. Det kan for eksempel være som et tydelig satsingsområde for kommunen, jamfør København kommune (se kap. 2.2.1) som har satset spesielt på grønne tak.

I det følgende skal det vises flere eksempler på hvordan grønne tak kan fremmes med hjelp av ulike kommunale bestemmelser og planverktøy:

2.2.1 København kommunes satsing på grønne tak

København kommune utarbeidet i 2008 "København Kommunes Spildvandsplan 2008". De satte her fokus på håndtering av regnvann dvs. overvann som det kalles på norsk. Initiativet til å bruke grønne tak kom da, og retningslinjer ble gitt i Teknikk og Miljøutvalget i desember 2010. De endelige retningslinjer blir lagt i kommuneplanen som kommer i løpet av 2012. Retningslinjene fra 2010 er iverksatt og lyder:

"Flade tage med en taghældning på 0-30 grader så vidt muligt skal være beplantet med grønt.

Disse grønne tage skal derudover leve op til mindst to af følgende krav:

- absorbere 50-80% af den nedbør, der falder på tagarealet
- bibringe en afkølede og isolerende effekt på bygningen og mindske refleksionen
- bidrage til at gøre byen grønnere for at reducere den såkaldte "varmeø-effekt" og derved modvirke øget temperaturstigning i byerne
- bidrage til en visuel og æstetisk arkitektonisk variation, der har en positiv effekt på borgernes livskvalitet
- fordoble tagets levetid, da tagmembranen er beskyttet mod UV-strålernes nedbrydende effekt

Kravet om grønne tage kan fraviges ved særlige byggetekniske eller arkitektoniske hensyn, eller i tilfælde, hvor omkostningerne ved etableringen af et grønt tag i væsentligt omfang belaster det samlede byggeris økonomi". (Kilde: København kommunes nettsider)

Dette er en tydelig og sterk bestemmelse som følges opp med infosider, foredrag mm distribuert fra kommunens nettsider mfl. Faglige entusiaster hjelper til å promotere og spre kunnskap rundt tema.

2.2.2 Malmö bys bruk av grønne tak

Ved siden av København er Malmö en foregangsby når det gjelder å fremme bruk av grønne tak. Med Augustenborg botaniske takhage allerede fra 2001 og Bo 01-utstillingen samme år, har Malmö vært med å gi Skandinavia mye inspirasjon til å fremme bruk av åpen overvannshåndtering generelt og grønne tak spesielt.

Malmö ligger i Lund kommune. Generelt for all nybygging på kommunal mark er at de må forholde seg til Lund kommunes "Miljöbyggprogram Syd". Miljöbyggprogram Syd er et samarbeid mellom Malmö by, Lunds kommune og Lunds universitet. Programmet er nylig revidert, okt. 2012, og det er webbasert (www.miljobyggprogramsyd.se). Miljöbyggprogram Syd inneholder ulike aspekter av bærekraftig bygging, inkludert urban biologisk mangfold som omfatter en grønn overflatefaktor, GOF (grønytefaktor – GYF på svensk). Grønn overflatefaktor er en verdisetting av tomtens grøntområde. Modellen er designet for å sette en kvantitativ verdi på hvordan en høyere andel av grønt skal oppnås i forbindelse med utbygging av kommunens arealer. Modellen setter verdi på ulike typer vegetasjon blant annet på bakgrunn av mengden vann overflaten kan infiltrere og fordrøye. Grønn overflatefaktor ligger mellom 0 og 1 der 0 har ingen permeabilitet, dvs. alt overflatevann renner av arealet, og 1 der alt overflatevann absorberes på arealet. Som et eksempel

kan det settes krav om grønn overflatefaktor på 0,5 til en utbygging. Byggherren må vise i et regnestykke hvordan planlagt håndtering av tomten skal utnyttes før byggetillatelse gis. Ulike overflater er gitt ulik verdi. Det finnes altså ulike måter for byggherren å oppnå kravet til grønn overflatefaktor på, og ofte inkluderer det grønne tak. Men det stilles ikke spesielle krav om grønne tak. Kravene stilles til at grønn overflatefaktor overholdes i forhold til kravet som er satt.

2.2.3 Oslo kommunes byøkologiske program

Oslo kommune har vedtatt i bystyret ”Byøkologisk program for 2011-2026”, datert 23.3.2011. Dette programmet har følgende visjoner: ”Oslo skal være et bærekraftig bysamfunn der alle har rett til ren luft, rent vann og tilgang på gode friområder”. For å realisere sine visjoner om en miljøvennlig og bærekraftig byutvikling og drift, har kommunen satt opp en liste med 8 innsatsområder. Ved innsatsområdet ”reduere støy, luftforurensing og klimagassutslipp” nevnes grønne tak spesielt som et tiltak sammen med å etablere flere grønne områder, spesifisert under ”Oslo skal tilpasse seg klimaendringene” s. 4. Man kan også merke seg innsatsområde 5 ”Oslo skal bevare og styrke sin blågrønne struktur”. Her kommer også grønne tak naturlig inn som et ledd i kjeden av mulige tiltak, selv om det ikke er nevnt spesielt her.

2.2.4 Implementering av grønne tak på reguleringsplannivå, eksempel Bjørvika, Oslo

På nivået under kommuneplanen, dvs. reguleringsplannivå, er det også gode muligheter til å implementere grønne tak som et krav. Dette kan gjelde for et utbyggingsområde, en bydel eller lignende. Som eksempel kan nevnes Barcode-utbyggingen i Bjørvika i Oslo der det er satt krav om at 50 % av bygningene skal ha grønne tak. For Barcode gjelder følgende bestemmelse (utdrag fra reguleringsbestemmelsene):

4.5 Takterrasser

b. Vegetasjon: Det skal minimum være 50 % grønne tak på alle bebygde tomtestriper, i form av Sedummatter og/eller gress samt innslag av busker og trær, for bl.a. midlertidig absorpsjon av overvann.

Ved å innta bestemmelser på kommuneplannivå vil det være vanskeligere å fravike disse bestemmelsene ved dispensasjon på reguleringsplannivå, da det fra kommuneplannivå viser en mer helhetlig plan for arealbruken i kommunen.

2.2.5 Fornebu, Bærum kommune, - åpne overvannsløsninger

Bærum kommune har i bydel Fornebu (på kommuneplannivå i Bærum kommune – åpne overvannsløsninger) lagt føringer om bruk av åpne overvannsløsninger. Dette har blitt og blir gjort etter anbefalinger fra et FoU-prosjekt ”Åpne overvannsløsninger, erfaringer og anbefalinger” (Statsbygg 2004). Grønne tak har ikke vært tematisert spesielt, men er også her aktuelt som et av flere tiltak i kjeden av metoder å håndtere overvannet på.

2.3 Kommuneplanens arealdel

Med fokus på klimaforandringer generelt og overvannsproblematikk spesielt, kan man knytte krav om bruk av grønne tak opp mot følgende lovbestemmelser:

- Ny plan og bygningslov (pbl)
Pbl ble vedtatt i 2008 og trådte i kraft juli 2009. Den er forholdsvis generell i formuleringene og gir i hovedsak overordnede føringer. I formålsparagrafen sies det at loven skal fremme bærekraftig utvikling til det beste for den enkelte, samfunnet og framtidige generasjoner. Videre sier den at konsekvenser for miljø og samfunn skal beskrives.
- Byggeteknisk forskrift – TEK
TEK gir bestemmelser til pbl. TEK er mer spesifikk enn selve loven, og revideres ofte. Per i dag står det ingen ting direkte om grønne tak verken nevnt i pbl eller i TEK 10, gjeldende teknisk forskrift fra 2010.

2.3.1 Bestemmelser knyttet til kommuneplannivå. Det kan være aktuelt å vise til følgende bestemmelser:

Kapittel 11 Kommuneplan

§ 11-7 Arealformål i kommuneplanens arealdel

Formål 1 er Bebyggelse og anlegg med underformål f. eks boligbebyggelse, fritidsbebyggelse, sentrumsformål, kjøpesenter, forretninger etc. Ved implementering av grønne tak kan man her spesifisere typer av bebyggelse som kan være hensiktsmessig for anlegging av grønne tak. Dette kan for eksempel være stor industri og forretningsbygg med tilnærmet flatt (min 2,5% helning) eller svakt skrånende tak (opptil en viss takvinkel). Størrelse og takfall må defineres tydelig. Store takflater har stor og rask avrenning. Grønne tak vil kunne forsinke og fordrøye denne avrenningen.

Kommuneplanens arealdel har rettsvirkning, dvs. den er bindende. Man kan konkretisere kravene innenfor formålet, f. eks boligformål, næringsformål etc.

Dette gjelder for nybygg. Loven kan per i dag ikke sette krav til å anlegge grønne tak på eksisterende bebyggelse selv om det kunne være ønskelig. Den eneste måten å få det til på er ved en eventuell omregulering av bygningen til et annet formål. Da kan det komme inn krav i reguleringsbestemmelsene.

§ 11-8 Hensynssoner

Hensynssoner er et nytt begrep i den nye pbl av 2008.

Man kan sette spesielle bestemmelser på visse arealformål, vist som skravur på kommuneplanens arealdel. En hensynssone kan dekke flere arealformål, eller et arealformål kan ha flere hensynssoner.

I slike merkede hensynssoner beskrives det hva man skal ta hensyn til, og sonen vil kunne få både generelle bestemmelser og spesielle bestemmelser knyttet til seg. For eksempel kan det her stilles krav til spesielle utredninger før igangsettelse av for eksempel en byggesak.

Hensynssoner skal videreføres på reguleringsnivå.

I § 11-8 a) er det miljøhensyn kravet til grønne tak kan dekkes under. I § 11-8 b) er det særlige krav til infrastruktur det fokuseres på. Herunder kan det settes krav om overvannshåndtering (blågrønn infrastruktur) i form av grønne tak. Også i § 11-8 c) er det aktuelt å argumentere for og sette krav til grønne tak, da hensynssoner kan være i form av grønnstruktur, landskap eller bevaring av naturmiljø eller kulturmiljø.

Ved å bruke noe av argumentasjonen i § 11-8 kan man forby eller sette vilkår for å bygge i visse hensynssoner. Disse vilkårene kan være anlegging av grønne tak. Begrunnelsen kan være overvannsproblematikk med fare for flom.

§11-9 Generelle bestemmelser til kommuneplanens arealdel

I de generelle bestemmelsene til kommuneplanens arealdel (kap. 11, § 11-9) gir kommunen mulighet til å vedta bestemmelser, som kan knyttes opp mot bruk av grønne tak. I § 11-9.4 nevnes rekkefølgekrav for å sikre etablering av bl.a. teknisk infrastruktur og grønnstruktur før området tas i bruk. Rekkefølgekrav kan være et instrument på kommuneplannivå for å fremme og sikre bruk av grønne tak. Eksempel på rekkefølgekrav kan være at grønt tak må være ferdig anlagt før brukstillatelse på bygget gis.

Grønne tak kan defineres under både teknisk infrastruktur og grønnstruktur i forbindelse med åpen overvannshåndtering.

I §11-9.6 er det fokus på miljøkvalitet, estetikk, natur, landskap og grønnstruktur. Grønne tak hører naturlig inn her som et aktuelt tiltak å argumentere for.

Til sist i § 11-9.8 pekes det på forhold som skal avklares og belyses i det videre reguleringsplanarbeidet, herunder bestemmelser om miljøoppfølging og - overvåking. Grønne tak har i høyeste grad med miljø å gjøre.

§ 11-10 Bestemmelser til arealformål

I følge § 11-10 Bestemmelser til arealformål, kan det i nødvendig utstrekning gis bestemmelser om fysisk utforming av anlegg (§11-10.2), som f.eks. bruk av grønne tak.

2.3.2 Oppfølging på reguleringsplannivå

Kap 12. omhandler reguleringsplanen.

§12-6 Hensynssoner i reguleringsplanen.

På reguleringsnivå videreføres de hensynssoner som er fastsatt i kommunedelplanens arealdel §11-8 og 11-10, som et grunnlag for reguleringsplanarbeidet

§12-7 lister opp hva det kan gis bestemmelser om i reguleringsplan, og må sees i sammenheng med hensynssoner jf. § 12-6.

2.3.3 Teknisk forskrift - TEK

Formålet med byggtknisk forskrift til pbl er å sikre at tiltak planlegges, prosjekteres og utføres ut fra hensyn til bl.a. god visuell kvalitet og at tiltaket oppfyller tekniske krav til sikkerhet, miljø, helse og energi.

Grønne tak er ikke nevnt spesielt i TEK 10. Kapittel 7 § 7.1 "Sikkerhet mot naturpåkjenninger" har generelle krav til at byggverk skal plasseres, prosjekteres og utføres slik at det oppnås tilfredsstillende sikkerhet mot skade eller vesentlig ulempe fra naturpåkjenninger.

Grønne tak sine infiltrerende og fordrøyende egenskaper kan her ha en viktig rolle for å bøte på ulemper fra økt nedbør (naturpåkjenninger), og kan brukes som et argument for å implementere grønne tak. Det vil lette mulighetene for å få implementert bruk av grønne tak i kommuneplansammenheng, hvis det kommer nye bestemmelser i TEK som sier tydelige at grønne tak er aktuelt som et av flere tiltak til å møte klimaforandringene med økt nedbør.

2.4 Konklusjon/oppsummering

Dersom man i en kommune ønsker å gi føringer eller stille krav om bruk av grønne tak, vil det være en stor fordel for planarbeidet om grønne tak er nærmere definert, eksempelvis i TEK. Teknisk forskrift revideres forholdsvis ofte, så det er mulig å foreslå en revidering av kap. 7 til en mer tydelig profil i forhold til åpen overvannshåndtering. Det bør her nevnes flere aktuelle tiltak for åpen overvannshåndtering eller lokal overvannsdiskonering (LOD), hvor grønne tak nevnes spesielt. Dette vil hjelpe kommunene i sin planstrategi til å ta valg i forhold til hva de vil satse på i kommunen.

NOU 2010:10 nevner fem punkt som er viktige å ha på plass for å lykkes med å innlemme klimatilpassingsarbeid generelt i kommunene. Dette er: "1. Eit solid og tilgjengeleg

kunnskapsgrunnlag. 2. Kompetanse og kapasitet til tilpassingsarbeid. 3. Nasjonal støtte og tydelege styringslinjer. 4. Prioritering og resursar. 5. Samspel på tvers av sektorar og forvaltningsnivå”.

I forhold til vårt ønske om implementering av grønne tak i kommunal planlegging gir dette kunnskapsinnhentingprosjektet et viktig bidrag til punkt 1 i NOU-rapporten.

Til punkt 2, gir kunnskap og erfaringer fra egen kommune viktig kompetanse. Kunnskap om klimaendringenes lokale utslag er en utfordring for kommunene. Innsamling av klimadata og bruk av dem, krever god innsikt i tilgjengelig materiale.

NOUs punkt 3, er på god vei gjennom Miljøverndepartementet med prosjektet Framtidens byer, hvor de deltakende kommunene har valgt tema de vil satse på innenfor klimautfordringene. Her har Bærum og Oslo kommune valgt å fremskaffe mer kunnskap om grønne tak for å anbefale dette som satsingsområde. Byene fra Framtidens byer vil igjen kunne være foregangseksempler for andre, som ønsker å fremme f. eks grønne tak.

I punkt 4 ”Prioritering og ressursar”, siktes det til at kommunene har mange ulike oppgaver som vil konkurrere om viktigheten. Det kan være en utfordring å fremme bruken av grønne tak i den forbindelse. God argumentasjon basert på kunnskap og erfaring er også viktig her.

NOU 2010:10 nevner som 5.punkt viktigheten av samspill på tvers av sektorer og forvaltningsnivå. Det ser vi som essensielt for å kunne lykkes med LOD-tiltak generelt og grønne tak spesielt. Grønn etat og teknisk etat med tilhørende forvaltninger har som regel hvert sitt budsjett og vi mener det ligger klare gevinster i tettere samarbeid og dialog mellom enkeltavdelinger i kommunene. Det er viktig i kommunal planlegging å se helheten i de utfordringene man har, som her ved å håndtere og fordrøye overvann. Ved å velge grønne tak, vil man slippe unna en del belastning på det konvensjonelle overvannsnettet og samtidig ha mulighet til å oppnå flere andre positive effekter. Grønne tak har både en teknisk og en grønn side det er viktig å opparbeide et tverrfaglig samarbeid rundt.

3 Konstruksjonsoppbygging

Grønne tak deles ofte inn i tre hovedtyper som allerede indikert i kapittel 1.3. Under hver av disse finnes det igjen undergrupper. Vi har i det etterfølgende forsøkt å omtale de mest sentrale typene, og litt om funksjonene til de ulike lagene.

3.1 Ekstensive grønne tak

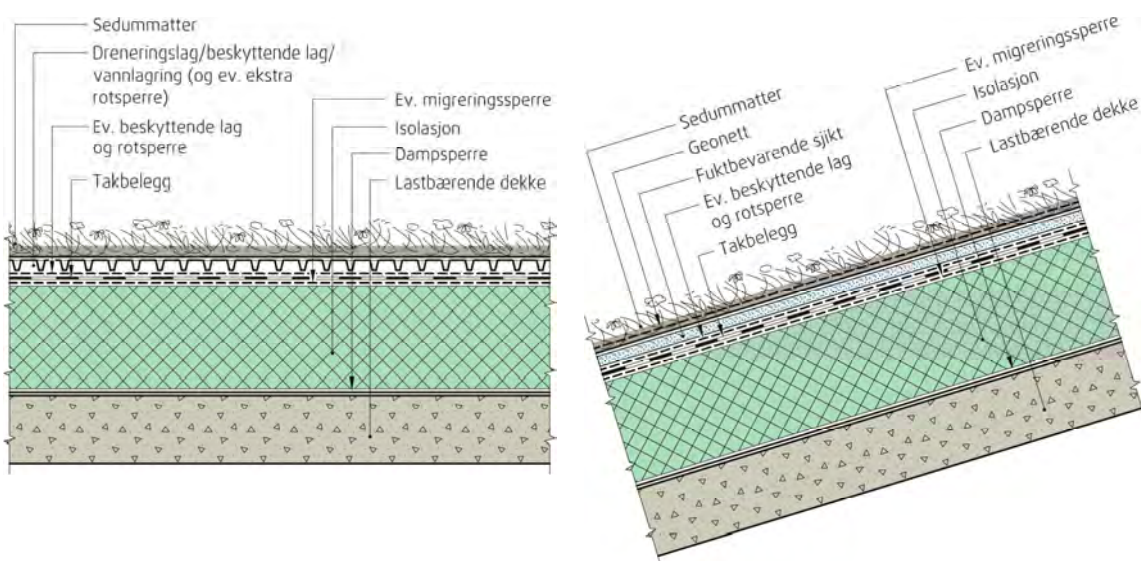
Ekstensive grønne tak kan deles i flere undergrupper. Vi har i det etterfølgende valgt å omtale to av dem; rene sedumtak og tak med en blanding av sedum, urter og gress. I begge tilfellene legges vegetasjonen ofte ut som ferdige vegetasjonsmatter, eller alternativt ved at vekstmediet legges ut på taket og tilsåes der. Når det benyttes ferdig tilkjørte vekstmatter er det viktig å være klar over at mattene ikke kan ligge på pallen mer enn noen få dager. Vedrørende håndtering av vekstmattene, se kap. 5.

Avhengig av klimaet på byggestedet og av fallforhold på taket, vil det være behov for varierende oppbygging med fuktbevarende og/eller drenerende sjikt. Fuktbevarende (eller vannlagrende) sjikt holder tilbake vann som senere kan tas opp i planten, og kan bestå av knasteplater eller forskjellige typer filt. Drenerende sjikt skal sikre at overflødig vann effektivt blir ledet bort, og dermed unngå problemer med for mye stående vann i taket som kan forårsake plantedød. Fuktbevarende og drenerende sjikt kan i noen tilfeller være et og samme sjikt, og dette sjiktet vil ofte også fungere som et beskyttende sjikt. Sedumtak kan monteres på tak med helning opp til 30 °. For takvinkel på 0-5° benyttes ofte et drenerende sjikt, men for takvinkel på 5-30° sløyfes ofte dette sjiktet for at takflaten skal kunne holde på mer fuktighet.

Ekstensive grønne tak som rene sedumtak er lette tak som tåler begrenset gangtrafikk for vedlikehold og skjøtsel. Ved mer trafikk må det anlegges gangstier.

3.1.1 Sedumtak

Sedumtak har lav byggehøyde (ca. 50-250 mm). Total vekt til et sedumtak er ca. 35-40 kg/m² i tørr tilstand og ca. 50 kg/m² i vannmettet tilstand. Sedumtak kan bygges både som flate tak og skrånende tak, der oppbygningen med forskjellige sjikt vil kunne variere med takfall og klima. Se eksempel på lagoppbygging i tabell 3.1 og fig 3.1, samt eksempel i fig 3.2.



Figur 3.1. Typisk oppbygging av et flatt og et skrått ekstensivt grønt tak

Tabell 3.1. Sjiktoppbygging til tak og bruksområdene til sjiktene i et sedumtak

Sjikt	Eksempel på materialer	Eksempel på tykkelse (mm)	Flate tak	Skrå tak	Vått klima	Tørt klima
Plantedekke	Ulike sedumarter i bergknappfamilien	50 - 300	v	v	v	v
Vekstmedium	Masser fra lava, teglstein, finpukk e.l. og organisk materiale ($\leq 20\%$)	30	v	v	v	v
Geonett	Flere typer geonett er tilgjengelig, f.eks. stormasket nett av polypropylen			v		
Drenerende sjikt ¹⁾	Knasteplate med pålimt fiberduk Andre drenerende lag	10-15 5-40	v		v	
Vannlagrende sjikt ¹⁾	Knasteplate eller en litt tykk filt	10	v			v
Beskyttende sjikt ¹⁾	Knasteplate eller en litt tykk filt	10	(v)	(v)	(v)	(v)
Ekstra rotsperre	Rullprodukt av plast eller gummi	0,4-1,0	(v)	(v)	(v)	(v)
Takmembran	Takbelegg av asfalt, plast eller gummi	1,5-7,9	v	v	v	v
Isolasjon	Trykkfast isolasjon av mineralull eller EPS/XPS med trykkfasthet minst klasse CS(10)60	250-350	v	v	v	v
Dampspærre	PE-foli	0,2	v	v	v	v
Bærekonstruksjon	Betong, betongelementer, stålplater eller trekonstruksjoner	100-200	v	v	v	v

¹⁾ Materialsjiktene knasteplate med eller uten pålimt fiberduk og/eller tykk filt kan betjene flere av funksjonene drenering, vannlagring/fuktbevaring samt beskyttelse/rotsperre litt avhengig av utforming.

V: Sjektet vil normalt bli benyttet.

(v) Benyttelse av sjiktet avhenger av bruksområde og utforming.

Bærekonstruksjonen i et ekstensivt grønt tak kan være betong, betongelement, stålplater eller trekonstruksjoner. Dampsperre benyttes for å hindre at fuktig inneluft lekker opp i takkonstruksjonen. Dampsperra legges direkte på bærekonstruksjonen der den er av betong eller tre, på bærekonstruksjon av profilerte stålplater anbefales først å legge ut en 50 mm steinullplate som underlag for dampsperra før resten av varmeisolasjonen legges på. Den vanntettende funksjonen tas vare på ved et takbelegg av asfalt, plast eller gummi (eller membran som det også kalles), se Byggforskseriens 544.202 og 544.203. Takbelegget skal legges med vanntette sveisede skjøter og med vanntett detaljutførelse ved alle gjennomføringer og tilslutninger, se Byggforskseriens 544.204. Hvis takbelegget ikke har dokumentert rotmotstand iht. anerkjent metode skal det alltid benyttes en ekstra rotsperre for å hindre gjennomtrengning av røtter.

Der taket har stor helning og det er fare for sig kan et geonett brukes for å holde sammen vekstmediet. Geonettet må forankres inn i vekstmediet i en horisontal takflate, eller der det ikke er mulig må det festes mekanisk i parapet. Vekstmediet til plantedekke kan bestå av nedknuste mineraler, masser fra lava eller teglstein og inneholder ofte mindre enn 20 % organisk materiale. Vegetasjonsdekket består ofte av en blanding av ulike sedumarter, eksempelvis 4-8 ulike arter.



Figur 3.2. Eksempel på ekstensivt tak, sedumtak. Foto: UMB

3.1.2 Ekstensivt tak med en blanding av sedum, urter og gress

Ekstensivt grønt tak med en blanding av sedum, urter og gress er også lette tak, veier ca. 130 kg/m² i vannmettet tilstand, og har lav byggehøyde (ca. 120 mm). Denne typen grønt tak kan, som sedumtak, bygges både som flate tak og skrånende tak.

Tabell 3.2. Sjiktoppbygging til et typisk ekstensivt grønt tak med blanding av sedum, urter og gress

Sjikt	Eksempel på materialer	Eksempel på tykkelse (mm)
Plantedekke	Ferdige vegetasjonsmatter	50
Vekstmedium	Vekstjord iblandet lette masser	30-50
Vannlagrende sjikt	Filt Mineralull	2-5 30-50
Drenerende sjikt	Knasteplate med pålimt fiberduk	10-15
Ekstra rotsperre	Rullprodukt av plast eller gummi	0,4-1,0
Takmembran	Takbelegg av asfalt, plast eller gummi	1,5-7,9

Ved fall på taket på f.eks. 5 – 15° vil det være naturlig å bygge opp på samme måte, men der det bør vurderes å utelate dreneringssjiktet med mindre årsnedbøren på byggestedet er så høy at noe drenering bør være med.

3.2 Semi-intensive grønne tak

3.2.1 Semi-intensive grønne tak

Semi-intensive grønne tak er en mellomting mellom et ekstensivt og et intensivt tak. De bygger noe mer i høyden enn de ekstensive takene, byggehøyde over membranen ca. 130-230 mm, og veier 120-200 kg/m² i vannmettet tilstand. Semi-intensive tak er oftest flate tak, og krever mer stell og vedlikehold enn ekstensive tak. Semi-intensive tak kan utformes slik at de er beregnet for opphold av mennesker. Se eksempel på semi-intensivt tak i fig 3.3, 3,4 og på lagoppbygging i tabell 3.3.

Tabell 3.3. Sjiktoppbygging til semi-intensive grønne tak

Sjikt	Eksempel på materialer	Eksempel på tykkelse
Plantedekke	Gressplen, trær, busker, stauder	-
Vekstmedium	Vekstjord iblandet lette masser	120-250 mm
Drenerende, vannlagrende og beskyttende sjikt	Knasteplate ev. i kombinasjon med fiberduk og/eller en litt tykk filt.	10-15 mm
Ekstra rotsperre	Rullprodukt av plast eller gummi	0,4-1,0 mm
Takmembran	Takbelegg av asfalt, plast eller gummi	1,5-7,9 mm
Isolasjon	Trykkfast isolasjon av mineralull eller EPS/XPS med trykkfasthet minst klasse CS(10)60.	250-350 mm
Dampspærre	PE-folie, lagt direkte på bærekonstruksjonen	0,2 mm
Bærekonstruksjon	Betong eller betongelementer	Ca. 200 mm



Figur 3.3.
Eksempel på semi-intensivt grønt tak.
Foto: UMB/ILP



Figur 3.4.
Nærbilde av vegetasjonen på et semi-intensivt grønt tak.
Foto: UMB/ILP

3.2.2 Semi-intensivt tak med vekstmedium av torv

Til semi-intensivt tak kan også løsninger med torv benyttes. En løsning som finnes er sphagnum-torv klasse H2 til H5 som leveres i nettingsekker på 70 x 45 cm og med en tykkelse på ca. 17 cm. Nettingsekkene gjør leggingen enkel og nettingen sikrer torva mot erosjon, sammensynking og sig. Sekkene leveres på pall, og kan benyttes på takhelling opp til 30° uten ekstra tiltak hvis de legges på knasteplate. Hvis det ikke benyttes knasteplate bør det legges en filt (f.eks. veg-duk kl. 4) mellom den vanntettende membranen og vekstmedia på tvers av mønet.

På taket legges sekkene inntil hverandre og ujevnheter mellom sekkene fylles med løs torv. Nettingsekkene kan legges direkte på taktekkingen eller på et drenerende lag. Torva kan fås ferdig tilsådd, med egnet frøblanding med gress for torvtak, eller man kan så eng og naturfrøblandinger med ulike urtevekster etter legging. Ferdigplen kan også rulles ut oppå sekkene. Etter legging/-tilsåing/planting må taket gjennomfuktes for å få spiring og sikre god vekst. Torva må holdes fuktig i hele spiringsprosessen. Hvis det er vanskelig å få til vaning anbefales det å legge torvtaket på høst/vinter. Denne løsningen gir en vekt på ca. 130 kg/m² når torva er vannmettet. Se mer om skjøtsel av taket i kapittel 7.



Figur 3.5. Eksempel på semi-intensivt tak med torv. Foto: UMB/ILP

3.3 Intensive grønne tak

De intensive grønne takene er tunge tak som skal tåle menneskelig opphold og ferdsel. De intensive takene er oftest tilnærmet flate tak. Intensive grønne tak kan ha varierende vekstlags tykkelse tilpasset de ulike behovene til stauder, busker og trær. Typisk vekstlagstykkelse er 150-400 mm eller mer, med ekstra jordtykkelse ved store trær. Bærekonstruksjonen må dimensjoneres for den ekstra vekten det intensive grønne taket gir, og det er derfor normalt ikke mulig å anlegge et intensivt grønt tak oppå et eksisterende tak uten at konstruksjonen forsterkes. Total vekt til et intensivt grønt tak kan variere mellom 200-1000 kg/m² i vannmettet tilstand. Se eksempel på lagoppbygging i tabell 3.4 og eksempel på bruk i fig. 3.6.

Det bør utarbeides nødvendige tegningsmateriale (plan, snitt m.m.) av prosjekterende landskapsarkitekt. Tegningene bør bl.a. vise plassering av tyngre installasjoner og ulike vekstlagstykkelser. Slike tegninger vil også være et nyttig hjelpemiddel for rådgivende ingeniør bygg (RIB) som må dimensjonere bærekonstruksjonen spesielt. En detaljert takplan vil dessuten være viktig for anleggsgartnere og driftspersonalet når taket er tatt i bruk.



Figur 3.6. Eksempel på intensivt grønt tak med varierende vekstlagstykkelser i forhold til behovene til beplantningen. Foto: SINTEF Byggforsk

Tabell 3.4. Sjiktoppbygging til intensive grønne tak

Sjikt	Eksempel på materialer	Eksempel på tykkelse
Plantedekke	Gressplen, trær, busker, stauder og sommerblomster	-
Vekstmedium	Vekstjord iblandet lette masser	150-400 mm
Drenerende, vannlagrende og beskyttende sjikt	Knasteplate ev. i kombinasjon med fiberduk og/eller en litt tykk filt.	10-15 mm
Ekstra rotsperre	Membran av asfalt, plast eller gummi	0,4-1,0 mm
Takmembran	Takbelegg av asfalt, plast eller gummi	1,5-7,9 mm
Isolasjon	Trykkfast isolasjon av mineralull eller EPS/XPS med trykkfasthet minst klasse CS(10)80.	250-350 mm
Dampspærre	PE-folie	0,2 mm
Bærekonstruksjon	Betong eller betongelementer	250-300 mm

Bærekonstruksjonen i et intensivt grønt tak vil være betong eller betongelementer. Dampspærre benyttes for å hindre at fuktig inneluft lekker opp i takkonstruksjonen. Isolasjon benyttes for varmeisolasjon av bygningen. Takmembran av asfalt, plast eller gummi er det vanntettende sjiktet i takkonstruksjonen. Ekstra rotsperre benyttes for å hindre gjennomtrengning av røtter dersom ikke takmembranen har dokumentert motstand mot rotgjennomtrengning. Det drenerende sjiktet skal sikre at overflødig vann blir drenert bort, og vil ofte også fungere som et beskyttende og vannlagrende sjikt. Vekstmediet er ofte lett vekstjord. Skumglass eller lettklinkerkuler kan brukes som lett masse for å bygge opp terrengformen på et tak.

4 Bygningstekniske aspekter ved planlegging og montasje

Dette kapitlet inneholder vurderinger og anbefalinger vedrørende flere viktige bygningstekniske aspekter som er en viktig del av planleggingsprosessen. Dette er tema som bør diskuteres med representanter for de respektive fagene på et tidlig tidspunkt slik at man sikrer at viktige forhold blir tatt hensyn til og unngår uønskede situasjoner. Det kan gjelde takkonstruksjonens bæreevne, branntekniske forhold, tiltak for å beskytte den vanntettende membranen mot skader i byggeperioden og under senere drift og annet. For å sikre et velfungerende og pent grønt tak bør de som skal drifte det grønne taket involveres tidlig i denne prosessen.

4.1 Kontroll av takets bæreevne

For nybygg der det grønne taket allerede er med i planleggingen, vil rådgivende ingeniør bygg (RIB) ta hensyn til denne ekstra lasten ved dimensjoneringen av det bærende dekket. Kapittel 1 figur 1.1 og kapittel 3 gir litt informasjon om vekten av typiske grønne tak, men det er viktig å innhente korrekt informasjon om vekt for aktuell type grønt tak i vannmettet tilstand for bruk i beregningene.

For eksisterende bygg hvor det ønskes ettermontert et grønt tak, må den bærende takkonstruksjonen alltid kontrollberegnes for den ekstra lasten fra den grønne overbygningen. For semi-intensive og intensive grønne tak vil tilleggslasten være så stor at den bærende takkonstruksjonen normalt må forsterkes. Også ved ettermontering av ekstensive grønne tak må bærekonstruksjonen kontrollberegnes for den faktiske lasten. Det er viktig at dette gjøres selv om ekstensive grønne tak normalt ikke veier så mye da bærekonstruksjonen normalt er dimensjonert for de opptedende laster den var planlagt for. La RIB utføre kontrollen.

4.2 Branntekniske forhold og anbefalte tiltak mot brannspredning

TEK 10 sier i § 11.9 om materialer og produkters egenskaper ved brann at byggverk skal prosjekteres og utføres slik at sannsynligheten for at brann skal oppstå, utvikle og spre seg er liten, og at materialer og produkter skal ha egenskaper som ikke gir uakseptable bidrag til brannutviklingen.

Den tyske FLL-guiden (Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e. V.) sier i kapittel 6.9 om forebyggende brannvern noe om både ekstensive og intensive tak. Rent generelt slås det fast at grønne tak er vurdert å ha god motstand mot gnister og varm stråling, spesielt når det er vedlikeholdt med vanning og annet stell som klipping og fjerning av vissen og tørre plantedeler. I anbefalingene gitt i det etterfølgende er det lagt vesentlig vekt på erfaringene og retningslinjene som er nedfelt i FLL-guiden. Disse er gjennomgått som en del av foreliggende prosjekt og vurdert av SINTEF NBL og SINTEF Byggforsk i samarbeid med TPF.

For mer informasjon om bruk av brennbar isolasjon i kompakte tak, se Byggforskseriens Byggdetaljer 525.207 og 520.339 samt TPF informerer nr. 6.

4.2.1 Torvtak

Torvtak som ikke stelles er vurdert å ha så stor risiko for antennelse og spredning av brann at det generelt ikke vil oppnå klasse $B_{\text{ROOF}}(t2)$. $B_{\text{ROOF}}(t2)$ er aktuell brannteknisk klasse for tak-tekninger (også grønne tak) og takbelegg på grunnlag av prøving iht. NS-ENV 1187 test 2.

4.2.2 Ekstensive grønne tak

Ekstensive grønne tak har normalt et lavt vedlikeholdsbehov, men har likevel god motstand mot gnister og varmestråling når følgende betingelser er oppfylt:

- Vegetasjonstypen utgjør liten brannfare (sedumplanter).
- Vekstmediet har en tykkelse på minimum 30 mm og har en definert mineral-sammensetning og med en mengde organisk materiale begrenset oppad til ca. 20 %.
- Oppbyggingen av det ekstensive grønne taket er prøvd og har bestått flygebrannprøven i hht. NS-ENV 1187 – 2.
- Vegetasjon og vekstmedium er stoppet minst 500 mm før åpninger i taket som sluk, gjennomføringer, røykluker og overlys, og erstattet med en barriere av ubrennbare materialer som stein eller betongheller.
- Vegetasjon og vekstmedium er stoppet minst 500 mm før brannseksjoneringsvegg, og erstattet med en barriere av ubrennbare materialer som stein eller betongheller.
- Vegetasjon og vekstmedium er stoppet minst 500 mm før tilstøtende bygningsdeler som vegg av eller med trebaserte materialer eller vegg med vindu der vinduskarm ligger lavere enn 800 mm over vegetasjonsdekket, og erstattet med en barriere av ubrennbare materialer som stein eller betongheller.
- Det etableres brannbarrierer med mellomrom ≤ 40 m. Slik barriere kan bestå av enten 1 m brede felt der vekstmedium og vegetasjon erstattes med ubrennbare materialer som stein eller betongheller, eller ved at brannvegg føres opp 300 mm over plantedekket.
- At det utføres årlig tilsyn som sikrer at barrieren(e) opprettholder sin funksjon.

Det presiseres at i tak isolert med brennbar isolasjon tildekket med sedummatter skal den brennbare isolasjonen skiftes ut med ubrennbar isolasjon iht. bestemmelsene gitt i TPF informerer nr. 6 "Branntekniske konstruksjoner for tak" kap. 1.4 punkt B) "Brennbar isolasjon som er tildekket" og de detaljer som er vist i kapittel 2 for utførelse av gjennomføringer og tilslutninger.

I ekstensive grønne tak må ikke det underliggende vanntettende takbelegget ha brannteknisk klasse $B_{\text{ROOF}}(t2)$ såfremt betingelsene i punkttoppstillingen over er tilfredsstillt. I situasjoner der det grønne taket ikke er lagt når bygget tas i bruk, må takbelegget likevel ha brannteknisk klasse $B_{\text{ROOF}}(t2)$.

Anbefalingene gitt i dette delkapittelet er dokumentert gjennom mange års tysk praksis og er i samsvar med norsk tradisjon, og kan sees på som forhåndsdokumenterte løsninger.

4.2.3 Intensive og semi-intensive grønne tak

Intensive grønne tak er vurdert å ha god motstand mot gnister og varm stråling da det normalt blir jevnlig vedlikeholdt med vanning og annet stell som klipping og fjerning av tørre plantedeler. Når dette er tilfredsstillt slik at det grønne taket ikke medfører en økt risiko for spredning av brann er det ikke nødvendig med tiltak som oppdeling eller utskifting med ikke brennbare materialer f.eks. inn mot tilstøtende fasade.

I semi-intensive og intensive grønne tak har vekstmediet en tykkelse som er større enn minimumstykkelsen 50 mm og tilfredsstillt behovet for tildekking av takbelegg og takkonstruksjon forøvrig. Det innebærer at takbelegget som benyttes i semi-intensive eller intensive grønne tak ikke må ha brannteknisk klasse $B_{\text{ROOF}}(t2)$. I situasjoner der det grønne taket ikke er lagt når bygget tas i bruk, må takbelegget likevel ha brannteknisk klasse $B_{\text{ROOF}}(t2)$.

4.3 Vindavblåsing

4.3.1 Generelt

Vindavblåsing av grønne tak har tidligere ikke vært registrert i bransjen som et problem. Med nye typer lette ekstensive, grønne tak (sedumtak) levert som matter med vekt ca. 35-50 kg/m², har imidlertid avblåsninger skjedd. Det finnes ikke noen god oversikt over omfanget av avblåsnings-

skader. Vi er imidlertid kjent med noen tilfeller, og vi antar det skjer i et større omfang enn det vi er kjent med. I de tilfellene det har skjedd har det vært i begrensede områder på taket, helst i randsoner og hjørnesoner der suget fra vindkreftene er størst. De tilfellene av vindavblåsninger vi er kjent med ligger i hovedsak i vindutsatte strøk.

I forbindelse med nye byggesaker utføres det alltid vindlastberegninger for bygget, og også f.eks. for å beregne innfestingsomfanget av mekanisk festede takbelegg. For rådgivende ingeniør bygg (RIB) og de større takentreprenørene er det å beregne vindsuget i rand- og hjørnesoner på flate eller skrå tak velkjent. Ekstensive grønne tak legges ofte ut i ferdige matter med areal på hver matte ca. 1 m². Suget spesielt i rand- og hjørnesonene kan fort bli en god del større enn vekten av sedummatten. Når avblåsninger ikke hender oftere enn det gjør, er det fordi det skjer en viss trykkutjevning mellom over- og underside av sedummatten.

4.3.2 Anbefalte tiltak for å beskytte mot vindavblåsning

SINTEF Byggforsk og Takprodusentenes forskningsgruppe (TPF) sin vurdering er at ekstensive tak der vindsuget i rand- eller hjørnesoner overstiger 3,75 kN/m² bør sikres mot vindavblåsning. I rand- og hjørnesoner mot parapet (med høyde \geq 300 mm) kan dette gjøres ved at sedummattene erstattes med ballast i et minimum 500 mm bredt belte med 50 mm tykke betongheller eller med et 50 mm tykt lag singel med diameter 16-32 mm. Dette er samtidig de to vanligste måtene å foreta sikring mot brannspredning via parapet. Tak der vindsuget i rand- eller hjørnesoner overstiger 5 kN/m² må sikres mot vindavblåsning med betongheller. Ballasten legges gjerne litt utpå sedummatten så vinden ikke så lett får tak i denne.

Ved bruk av geonett lagt inn i vekstmediet/rotsonen kan man binde mattene sammen og oppnå redusere risiko for avblåsning. Noen aktører legger ekstra ballast på sedummattene i form av 5-10 kg/m² stein/singel med diameter 16-32 mm også på andre deler av sedumtaket der erfaring tilsier at vind kan føre til problemer for sedummattene. Når veksten er god vil sedumplantene skjule singelen. En erfaring er også at sedummattene tåler høst- og vinterstormer bedre hvis det er lagt litt tidlig på året så rotsystemet har begynt å utvikle seg og feste seg.

Da det ekstensive grønne taket ikke alltid legges med en gang taket er ferdig teknet, og på grunn av en viss fare for vindavblåsning av sedummatter i kritiske soner på taket, anbefales det at takbelegg på tak med grønne ekstensive tak festes mekanisk for minimum 65-70 % av vindlasten på taket.

For mer informasjon om vindkrefter og festing av takbelegg, se Byggforskserien Byggetaljer 525.206 og TPF informerer nr. 5.

4.4 Membran

4.4.1 Materialer

Membranen kan bestå av ett- eller tolags asfaltmembran eller av 1,5–2,0 mm tykk takfolie. I begge tilfeller rulles membranen ut og legges med overlappskjøter som sveises sammen slik at membranen danner et vanntettende helt sjikt med tette detaljer mot gjennomføringer og tilstøtende bygningsdeler. Pass på at membranen får tilstrekkelig høye oppbretter og en avslutning f.eks bak overgangsbeslag som sikrer vanntetthet. Se mer om dette i Byggforskseriens Byggetaljer 525.207, 544.202, 544.203 og 544.204, eller TPF informerer nr. 9.

På ekstensive grønne tak legges membran som oftest løst på et underlag av isolasjon, se fig. 3.1. På semi-intensive og intensive grønne tak kan membran legges løst mellom isolasjonssjikt, se fig 4.1 og 4.2. Membran av asfalt takbelegg kan også legges direkte på bærende betongdekke ved helseveising til grunnet betongoverflate. Bruk membranprodukter som har dokumenterte egenskaper, f.eks. ved SINTEF Teknisk Godkjenning, og følg produsentens anvisninger for bruksområde og leggemetode. Ikke alle membraner har tilstrekkelig motstand mot gjennomgroing av røtter, noe som må kontrolleres ved valg av membran og/eller separat rotsperre.

Membraner skal ikke være i direkte kontakt med vekstlaget og drensnett. Separasjons- og beskyttelsessjikt hindrer at vekstlag og drensnett fryser fast til membranen.

4.4.2 Tetthetskontroll av membranen

Selv små skader i membranen kan utgjøre en fare for lekkasjer og skader på underliggende konstruksjon. Tetthetskontroll av membranen er derfor viktig, og bør vurderes gjennomført. Membranen settes under et vanntrykk på for eksempel 100 mm vann (målt ved sluket) i minst to døgn mens man kontrollerer om membranen er tett. Etter tetthetskontrollen holdes takflaten avstengt for all ferdsel inntil beskyttelsessjikt er lagt ut.

4.5 Beskyttelsessjikt og anbefalte tiltak for å beskytte membranen mot skader

På tak med beplantning blir membranen bygd inn på en måte som gjør tilsyn, vedlikehold og reparasjoner svært vanskelig. Det er derfor viktig å dekke til membranen umiddelbart etter at den er lagt og eventuelt utført tetthetskontroll. Det beste er om den permanente tildekningen legges ut med en gang, og at tildekningen har en utforming som er tilpasset de forventede belastningene på taket.

Både under anleggsperioden og under driften etterpå med nødvendige utskiftninger og vedlikeholdsarbeider, er et beskyttelsessjikt nødvendig for å beskytte membranen mot skader. Felles for alle tre taktypene er at drift- og vedlikeholdsoppgaver (inkludert utskiftninger av planter) normalt skjøttes med håndverktøy som spade, gressklipper og kantrimmer.

Hvilken beskyttelse som er nødvendig vil likevel variere for forskjellige typer grønne tak. Semi-intensive og intensive grønne tak vil normalt kreve bedre beskyttelse av membranen enn ved ekstensive grønne tak på grunn av mer omfattende belastninger og ferdsel.

Beskyttelsen kan bygges opp av ett eller flere lag og i form av forskjellige materialsjikt i forskjellige tykkelser. Det er viktig å vurdere dette grundig, det er ikke her det skal spares penger. Konsekvensene i form av fuktskader kan bli svært store hvis membranen blir punktert eller på annen måte ødelagt under anleggsarbeidene eller f.eks. under arbeider med utskiftninger av planter i driftsfasen.

Se til at takflaten er ryddet, klargjort og fri for skarpe gjenstander som kan skade takbelegget når arbeidene med legging av det grønne taket settes i gang.

4.5.1 Generell anbefaling

For alle tak gjelder at der det benyttes et takbelegg som ikke har dokumentert rotmotstand i henhold til NS-EN 13948 eller Appendix 3 i FLL-guiden, må det benyttes ekstra beskyttelsessjikt med en rotsperre. Slik minimumsbeskyttelse kan være knasteplate eller annet plastsjikt med tykkelse $\geq 0,4$ mm lagt med tapede omleggsskjøter.

4.5.2 Ekstensive grønne tak

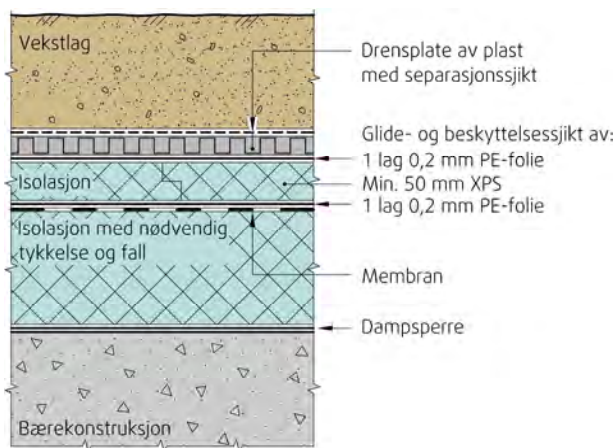
Rotsystemene i et ekstensivt tak er ofte ikke av en type som skader eller vokser gjennom takbelegget. Det finnes imidlertid alltid en risiko for at uønsket vegetasjon kan slå rot også på sedumtak. Derfor anbefales det alltid at det benyttes en ekstra rotsperre der takbelegget ikke har dokumentert rotmotstand. Selv der det er benyttet et takbelegg med dokumentert rotmotstand anbefaler vi at det benyttes en minste beskyttelse mot skader på takbelegget i byggeperioden eller fra drifts- og vedlikeholdsarbeider. Slik minimumsbeskyttelse kan være en kraftig filt, ev. en knasteplate eller annet plastsjikt med tykkelse $\geq 0,4$ mm lagt med løse omleggsskjøter.

4.5.3 Semi-intensive grønne tak

Belastningene på membranen er større på semi-intensive grønne tak enn det er på ekstensive tak, både i byggeperioden og senere under drift og vedlikehold. Vurder derfor mer omfattende

beskyttelsestiltak, f.eks ved et supplerende sjikt av filt, eller et fullverdig glide og beskyttelsessjikt av tynnplast og 50 mm isolasjon i tillegg til knasteplate eller annet plastsjikt med tykkelse $\geq 0,4$ mm lagt med løse omleggsskjøter.

Et eksempel på utførelse er vist i figur 4.1. Eksemplet viser membranen plassert over mesteparten av isolasjonen, men beskyttet av et glide- og beskyttelsessjikt bestående av ett lag 0,2 mm plastfolie på hver side av 50 mm XPS-isolasjon. Som drengslag er vist bruk av knasteplate pålimt en filt på oversiden. Denne oppbyggingen vil gi membranen tilstrekkelig beskyttelse både i byggeperiode og drift mot skader fra arbeider og røtter.

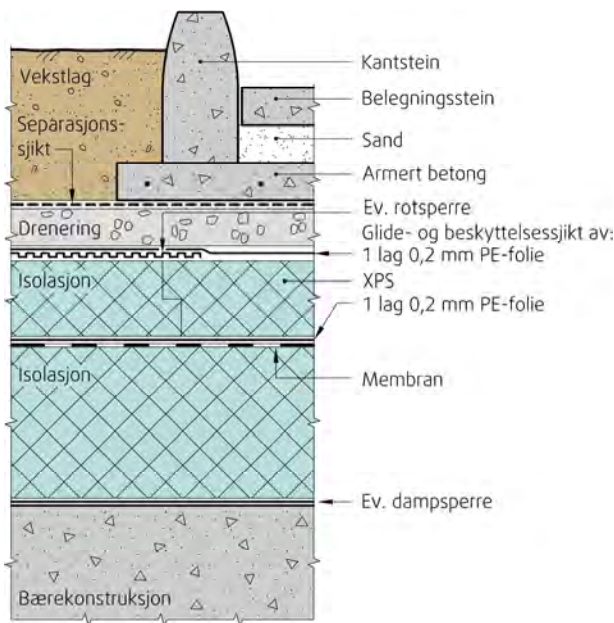


Figur 4.1. (hentet fra 525.306)
Eksempel på oppbygging av semi-intensivt (og intensivt) grønt tak over oppvarmet rom.

4.5.4 Intensive grønne tak

Belastningene på membranen, både i byggeperioden og senere, kan være enda større på intensive grønne tak enn det er på semi-intensive tak, med mer omfattende beplantning, lekestativer og annet. Velg derfor beskyttelsestiltak minst som for semi-intensive tak, gjerne en ekstra beskyttelse f.eks i form av 50 mm overliggende isolasjon. I noen tilfeller (gangsoner som brøytes, under lekestativer eller under større trær) bør armert påstøp mellom første beskyttelsessjikt og den grønne påbygningen vurderes.

Ett eksempel på oppbygging er vist i figur 4.2. Eksemplet viser membranen plassert over mesteparten av isolasjonen, men beskyttet av et glide- og beskyttelsessjikt bestående av ett lag tynn plastfolie på hver side av ≥ 50 mm XPS-isolasjon. Mellom drengslag med tykkelse ca 50 mm av vasket grus eller singel med steinstørrelse 16 – 32 mm og vekstmediet anbefales et separasjonssjikt f.eks fiberduk med vekt ca 150 g/m^2 av polypropylen eller polyester. Eksemplet viser også bruk av armert påstøp som beskyttelse av membranen under en gangsti, og overgang til knasteplate i tillegg til glide- og beskyttelsesslaget under de grønne sonene på taket.



Figur 4.2 (hentet fra 525.306)
 Eksempel på oppbygging av intensivt grønt tak over oppvarmet rom med overgang til gangsti.

For mer informasjon om konstruksjonsoppbygging for intensive grønne tak, se Byggforskserien byggdetaljer 525.306, og for ekstensive grønne tak se 544.823 (under utarbeidelse 2012)

4.6 Fall og avløp

Forskrift om tekniske krav til byggverk (Byggteknisk forskrift – TEK 10) sier i § 13.14 og § 13-17: "Grunnvann, overflatevann, nedbør, bruksvann og luftfuktighet skal ikke trenge inn og gi fuktskader, mugg- og soppdannelse eller andre hygieniske problemer." "Tak skal prosjekteres og utføres med tilstrekkelig fall og avløp slik at regn og smeltevann renner av, og slik at snøsmelting ikke fører til skadelig ising."

Stående vann på taket må unngås da det øker risikoen for lekkasjer og også omfanget av lekkasjeskaden hvis uhellet først er ute. Det er viktig å få til isfrie renner og sluk, for eksempel ved å benytte innvendige nedløp, samt renner og sluk plassert i en lokal forsenking som gir litt større varmegjennomgang og snøsmelting. En bør ikke planlegge tak med avrennings- og nedløps-systemer som er basert på bruk av varmekabler. Det medfører ekstra kostnader til drift og vedlikehold, og vil ikke være en garanti eller fullgod beskyttelse mot isproblemer. Varmekabler har erfaringsmessig vist seg gjentagende å ikke løse isproblemene når det trengs på grunn av driftsproblemer, gal plassering av sensorer eller rett og slett at anlegget er slått av. Helt horisontal flate på taktekingen bør ikke benyttes, da dette ikke vil gi tilstrekkelig fall slik at regn og smeltevann renner av.

SINTEF Byggforsk anbefaler at tak alltid utføres med følgende minimumsfall:

- Fall på selve takflatene $\geq 1:40$
- Fall i renner $\geq 1:60$

Se figur 4.3, 4.4 og 4.5.

I tillegg skal ikke nedbøyning på grunn av egenvekt og belastning på taket gi mindre fall enn de angitte verdiene. Dette sikres ved at sluk plasseres der nedbøyningen forventes å bli størst.

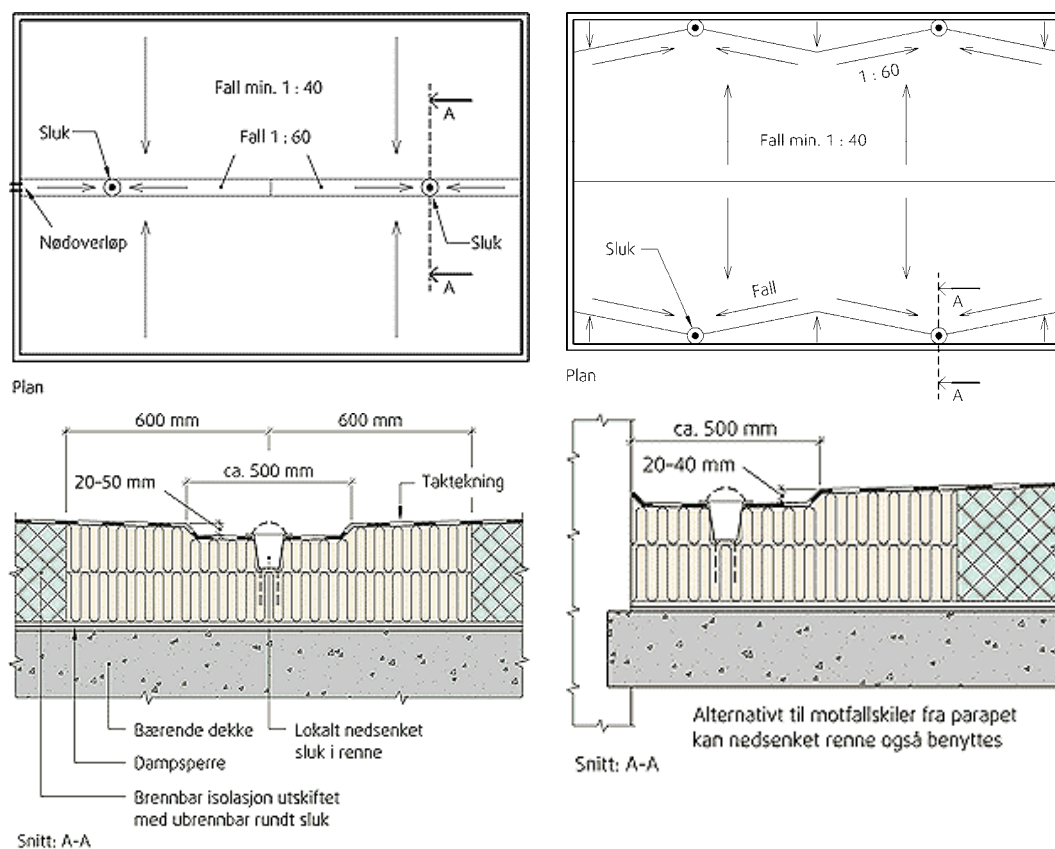
Det kan skje at sluk tettes pga. for eksempel løv eller is, og sluk i grønne tak må derfor ha inspeksjonskum for å gi lett adgang for tilsyn og vedlikehold. For å hindre utvasking av finstoff

fra vekstmediet som kan avleires i sluk eller nedløp, bør det være filtermasser rundt inspeksjonskummen. Se eksempel på utførelse av inspeksjonskum i figur 4.6 a.

For å redusere risiko for oppstuvning av vann i tilfelle igjentettede sluk, bør alle flate tak ha nødoverløp som hindrer overbelastning. Nødoverløp plasseres helst slik at det "varsler" når slukene ikke fungerer, se eksempel vist i figur 4.6 b.

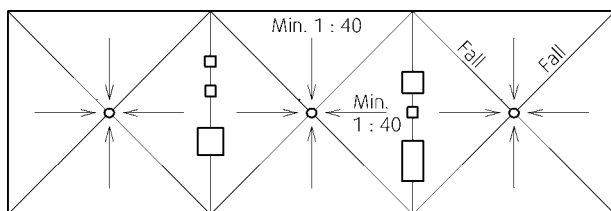
Byggforskeriens Byggedetaljer 525.002 og 525.207 samt TPF informerer nr. 9, del 1, gir flere detaljer vedrørende oppbygning av takkonstruksjonen for å unngå problemer med fall og avløp. Når rådene gitt i disse anbefalingene følges kan man være trygg på at kravene i TEK er oppfylt.

Det grønne taket vil redusere og forsinke mengden vann til avløpet, se mer om dette i kapittel om fordrøyning. Det kan derfor være mulig å redusere dimensjonene på avløpsrørene fra taket på bakgrunn av at det grønne taket vil redusere og forsinke mengden avløpsvann. Det er imidlertid ikke vanlig å gjøre dette da et ekstremnedbør som kommer på et vannmettet grønt tak vil kunne gi tilnærmet samme avrenningstopp som fra et vanlig tak.



Figur 4.3
Fall mot nedsenket renne inne på taket. Hovedfallet kan være ned til 1 : 40. Fallet i rennebunnen bør være på minst 1 : 60, og sidehelningen i renna bør være ca. 1 : 1, (525.207).

Figur 4.4
Fall mot sluk plassert ved yttervegg, og motfallskiler. Bygg opp motfall mot parapet med kiler av skråskårne isolasjonsplater. Hovedfallet kan eventuelt lages ved at bærekonstruksjonen legges med fall (525.207).



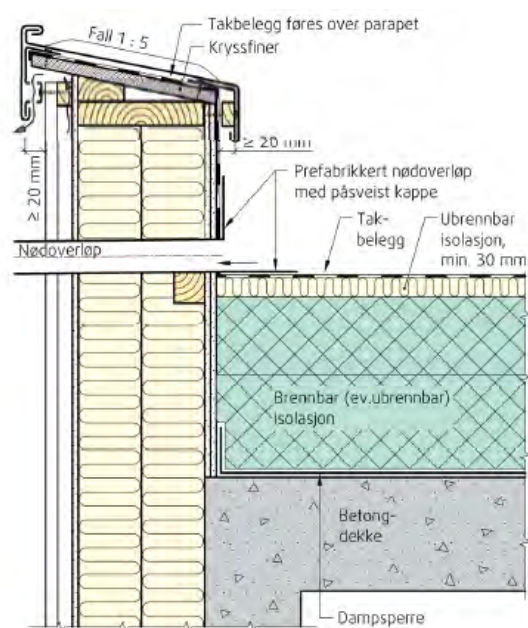
Figur 4.5

Planskisse med firesidig fall mot sluk der alle andre gjennomføringer er plassert i høybrekkene. (Byggforskseriens byggdetaljer 525.207)



Figur 4.6 a

Eksempel på inspeksjonsbrønn for sluk i sedumtak der det også er utskiftet med ubrennbare materialer rundt sluk og nedløpsrør. (Foto: SINTEF Byggforsk)



Figur 4.6 b

Eksempel på plassering av nødoverløp. Det bør ligge så lavt som mulig. (NB. Grønn overbygning er ikke inntegnet) (TPF informerer nr. 9)

4.7 Sikringstiltak for arbeid på tak

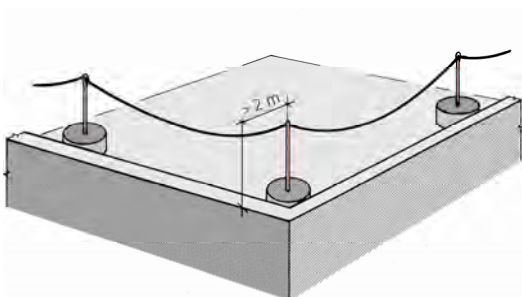
Plan- og bygningsloven gir et alminnelig påbud om å sørge for beskyttelsestiltak mot skade på liv og helse. Påbudet gjelder generelt, uansett om personene som skal sikres er arbeidstakere eller ikke.

TEK 10 sier i § 10-1 og § 10-3 at "Byggverk skal plasseres, prosjekteres og utføres slik at det oppnås tilfredsstillende sikkerhet for personer og husdyr, og slik at det ikke oppstår sammenbrudd eller ulykke som fører til uakseptabelt store materielle eller samfunnsmessige skader." "Tak- og fasadematerialer med påmontert utstyr og innretninger skal utføres og festes slik at de ikke faller ned under forutsatte klimatiske forhold og dimensjonerende laster. Byggverk skal sikres slik at is og snø ikke kan falle ned på steder hvor personer og husdyr kan oppholde seg. Avstand fra underliggende terreng til takutspring og andre overliggende faste eller bevegelige deler av byggverket skal være tilfredsstillende slik at sammenstøt unngås."

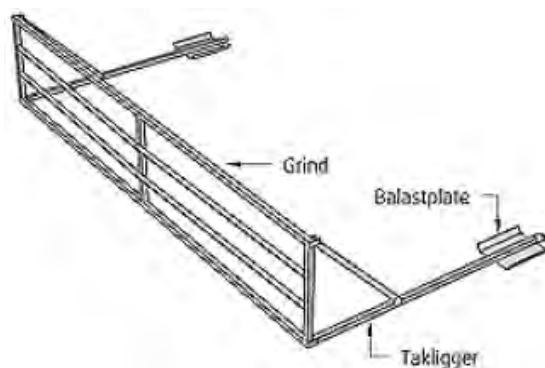
Direktoratet for arbeidstilsynet er mer detaljert enn plan- og bygningsloven. Arbeidstilsynet har i Forskrift om stillaser, stiger og arbeid på tak m.m. som mål å sikre arbeidstakere mot fall og fallende gjenstander ved arbeid på fasader, tak og andre konstruksjoner. Ved arbeider på tak eller andre konstruksjoner der det er fare for fall, skal arbeidsstedet sikres. Krav om sikringstiltak fra arbeidstilsynet gjelder hvis høyden er større enn 2 m ned til neste dekke eller underlaget. Forskrift om stillaser, stiger og arbeid på tak m.m. fra arbeidstilsynet sier i § 3 og § 67 om sikringstiltak og arbeid på tak at "På steder som ellers er vanskelig tilgjengelige, skal det sørges for stillas, arbeidsplattform eller stige som gjør det mulig å komme til og å utføre arbeid på stedet på en forsvarlig måte." Og "Ved arbeid på tak og toppdekker skal det settes opp rekkverk, med mindre det er sikret ved stillas eller når arbeidet er kortvarig. Rekkverket skal være minst 1,0 m høyt og utstyres med håndlist, knelist og fotlist, jf. § 22".



Figur 4.7. Eksempel på festepunkt for sikkerhetsline. Sikkerhetssele hektes på wiren med en spesiell låsemekanisme og som kan gli langs wiren. (Foto: SINTEF Byggforsk)



Figur 4.8.
Markering av kant på flate tak
(TPF informerer nr. 9).



Figur 4.9.
Rekkverk for arbeid på flate tak
(TPF informerer nr. 9).

Ved bruk av sikkerhetsline, må det være festepunkter for sikkerhetslinen fordelt i hele takets lengde, slik at linen går så lite på skrå som mulig. Se figur 4.7 som viser eksempel på et ferdig montert festesystem for sikkerhetsseler.

For at arbeidet skal defineres som kortvarig må følgende være oppfylt;

- Arbeidet må innebære mindre reparasjons- og/eller vedlikeholdsarbeid.
- Arbeidet gjelder ikke oppføring av nybygg, tilbygg eller påbygg.
- Totalt arbeidsomfang må ikke overstige 4 timer.
- At det fremgår av risikovurderingen at arbeidet kan utføres på en trygg og sikker måte uten bruk av kollektive vernetiltak, som rekkverk eller stillas.

Byggforskeriens Byggdetaljer 525.933 samt TPF informerer nr. 9, del 6, gir flere detaljer vedrørende sikringstiltak for arbeider på tak. Når anbefalingene gitt i disse anbefalingene følges, vil kravene i TEK være oppfylt.

4.8 Montasje og tilhørende kostnader for ekstensive grønne tak

4.8.1 Montasjemessige forhold

Før montasje av det grønne taket er det viktig at taket er rent og ryddet for gjenstander som for eksempel skruer og kapp fra blikkenslager som kan gi punktering av takbelegget. Takbelegget bør inspiseres før montering av det grønne taket, og eventuelle hull eller mangler bør utbedres før det grønne taket med tilhørende sjikt monteres. Montering av et grønt tak krever normalt kran.

Leverandørene av systemer for grønne tak stiller ofte ikke andre krav til fall og avløp på taket enn at vann må dreneres bort. Det er likevel viktig å overholde minimumskravene til fall og slukplassering med inspeksjonskum og filter rundt sluk som angitt i kapittel 4.6.

Der det benyttes prefabrikkerte vegetasjonsmatter for å etablere vegetasjon ved et ekstensiv grønt tak monteres det oftest ved at paller med vegetasjonsmatter heises opp på taket og spres utover ved hjelp av kran. Pass på at pallene eller arbeidet ikke skader takbelegget. Mattene løftes manuelt av pallene og blir lagt ut på taket. Typisk fremdrift er at en arbeider holder en snitthastighet på montering på ca. 100 m² takflate per dag.

På et grønt tak bør minimum 85 % av vegetasjonsarealet være dekket med god vekst ved levering.

4.8.2 Litt om kostnader

Til sammenlikning med et vanlig kompakt tak kun med vanlig takbelegg, kan følgende anføres vedrørende kostnader:

Forhold som kan medføre lavere kostnader pga. det grønne taket;

- takbelegget trenger ikke brannteknisk klassifisering
- redusert krav til innfesting av takbelegget

Forhold som kan medføre høyere kostnader pga. det grønne taket;

- kontroll av bærekonstruksjonen, og ev. forsterkninger pga. vekten av et grønt tak
- behov for ekstra beskyttelse av takbelegget (inngår ofte i leveransen av det grønne taket)

Til tross for disse forholdene kan en litt forenklet si at et grønt tak hverken gir noen besparelse eller tillegg i kostandene ved bygging av et kompakt tak. Tilleggskostnaden består i kostandene til leveransen av selve det grønne taket, inkludert transport og montasje.

Eksempel på kostnad for et sedumtak; ca. 4-600 kr/m² + mva. ferdig lagt inkludert transport. Store prosjekter kan ha en litt lavere kostnad på 300-400 kr/m², mindre prosjekt 600-800 kr/m².

Denne kostnaden blir å anse som en ekstrakostnad ved valg av grønne tak i forhold til et vanlig kompakt tak tekket med takbelegg

5 Vegetasjon og vekstvilkår

Et intakt og frodig vegetasjonsdekke er sentralt ved grønne tak. Plantene er ikke bare ansvarlig for takets visuelle inntrykk, men påvirker mange andre effekter grønne tak kan bidra med og blir anvendt for. Plantene forbruker CO₂ og vann gjennom fotosyntesen til å produsere oksygen og glucose (energi).

Regnvann blir dessuten oppholdt og værende på plantedelene (intersepsjon), før det ev. fordamper (evaporasjon) eller går videre til vekstmediet. Dette vil si at de overjordiske plantedelene oppholder (intersepsjon) og forbruker (transpirasjon) vannet. Dess større overflater på plantedelene dess mer vann kan planten oppta og forsinke. Et levende plantedekke bidrar aktivt til fordrøyning. I kap. 6 ser vi at høy vegetasjon fordrøyer mer vann enn lav vegetasjon.

I vekstmediet trenger også planten vann og oksygen for rotutvikling. Noe vann vil fordampe i oppholdsvær. Den totale fordampingen fra plantedeler og fra jorda kalles evapotranspirasjon, se fig 5.1. Dette er vanskelig målbart, men er viktige å ta høyde for og kjenne til.

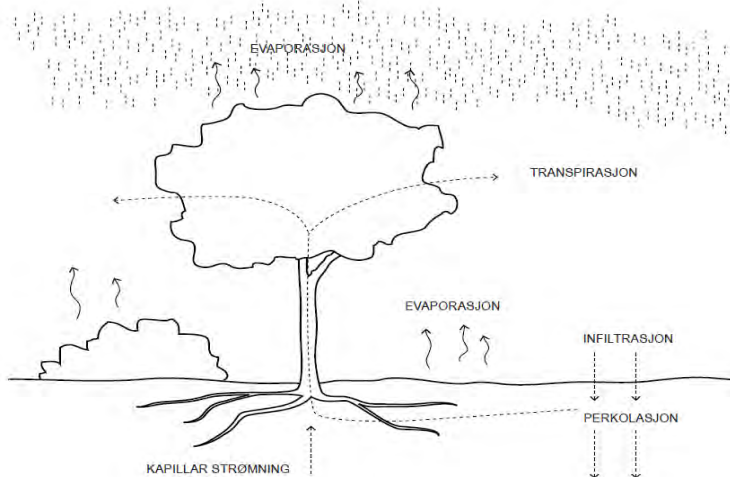


Fig. 5.1
Illustrasjonen viser vegetasjonens rolle i å begrense overvann.
Fra masteroppgave K.K ilian 2011, basert på Florgård og Palm 1981

Vegetasjonsfelt med flere arter er viktig for det biologiske mangfoldet og vegetasjon har i den forbindelse en viktig habitatfunksjon.

For å lykkes med grønne tak må man ha kunnskap om vekstenes voksekrav og takenes vekstvilkår slik at plantene kan trives og vokse seg frodig.

5.1 Vekstforhold på taket

Å ha sin vekstplass på et tak er en ekstrem situasjon for en plante. Vekstene som brukes må være tilpasset disse vilkårene og forholdene på taket må tilrettelegges for å muliggjøre vekst. Dette har det vært forsket på i flere år, bl.a. i Tyskland. FLL-Green roofing Guideline 2008, tar for seg inngående alle forhold og behov vekstene på et tak trenger som for eksempel vann og nærings-tilgang, dreneringsevne, etc. Denne guiden er laget for tyske forhold. I Norge har vi andre klimatiske forhold å ta hensyn til. Det har over et par år pågått en oversetting og tilrettelegging av FLL-guiden til norske forhold. Man ser at dette arbeidet ikke er enkelt, da det er for lite samlet erfaring fra grønne tak i Norge. Det har ikke vært forskning i større omfang på grønne tak i Norge.

Vi vet at herkomst og proveniens har stor betydning for mange grøntanleggsplanter generelt når det gjelder etableringsevne og herdighet i forhold til vårt klima. Dette er det lite forsket på for vegetasjon på tak.

Vi vil her peke på en del forhold det er viktig å være oppmerksom på. Klimaet er annerledes på et tak enn på bakkenivå. Lokalklimatiske forhold på et tak, kan både gi svært gunstige og svært ugunstige vekstvilkår. Dette handler om: Vind, tørke og ekstreme temperaturer.

5.1.1 Vindutsatt

Et frittliggende tak uten høyere vegger rundt seg som skjermer, vil kunne være svært vindutsatt til tider. Det er da viktig med arter som er robuste mot vind, som etablerer seg med et rotnett som ikke rives opp og heller ikke har plantedeler som lett løsner og spres med vinden. Selv om det ikke er spesielt mye vind på et sted, vil de lokalklimatiske forholdene på et tak ofte kunne generere vinddrag og turbulens mellom bygg, som kan gå opp i ganske høy vindstyrke. Faren for vind som et problem er noe som vil variere fra bygg til bygg og hvordan bygget er utformet. Kjennskap til fremherskende vindretning og omgivelsene rundt taket (bebyggelse, terreng, trær etc.), og deres høyde, er viktig å kartlegge under planlegging av et grønt tak.

Man kan også få områder på et tak som er helt vindstille. Dette kan utnyttes ved at man kan bruke mindre vindtolerant vegetasjon. Vegetasjon kan også være med å skape le til både annen vegetasjon og til oppholdsarealer på taket.

5.1.2 Tørke og temperatur

Vind er uttørkende, så et vindutsatt tak tørker lett. Ellers er et tak utsatt for direkte solinnstråling hvis det ligger slik eksponert uten noe som skygger på hele eller deler av taket. Taket kan da bli ganske varmt og lett tørke ut. Slike forhold krever tørketålende vegetasjon eller god og jevnlig tilgang på vann. Det at tak er tørkeutsatt er også positivt i forhold til at det tørker raskt opp etter nedbør, og er raskt i stand til å absorbere og forsinke mer regnvann når det kommer.

5.1.3 Begrenset tykkelse av vekstmediet

Vekstmediet er begrensningen på et tak. Det er ikke mulig for planter dyptgående røtter å trenge ned i dypere fuktigere jordlag, som ofte er tilfelle ved planting på bakkenivå. De må ta til takke med et grunt vekstmedium som også lett blir oppvarmet og uttørket. Vekstmediet må være så lett som mulig av hensyn til byggets bæreevne. Tilgangen til vann, næring og ikke minst oksygen, er viktige faktorer som må opprettholdes og ivaretas på tak. Sammensetning av vekstmediet og lagoppbygging er derfor svært viktig for planteveksten på tak.



Fig. 5.2
Vekster, vekstmedie, fuktbevarende lag og drensag fra Augustenborg botaniske takhage 2010
(Foto: ILP/UMB)

5.1.4 Vekstmediets sammensetning

Det er viktig å påpeke at vekstmedie på tak ikke er sammensatt på samme måte som vekstmedie på bakkenivå. Det inneholder en del grove materialer uten finstoff, som ofte er en sammensetning av noen av følgende materialer: naturgrus, knust stein, lavastein, knust teglstein, pimpstein, knust skiferstein, lecakuler, glasopor, granulert polystyren eller plastmateriale og lignende. Dette er alle granulater med lite eller uten finstoff, som gir porevolum med plass til oksygen og vann i vekstmediet. Noen av de nevnte materialene benyttes pga. at de er lette masser, som lecakuler, glasopor, polystyren og plast. Disse kan ikke ta opp og holde på vann. Det kan derimot knust tegl, pimpstein og lavastein. De vil kunne være en god buffer for plantenes vann og til dels næringsbehov i den grad de kan avgi næringsstoffer. Det forskes på granulater som er lette og samtidig har evnen til å holde på vann og næringsstoffer, som de lett kan avgi til vekstene. Bioforsk på Ås (Adam Paruch, Bioforsk, muntlig meddelt), har kommet fram til et nytt granulat, "Biokull", som skal ha disse evnene. Dette materiale kan det være verdt å prøve ut på grønne tak.

Det organiske innholdet i vekstmedie er svært lite på grønne tak, spesielt gjelder det de tynneste ekstensive takene, der organisk materiale ikke skal overskride 20%. Dette er både av brannhensyn, se kap. 3, men også i forhold til vekt og porevolum. En sammensetning av granulatene som da vil bestå av minimum 80 % av vekstmediet, gjør at vekstmediet blir lett, med stort porevolum for oksygen, og med både vannholdende og drenerende effekt. I tillegg gir det gode forhold for vekstens utvikling av røtter. Vekstene (bergknappar og lignende, se 5.2.1) kan vokse på så begrenset organisk materiale. De har sin naturlige vokseplass ofte direkte på berggrunn.

For de tykkere grønne takene, semi-intensive og intensive tak, vil det være behov for mer organisk materiale for at ulike vekster skal kunne vokse. Det er også her svært viktig at en stor andel er granulater som sørger for porevolum og letthet.

5.1.5 Avrenning og tilgang på vann

Hvordan vannet blir håndtert på tak er avgjørende og essensielt for å lykkes med grønne tak. Planters røtter trives generelt ikke med å stå i vann over lengre tid. Miljøet blir surt uten lufttilgang og røttene råtner. Det er derfor viktig at det overskytende vannet dreneres raskt vekk. Blir dreneringen for god, kan også dette skade plantene. Hvis vekstmediet tørker for fort får ikke plantene nok vann til eget forbruk. Vekstmediet og spesielt drenslegets evne til vannlagring for senere bruk, i tillegg til dreneringsevnen, er ofte gunstig for vegetasjon på tak. Derfor benyttes ulike typer knasteplater i drensleget (se kap. 3). Noen slike drensplater har evnen til å lagre vann som plantene kan benytte seg av i tørre perioder. Hvis det er fare for lange tørkeperioder, kan det i tillegg være lønnsomt å ha en tykk filtmatte over dette drensleget. Denne vil både ha drenerende og fordrøyende effekt ved at den holder på fuktigheten over en lengre periode, og kan gi planterøttene vann gjennom kappilærkreftene.

5.2 Artsvalg

I følge Dunnet og Kingsbury (2008) er det to essensielle sett av kriterier man må vurdere når det gjelder valg av arter: Det første og viktigste er at man velger arter man mener vil trives under de forholdene som råder på stedet. Dersom taket er synlig, anses dessuten det visuelle utseende som en essensiell del av en helhetlig utforming.

Artsvalg i forhold til vekstvilkår og plantenes voksemåte og utvikling er viktig å ha kunnskap om. Plantene bør ha god dekningssevne. De må være tilpasningsdyktige og robuste i den forstand at de kan tåle det forholdsvis ekstreme miljøet som grønne tak har. Egnede plantematerialer er arter som både tåler tørke over lengre tid, og som tåler fuktighet over lengre tid, samt også en del vind og direkte solinnstråling.

Det anbefales å plante flere arter sammen med varierende voksekrav, siden vekstmiljøet for plantene har såpass store variasjoner gjennom vind, temperatur og nedbør. Plantene skal utfylle

hverandre. Dette gjør at noen arter vil vokse og utvikle seg best i tørkeperioder, mens andre vil trives bedre i våtere perioder. En bred artssammensetning gir en buffer for at taket har god vekst nesten til en hver tid i vekstsesongen. Det vil også gi en buffer for ulike lokalklimatiske forhold på taket

Plantenes røtter bør være forholdsvis grunne og spre seg bredt utover så de danner et sammengrodd nett av røtter. Røttene bør ikke gå rett ned (pelerot) eller være aggressive i forhold til lag og konstruksjoner på taket.

Man bør også være var for å bruke invaderende fremmede arter der det kan være fare for spredning av disse til natur omkring. Dette gjelder f.eks. Phedimus spurius (Sedum spurium) – Gravbergknapp, som man de senere årene har sett stor spredning av i naturen, spesielt i området rundt Oslofjorden. Det er dermed visse planter man bør unngå å bruke pga. sin aggressivitet av ulike grunner.

Prydplanter

Av prydplanter kan man velge mellom et stort sortiment av kultiverte arter som kan være aktuelle for grønne tak.

Nytteplanter

På et tak er det aktuelt å plante både pryd og nytteplanter. Det vanligste i Norge i dag er at grønne tak hovedsakelig plantes for pryd. Samtidig er det en økende interesse for urbant landbruk på det globale planet. Denne trenden har også kommet til Norge, og dyrking av nyttevekster på tak har blitt aktuelt. MaJoBo-prosjektet, er et prosjekt som startet i 2012 som en folkebevegelse for å dyrke kortreist og økologisk mat (<http://www.naturligbyggeri.no/majobo/majobo.html>). Deres motto er: ”Mat og jord der du bor”. De tar i bruk alle mulige områder for å dyrke grønnsaker, urter, frukt og bær. Dyrking på tak er høyst aktuelt.

Naturlig vegetasjon og hjemlige arter

Man ser en internasjonal tendens til at tak mer og mer nyttes til vegetasjon som hører naturlig hjemme i det området. Økt urbanisering fører til nedbygging av naturlig vegetasjon. Ved å skape nye vokseplasser på tak for den naturlige vegetasjonen på stedet, kan man bl.a. sørge for habitat for ulike arter som har mistet sine naturlige leveområder.

En form for tak med naturlig vegetasjon er typen ”Brownfield”. Dette er tak hvor man ikke sår eller planter vegetasjon, men legger ut forskjellige lag med mineraljord, grus og stein i ulike fraksjoner, som et nedlagt industriområde el.lign. Målet er at pionerarter skal etablere seg selv, og å få et naturlig biologisk mangfold og nye habitater etter hvert som etablering skjer. Dette kan i urbane strøk være boplass og redningen for enkelte truede arter som f.eks. svart rødstjert i London. (<http://www.blackredstarts.org.uk/pages/greenroof.html>)

I Augustenborg botaniske trädgård i Malmö foregår det også forsøk med typen ”brownfield” på tak, for å forske på hvilke arter som vil etablere seg av seg selv.



Fig. 5.3
Brownfield-område med etableringsmuligheter for pionerplanter. Illudert som nedlagt fabrikkområde el.lign. Fra Augustenborg botaniske takhage 2010. (Foto: ILP/UMB)

5.2.1 Ekstensive tak:

Ekstensive tak har et ekstremt tynt og lett vekstmedium. For disse ekstreme forholdene er det sukkulentaktige (vannansamlende) planter, planter med tykke blader, utvalgte moser, gress og staudearter som kan leve.

Sedum, på norsk Bergknapp er sukkulentaktige planter som er tilpasset de ekstreme forholdene ved at de åpner sine spalteåpninger bare om natten, når fordampningen er lavest. Dermed holder de på et vannlager over lengre tid enn de fleste andre vekster. Tidligere kalte man alle bergknappartene for Sedum (Burén 2002). Senere forskning har i følge Burén (2002), differensiert dette bilde noe, og et par aktuelle slekter for grønne tak har fått eget navn: Hylotelephium og Phedimus.

Hylotelephium

- kun et par aktuelle arter brukes på grønne tak
- strekker seg litt i høyden og visner til dels ned på vinteren
- vil helst ha litt dypere vekstmedium enn hva de tynneste sedumtakene har

Phedimus

- et par-tre arter aktuelle på tak
- herdige og lette å dyrke
- litt mindre hardfør mot ekstrem tørke enn Sedum

Sedum

- oftest vintergrønne, relativt lavtvoksende.
- mange viltvoksende på den nordlige halvkule
- kun noen Europeiske arter er herdige nok til på tak i nord-Europa

Burén lister opp til sammen 13 ulike bergknapparter som er aktuelle for grønne tak i vårt klima.

De fleste av disse artene finner vi hos leverandørene av grønne tak.

Arter som brukes i Norge, liste basert på leverandørenes artslistor, se også fig. 5.4:

Sedum acre – Bitterbergknapp
Sedum album – Hvitbergknapp
Sedum floriferum – Blomsterbergknapp
Sedum hipanicum – Gråbergknapp (ikke funnet i case)
Sedum lydium – Lydisk bergknapp
Sedum sexangulare – Kantbergknapp
Sedum reflexum – Broddbergknapp (ikke funnet i case)
Phedimus hybridus (Sedum hybridum) – Sibirbergknapp
Phedimus spurius (Sedum spurium) – Gravbegknapp
Phedimus kamtschaticus (Sedum kamtschaticum) - Gullbergknapp
Hylotelephium ewesii (Sedum ewersii)- Høstbergknapp



Fig. 5.4
Bergknapparter i blomst 2012. (Foto: ILP/UMB)

Sedumtak skifter utseende og påvirkes av ulike årstider, værforhold og takets alder.

Noen mosearter er også aktuelle å bruke på grønne tak. I følge Nils Cronberg (2001) har moser egenskaper som gjør dem tilpasningsdyktige for forhold på tak. De tørker og skrumper inn i tørke, men restituerer seg raskt igjen når regnet kommer. Moser er også lite kravstore når det gjelder næring, og henter ut det de trenger gjennom regnvann og lufta. Det er også interessant at moser er grønne året rundt, og utnytter sollyset for egen produksjon og vekst så fort temperaturene er over 0 °C. Dette gjør at moser kan vokse selv på vinteren da andre vekster er i dvale. Cronberg nevner 8 mosearter som er aktuelle for grønne tak i vårt klima.

Moser er mindre brukt enn Sedum på grønne tak i Norge, men moser innvandrer ofte i rene sedumtak uansett, spesielt hvis de er dårlig skjøttet. En kombinasjon av moser og sedum er også mulig å etablere, noe flere grønne tak forhandlere har.

Både sedum og moser tåler lite i forhold til mekanisk slitasje i form av tråkk. Dette er altså tak man ikke ferdes direkte på uten at gangareal er tilrettelagt. Forsiktig og sjelden ferdsel ved skjøtsel og vedlikehold kan aksepteres.

I følge Dunnnett og Kingsbury (2008) kan Sedum og mose-vegetasjon klare seg med de tynneste vekstjordlagene på kun 0-50 mm. Dessuten finnes det gressarter og stauder eller urter som klarer seg på lite vekstmedium, fra 50–100 (150) med mer, og kan dermed brukes på ekstensive tak. Grensen mot de semi intensive takene er her flytende. Dette kan være arter som i naturen danner tørre engsamfunn, som f.eks. en sammensetning av lavtvoksende og tørketålende stauder, gressarter og enkelte knoller og blomsterløker.



Fig. 5.5
Sedumtak, fra forsøktak Augustenborg bot. Takhage, 2010 (venstre) Sedumtak, Fossum terrasse 2012 (høyre) (Foto: ILP/UMB)

5.2.2 Semi-intensive tak:

Vegetasjonen på semi-intensive tak går fra de tørre engsamfunnene fra ekstensive tak til mer krevende arter, men som allikevel klarer seg i litt mer vekstmedium og med mer vann og næringstilgang. Dette er i følge Dunnett og Kingsbury (2008), i tillegg stauder for tørre til middels tørre vokseforhold, gress, sommerblomster, små busker, plen og torv gress.

På semiintensive tak er jorddybden fra 120 til 250 mm, i følge den danske definisjonen (kap. 1.3).

Torvtak, som vi har lang tradisjon med her i landet, kan defineres under semi-intensive tak. Der er det ulike engfrøarter som kan sås som frøblanding på torvblokker.



Fig. 5.6
Semi-intensivt tak på Riksarkivet, København 2010 (venstre), og på Augustenborg bot. Takhage 2010 (høyre) Foto: ILP/UMB

5.2.3 Intensive tak

Vegetasjonen på intensive tak er i hovedsak vanlige prydplanter (grøntanleggsplanter) som må vurderes spesielt i forhold til egnethet for å mestre et klima på tak. Tak har ulik utforming, størrelse og beliggenhet i forhold til vær og vind, så disse forhold må være kjent. I tillegg gjelder det som ble påpekt generelt under artsvalg. Unngå aggressive røtter, planter med ekstra følsomhet for vind etc. Vintergrønne arter kan være mer utsatt på tak enn på bakkenivå, da solinnstrålingen på tak kan være mer intens, og sammen med vind kan gi ekstra fare for frost/solsviingskader.

Nytteplanter kan også brukes på tak, i sammen med andre grøntanleggsplanter eller som egne dyrkingsfelt på tak.



Fig. 5.7
Intensivt tak, Platous gt. 6, takhage på Grønland med små trær, frodige stauder og strandrug. Foto: ILP/UMB

Intensive tak, er som navnet sier, de mest intensivt trengende i forhold til vann, gjødsel og vedlikehold generelt, og de mest flerfunksjonelle grønne tak vi har. Dette er tak for ferdsel og opphold som man har egne soner for.

5.3 Sammensetting/komposisjon:

Sammensetning av arter og plantekomposisjon vil variere på de ulike taktypene og det er viktig å plante flere arter sammen for at plantedekke kan tilpasse seg lokale forhold bedre. Jo mer variasjon, desto mer stabilt samfunn – som i naturen. Dette gjelder det spesielt å påpeke for de ekstensive sedumtakene. Det er vanlig at en sedummatte til et tak inneholder 4-8 arter totalt.

På intensive tak kan vegetasjonen være viktig som leplanting, romavgrensere og for klatring på konstruksjoner på taket i tillegg til å fylle funksjonen til en takhage, liten park eller lignende. Årstidsvariasjonene er også her som i grøntanlegg for øvrig, viktig å forholde seg til og spille på i valg av vegetasjon på taket. Det estetiske uttrykket i plantekomposisjoner er viktig på tak som er synlig utenfra eller som er for opphold. Form og funksjon må henge sammen.



Fig. 5.8
Kombinasjon av flere gressarter og stauder, semi-intensivt tak på Riksarkivet i København. (Foto: ILP/UMB 2010)

5.4 Plantekvalitet

Det er viktig med god kvalitet på vegetasjonen som brukes på grønne tak. Dvs. planter i god vekst med god rotutvikling. For planter på intensive tak og til dels også semi intensive tak gjelder Norsk standard for planteskolevarer (NS4400) for plantekvalitet for de fleste arter. Denne standarden fastlegger generelle krav til kvalitet, størrelse, merking og emballering for treaktige planter, inkludert dyrkede former av Rubus-slekten og jordbærplanter, og til flerårige, urteaktige planter (stauder). Det er i tillegg spesifikke standardkrav til planter.

Spesielle kvalitetskrav for sedumtak har vi ikke i Norge. Det er et pågående standardarbeid i gang gjennom Standard Norge som vil være viktig bl.a. i forhold til krav som kan stilles til kvalitet på sedumdekke, i forbindelse med etablering og overlevering. Det må her f.eks. komme inn kvalitetskrav på prefabrikkerte sedummatter i forhold til artsmangfold, vekst og dekningsgrad på mattene ved utlegging. Likeledes er det behov for kvalitetskrav på vekstmediets og drenslagets sammensetning, tykkelse og lagoppbygging.

Man skal være oppmerksom på at importert plantemateriale fra lengre sør i Europa kan medføre en del utfordringer i sammenheng med norske klimaforhold. Det gjelder spesielt vekst avslutning om høsten som vanligvis er senere på det importerte plantemateriale pga. annet genetisk materiale og herkomst. I møte med tidlige frostnetter i nordisk klima, kan det føre til planteskader og til og med plantedød. Gjødsling av plantemateriale (sedummatter) før levering kan forsterke denne problematikken ytterligere.

5.5 Etablering av vegetasjon

5.5.1 Form for etablering

Vegetasjon på grønne tak kan etableres på tre ulike måter.

1. Såing av frø eller plantedeler direkte på utlagt vekstjord på voksestedet er aktuelt for mange arter på ekstensive og semi-intensive tak.
Ved såing av plantedeler, aktuelt for sedum, spres plantedeler jevnt utover vekstlaget.
2. Legging av prefabrikkerte vegetasjonsmattor som rulles / legges ut på et vekst- og dreneringslag som er lagt ut på taket på forhånd. Dette er den mest vanlige metoden for etablering av sedumtak. Disse er oftest produsert ved at plantedelene spres ut og etableres på et lag med vekstmedium og kokosmatte eller plastmattor for at vegetasjonsmattene skal henge sammen ved transport og utlegging.
3. Planting av pluggplanter, containerplanter eller klumpplanter i et utlagt vekstmedium på taket. Dette gjelder semi-intensive og intensive tak.

For alle metodene gjelder det å vanne godt ved etablering og følge opp med nok vann i etableringsfasen så frøene spirer eller røttene får etablert seg i sitt nye vekstmedium.

5.5.2 Tidspunkt for etablering

Det er viktig å etablere vegetasjon i vekstperioden. Det er best på våren, men mulig også om sommeren og tidlig høst slik at rotsystemet får etablert seg før vinteren. Dette gjelder i hovedsak stauder og gressarter. Bergknappartene er å betegne som stauder.

Høstetablering er ofte mer problematisk, spesielt i vått klima og der det er tidlig frost. For mye nedbør i etableringsperioden kan føre til at røttene råtner og vegetasjon dør hvis ikke dreneringsevnen til taket er gode nok. I klimatisk svært regnfulle områder kan det være behov for dreneringslag som tar høyde for større nedbørsmengder. Dreneringsevnen blir også bedre ved hellende tak enn ved flate tak.

Tidlig vinter/frost kan også være en utfordring bl.a. i forhold til importert plantemateriale. Per i dag må leverandører for grønne tak systemer i Norge importere sedummattor i stor grad fra utlandet. Plantemateriale kommer da gjerne fra Mellom-Europa (Tyskland, Nederland). Dette skyldes at det finnes for få produsenter av ekstensiv takvegetasjon i Norge.

5.5.3 Håndtering/behandling av vegetasjonsmateriale i bygge- og anleggsperioden

Tidspunkt for planting/legging av mattor i forhold til framdriften i byggeprosjektet kan by på problemer. Hvis byggearbeidene blir utsatt og planteleveransen er på plass til opprinnelig planlagt tid, må ofte vegetasjonen lide. Det er viktig å kartlegge og følge opp tidspunkt for mulig etablering av vegetasjonsdekke, slik at man sørger for å holde plantemateriale igjen hos produsent så lenge som mulig til klarsignal for etablering av vegetasjon på taket er gitt.

Vegetasjon som kommer i sammenrullede vegetasjonsmattor eller som vegetasjonsmattor stablet oppå hverandre på pall, tåler minimalt med lagring, som tidligere nevnt i kap. 3. Disse må aller helst legges ut samme dag som de ankommer byggeplassen eller senest dagen etter. Hvis de blir liggende sammenrullet eller stablet, skades de levende vekstene. Her trengs det kravspesifisering og tydeliggjøring i det nye standardiseringsarbeidet som pågår (se 5.5).

Annet plantemateriale som containerplanter, plugg- eller klumpplanter må det også tas ordentlig hånd om slik at de ikke blir liggende sammenklemt i kasser eller lignende uten vann og luft.

5.5.4 Oppfølging av vegetasjon i etableringstiden

Det er viktig å følge opp vegetasjon i etableringsfasen. Det gjelder for alle etableringsmetoder. Tilstrekkelig vanning er avgjørende for en god start.

5.6 Vekt av vegetasjon for grønne tak

Som tidligere påpekt er det essensielt å ha kunnskap om vekten av det grønne taket når man planlegger for grønt tak. Ulik vegetasjon har ulik vekt og trenger ulik tykkelse på vekstmediet. Det

er viktig under planleggingen at man har kjennskap til bygningens konstruksjon i forhold til hvor dragere og bærende konstruksjoner, som vegger og søyler, er. Vekten av det grønne taket vil kunne være tyngre over bærende vegger og søyler enn f.eks. midt på spennet på eller mellom dragerne. Et lite tre (opp til 10m) kan f.eks. veie ca. 60 kg/m^2 , mens større trær kan veie rundt 150 kg/m^2 (FLL 2008).

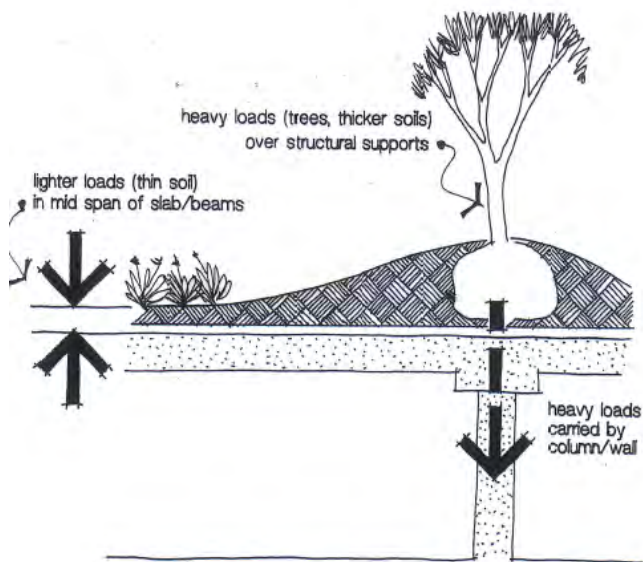


Fig. 5.8
Illustrasjon viser hvordan man planlegger å plante trær over søyler og bærende vegger. (Ill Hopkins, G. og Goodwin 2011)

Anslagsvis vekt på de ulike typer vegetasjon (FLL Guidelines 2008)

Sedummatter	10 kg/m^2
Gresstorv	15 kg/m^2
Opprinnelige gressarter og små stauder	10 kg/m^2
Små busker og større stauder	15 kg/m^2
Busker opp til 1,5m høyde	20 kg/m^2
Små trær opp til 10m	60 kg/m^2
Trær opp til 15 m	150 kg/m^2

Disse tallene sier kun noe om vekten til vegetasjonen og ikke for det totale grønne taket. I tillegg kommer lagoppbyggingen på takene som gjør at vekten øker. Leverandørene av grønne tak opererer med en totalvekt på ekstensive tak i vannmettet tilstand fra $45\text{-}50 \text{ kg/m}^2$.

5.7 Konklusjon

Å finne aktuelle arter for bruk på tak er viktig å få testet ut i forhold til klima på stedet. Her er det gjort mye forskning i Tyskland og England blant annet, men lite for vårt klima. Noe er gjort i Malmö, på den botaniske takhagen Augustenborg, men de er også lokalisert en del lengre sør enn Norge. Det påpekes fra forskere i England (Dunnet og Kingsbery 2008) at det er essensielt å få testet ut arter som kan klare seg i kaldt klima med lite vekstmedium på tak.

De påpeker at det er en ny trend å teste ut steden vegetasjon for bruk på tak. Dette bør undersøkes mer i Norge. Hvilke arter lever under naturlige ekstreme vekstvilkår, og kan disse klare seg bra på tak?

For å lykkes med et grønt tak er valg av plantemateriale for de ekstreme forholdene på tak svært viktig. Like viktig er det at etableringen av det grønne taket skjer på så gunstig måte som mulig i forhold til vegetasjonen både tidsmessig og håndteringsmessig. Man må alltid ha med seg at dette er levende materiale, som fort kan bli det svakeste leddet i en byggeprosess, hvis ikke oppfølgingen er under god kontroll.

6 Fordrøyningseffekter ved grønne tak

6.1 Fordrøyningseffekter ved grønne tak

Norske byer opplever for tiden økt fortetting og nedbygging av grøntområder. Dette medfører færre permeable flater hvor overflatevann kan infiltrere ned i grunnen. Grønne tak kan da være et virkemiddel for å avlaste et ledningsnett hvor kapasiteten allerede er begrenset.

Alle publikasjoner som er studert viser at grønne tak fordrøyer avrenningen ved å redusere total avrenning og forsinke avrenningsintensiteten, men forskjellen i observerte verdier er store da forsøkene er gjort under ulike forhold, for eksempel i værforhold, takkonstruksjon eller påført vannmengde. Noen hovedtrekk er det imidlertid mulig å trekke ut.

Fra et ordinært, flatt tak, der et vanntett takbelegg av asfalt, plast eller gummi er øverste sjikt i takkonstruksjonen, vil det meste av nedbøren renne av og avrenningen starter umiddelbart. Ved kortvarige, intense regnskyll medfører dette stor, momentan belastning på avløpsnettet. Hvis avløpsnettet ikke klarer å ta unna vannet vil det oppstå oppstuvning av vann i ledningsnettet. Vannet kan da komme inn i kjellere eller opp på gatenivå, såkalt tilbakeslag. Et grønt tak vil både redusere intensiteten i avrenningen, det vil si mengde avrent vann per tidsenhet, og utsette tidspunktet for når den høyeste intensiteten kommer, se figur 6.1. Det kan også holde tilbake 50 % til 80 % av nedbøren gjennom et år. Hvor stor disse effektene er avhenger av det grønne takets oppbygging (vekstmedium, tykkelse, plantedekke), vanninnhold og nedbørintensiteten. Man skal imidlertid være oppmerksom på at det ikke er noen sammenheng mellom gjennomsnittlig tilbakeholdelse gjennom et år og hvordan avrenningen blir for et enkelttilfelle med intens nedbør. Dessuten vil grønne tak med samme oppbygging ikke gi samme effekt i ulike klimasoner.

6.1.1 Funksjonalitet

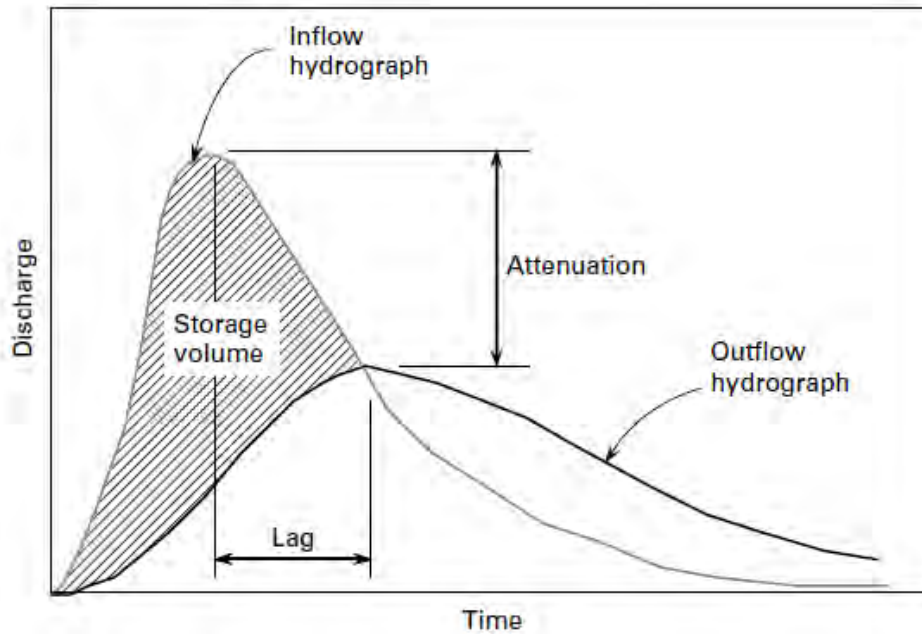
Fordrøyningseffekten fra et grønt tak kan deles i tre deler:

- tilbakeholdelse av vann
- forsinkelse av avrenning
- redusert avrenningsintensitet

Mengden vann et grønt tak kan holde tilbake bestemmes i hovedsak av kornstrukturen og tykkelsen til vekstmediet. Siden det er fri drenering i bunnen av vekstmediet vil det ikke stå fritt vann i porene til vekstmediet. Det tilbakeholdte vannet ligger derfor på overflaten av kornene i vekstmediet. Den mengde vann som et grønt tak kan holde på etter at fritt vann er drenert ut kan betegnes som takets metningspunkt.

Med forsinkelse av avrenning menes den tiden det tar fra nedbøren begynner til avrenning fra taket starter. Forsinkelsen avhenger av tiden det tar før taket når sitt metningspunkt, men også dreneringsvegen, som bestemmes av takhelling, drenerlagets oppbygging og avstand til taknedløp.

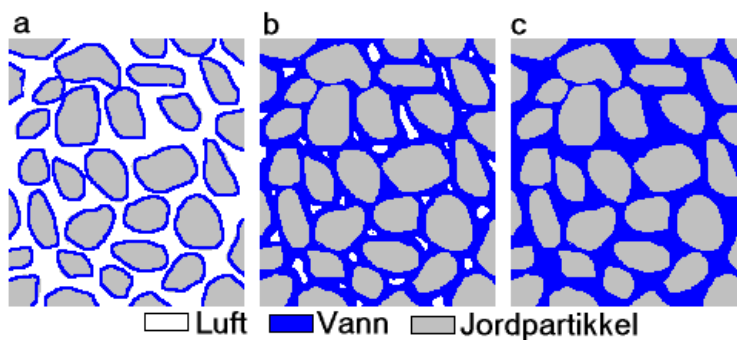
Redusert avrenningsintensitet vil si at mengde avrent vann per tidsenhet er mindre enn fra et ordinært tak. Ved intens nedbør kan avrenningsintensiteten både forsinkes i tid og reduseres i størrelse sammenlignet med avrenningsintensiteten fra et ordinært tak. Hva forskjellen i nedbørintensitet og avrenningsintensitet har å si for tilbakeholdelse av vann og reduksjon og forsinkelse i toppen for avrent vann per tidsenhet er vist i figur 6.1. Inflow hydrograph viser forløpet av nedbørintensiteten mens Outflow hydrograph viser forløpet av avrenningsintensiteten. Storage volume er mengde tilbakeholdt vann, Attenuation er svekkelse av avrenningsintensitetstopp og Lag er tidsforsinkelsen for den samme.



Figur 6.1
 Innstrømming og avrenning per tidsenhet fra et bufferbasseng, Villarreal (2006)
 Inflow hydrograph – forløpet av nedbørsintensiteten
 Outflow hydrograph – forløpet av avrenningsintensiteten
 Storage volume – mengde tilbakeholdt vann
 Attenuation – svekkelse av avrenningsintensitetstoppen
 Lag – forsinkelse av avrenningsintensitetstoppen

I et grønt tak blir nedbøren først fanget opp av plantedekket. Den infiltrerer deretter ned i vekstmediet hvor lagring av nedbør vil pågå inntil vekstmediet når sitt metningspunkt og avrenning starter. Overskuddsvann vil så drenere ned i et eventuelt vannlagringssjikt før det når drenslaget og føres til taknedløpet. Når nedbøren slutter vil vannet i vekstmediet fortsette å drenere ut inntil porene er tømt for fritt vann.

Takets primærlagringskapasitet kan defineres som differansen mellom metningspunktet, figur 6.2 b, og faktisk vanninnhold. Tilgjengelig primærlagringskapasitet vil følgelig variere over tid ut fra tidligere nedbørmengder, hvor lenge det er siden siste nedbør og fordampningshastighet. I følge Bengtsson (2005) kan takets største primærlagringskapasitet bestemmes ut fra forskjellen mellom metningspunktet, figur 6.2 b, og den mengde vann som er i vekstmediet når vannet ikke lenger er tilgjengelig for planter, visnepunktet, figur 6.2 a.



Figur 6.2 Ulike metningsgrader for jord. a-visnepunkt, b-metningspunkt, c-gjennomtrukket

Ved intens nedbør vil et grønt tak kunne holde tilbake en større mengde vann enn metningspunktet skulle tilsi, og lagringskapasiteten øker med nedbørsintensiteten, Bengtsson (2005). Dette kommer av at mengden vann som tilføres som nedbør er større enn den vannmengden som kan dreneres ut av vekstmediet i løpet av samme tid. Denne differansen mellom drenert vann fra vekstmediet og tilført nedbør fører til at porene i vekstmediet fylles, figur 6.2 c. Dette kan kalles det grønne takets sekundærkapasitet. Denne sekundærkapasiteten er kun midlertidig. Når nedbøren avtar vil det frie vannet i porene dreneres ut til taket når sitt metningspunkt.

Sekundærkapasiteten har imidlertid innvirkning på avrenningsintensiteten. Siden porene i vekstmediet blir fylt opp holdes mere vann tilbake i taket, og mengden vann som dreneres ut per tidsenhet blir mindre enn nedbørmengden i samme tidsrom, og avrenningen fra et konvensjonelt tak, i samme tidsrom. Avrenningsintensiteten fra det grønne taket vil imidlertid nærme seg avrenningsintensiteten fra et ordinært tak da en større andel av porene fylles opp og drenerings-hastigheten øker på grunn av tyngden av det frie vannet i vekstmediet.

Villarreal og Bengtsson (2005) konkluderte med at hvis det grønne taket hadde et lavt vanninnhold, det vil si stor primærlagringskapasitet, ved start av nedbøren var det mulig å både redusere og forsinke avrenningen. Hvis taket derimot hadde nådd sitt metningspunkt ved start av nedbøren ville avrenningen tilsvare nedbørmengden, men avrenningen kan ha en viss forsinkelse. Observasjoner av naturlig nedbør på et nesten mettet grønt på SINTEFs feltstasjon på Voll i Trondheim viser en slik oppførsel. Den totale avrenningen fra det grønne taket ble lik avrenningen fra et ordinært tak, men avrenningen var forsinket i tid, Busklein (2009), se figur 6.7. Observasjoner av et sedumtak i Oslo viser både en reduksjon i og forsinkelse av avrenningsintensiteten, Braskerud (2010).

Vannet som er lagret i vekstmediet vil over tid forbrukes av plantene og også fordampe direkte. Mellom nedbørsperiodene vil dette føre til at det grønne taket får tilbake sin bufferkapasitet. Hvor hurtig dette går er avhengig av type plantedekke, årstid og meteorologiske forhold den enkelte dag. Stovin mfl. (2011) refererer til en studie utført av DeNardo mfl. (2005) hvor det anslås et vanntap på ca. 3 mm/m² per dag fra et 78 mm tykt grønt tak med sedum ved 27 °C. Vanntapet avhenger av temperaturen, men avtar også eksponentielt med tiden da mengden tilgjengelig vann avtar. DeNardo antyder at 48 timer etter metning kunne dette grønne taket holde tilbake 5 mm nedbør.

6.1.2 Konstruksjon

De studerte publikasjonene er enige i at vekstmediets tykkelse og type betyr mest for det grønne takets evne til å redusere avrenningen. Bengtsson (2005) utførte forsøk med takhellinger mellom 2° og 14° og konkluderte med at det er den vertikale hastigheten gjennom vekstmediet som er bestemmende for hvor hurtig vannet renner av taket.

Når det gjelder takvinkelens innvirkning på avrenningen spriker funnene. Enkelte finner ingen sammenheng i sine forsøk, mens andre konkluderer med at takhelling kan ha en effekt på avrenningen. Villarreal og Bengtsson (2005) finner at tilbakeholdelse av vann reduseres med økende takhelling når nedbørmengden er lik, og at for en gitt takvinkel er tilbakeholdelsen størst jo mindre intens nedbøren er forutsatt at vekstmediet i utgangspunktet har et lavt vanninnhold. Likeledes konkluderer han med at takets helling ikke har noe å si når taket allerede har nådd sitt metningspunkt når nedbøren startet, Villarreal (2006). Bengtsson (2005) fant i sin studie ingen sammenheng mellom avrenning og takhelling og lite påvirkning av dreneringslagets lengde. Dette samsvarer med hva Mentens (2006) fant i sin studie av 18 tyske publiserte forsøk.

Skal man prøve å trekke en konklusjon ut fra disse funnene kan man anta at vannets hastighet gjennom vekstmediet er avgjørende for hvor hurtig avrenningen skjer og at denne påvirkes lite av takets helling. Takhellingen er først og fremst bestemmende for hvor hurtig vannet renner i dreneringslaget, og dermed hvor hurtig avrenningen når taknedløpet.

6.1.3 Vegetasjonsdekke

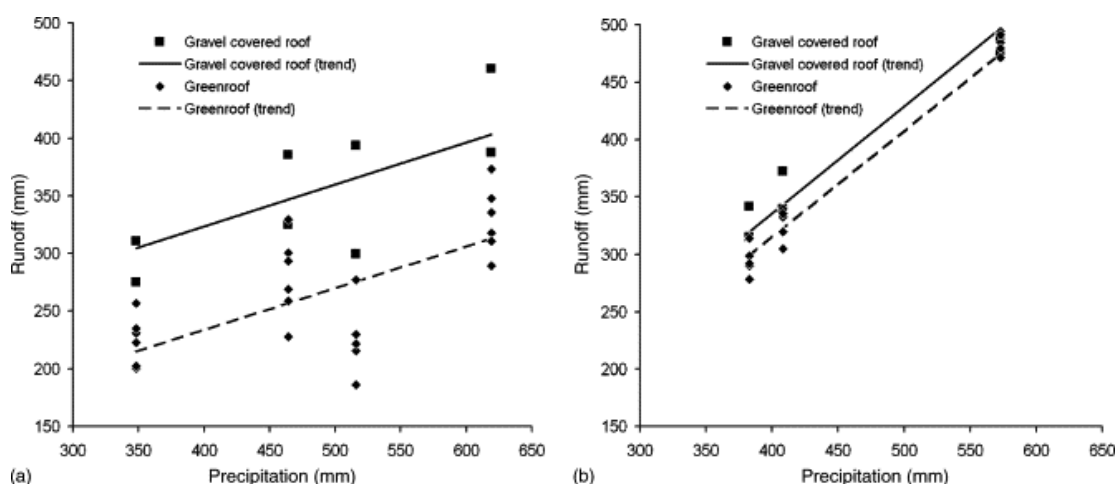
I forsøk utført ved Universitetet i Sheffield, Dunnet mfl. (2008) og Nagase, Dunnet (2012), er plantedekkets betydning for avrenning fra grønne tak i et relativt kaldt og vått klima studert. Konklusjonen er at det er en meget signifikant sammenheng mellom mengde avrent vann og ulike vegetasjonstyper. Høyvokst gress og stauder som dekker godt reduserer avrenningen mest mens Sedum er mindre effektivt. Blant sedumen som ble studert var de oppreiste artene mer effektive i å redusere avrenningen enn de krypende artene. Denne effekten oppstår fordi nedbøren først blir fanget opp av plantedekket. For eksempel vil et tettvokst, busket grasdekke holde vannet tilbake slik at det både tar lengre tid før det når vekstmediet og mengden vann som når vekstmediet reduseres.

6.1.4 Sesongvariasjon

De utvalgte studiene viser at effekten på avrenning fra grønne tak varierer gjennom året. Best effekt er det om sommeren når fordamping og plantenes bruk av vannet gjør at taket får tilbake sin bufferkapasitet.

Mentens mfl. (2006) har studert 18 tyske publikasjoner. De fant at avrenningen var markert høyere i vintersesongen, enn i sommersesongen, se figur 6.3. Köhler mfl. (2001) utførte et 24 måneders studie av et grønt tak i Berlin i årene 1997-1998. De fant at avrenningen i månedene november-mars i snitt var på 74 % av nedbøren, mens avrenningen i månedene april-oktober var i snitt på 27 % av nedbøren. Forskjellen i avrenning for perioden november-mars og april-oktober var mye mindre i studiet utført i Malmö i 2001-2002, Bengtson (2005). Her var avrenningen henholdsvis 67 % og 38 %.

Det er funnet en artikkel av Teemusk og Mander (2007) som har studert et grønt tak under vinterforhold. De kunne skille mellom to smelteperioder for det grønne taket, en for smelting av snødekket og en for tining av det frosne vekstmediet, og at avrenningstiden ble forlenget sammenlignet med et ordinært tak. Ut over dette viser dessverre ingen publikasjoner noen oversikt over månedlig gjennomsnittstemperatur eller snødekke på takene slik at det er mulig å si noe om hvordan dette innvirker på avrenningen. Dette er faktorer som kan være viktige å kartlegge for å si noe om grønne taks funksjon i ulike norske klimaområder.



Figur 6.3
Sammenheng mellom nedbør og avrenning for grønt tak og tak med grusdekke om sommeren (a) og vinteren (b). Mentens mfl. (2006).

Heltrukken kurve – trend for tak med grusdekke

Stiplet kurve – trend for grønt tak

6.1.5 Værforhold og vekstmediets metningsgrad

Værforholdene forut for en intens nedbør vil innvirke på det grønne takets evne til å holde tilbake vann og dermed hvordan avrenningen blir. Hvis det har vært en lang periode med varmt vær og/eller lite nedbør vil mye vann ha fordampet fra taket og det vil ha en god bufferkapasitet. Er det derimot langvarig nedbør, selv med lav intensitet, vil vanninnholdet i taket være nært opptil metningspunktet. Takets evne til å redusere avrenningen vil da være begrenset og avrenning vil starte ganske umiddelbart.

Likeledes vil flere etterfølgende perioder med intens nedbør i løpet av kort tid føre til at taket når sitt metningspunkt da det ikke har vært noe særlig fordampning mellom nedbørsperiodene. Effekten reduseres da for nedbørsperiode 2 og utover selv om taket i utgangspunktet hadde god bufferkapasitet.

Nedbørsintensiteten har også innvirkning på det grønne takets evne til å redusere avrenningen. Jo mindre intens nedbør desto større del av nedbøren holdes tilbake hvis taket i utgangspunktet har et lavt vanninnhold, Villarreal og Bengtsson (2005).

Nedenfor er det vist noen eksempler på hvordan avrenningen kan variere ut fra hvor mett et taket er av vann ved start av nedbør.

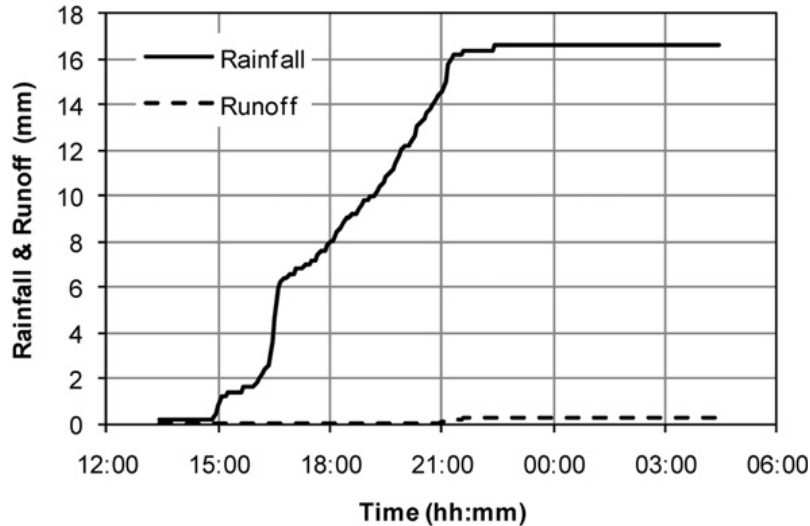
Figur 6.4 viser avrenningen fra et sedumtak i Sheffield, med et 80 mm tykt vekstmedium og 1,5° fall ved nedbør etter en forutgående periode med lite nedbør, Stovina mfl. (2012).

Figur 6.5 og Figur 6.7 viser avrenningen fra et sedumtak med ca. 30 mm tykt vekstmedium, og et torvtak, tykkelse vekstmedium 150 mm, i forhold til et referansetak med PVC takbelegg ved naturlig nedbør i to ulike perioder. Disse tre takene har 2 % fall. Sprangene i kurven for referansetaket gjenspeiler nedbøren, Busklein (2009).

Figur 6.6 og Figur 6.8 viser målinger på et tak i Oslo med 3,2° fall. Taket var delt i to parseller, en med sedum og en med asfaltapp, og avrenning fra hver enkelt parsell ble målt. Sedumtakene hadde et 30 mm tykt vekstmedium. To nedbørsperioder med ulik metningsgrad for det grønne taket ved start av nedbør er presentert, Braskerud (2010).

Meget lavt vanninnhold (lav metningsgrad) når nedbør starter

Når taket i utgangspunktet har et lavt vanninnhold er det meste av primærkapasiteten tilgjengelig. Nedbør vil da absorberes og holdes tilbake i taket. Det vil da bli lite, eller til og med ingen avrenning, hvis nedbørmengden ikke er tilstrekkelig til at taket når sitt metningspunkt, se Figur 6.4.



d) 26/06/2008 – Cumulative data

Figur 6.4

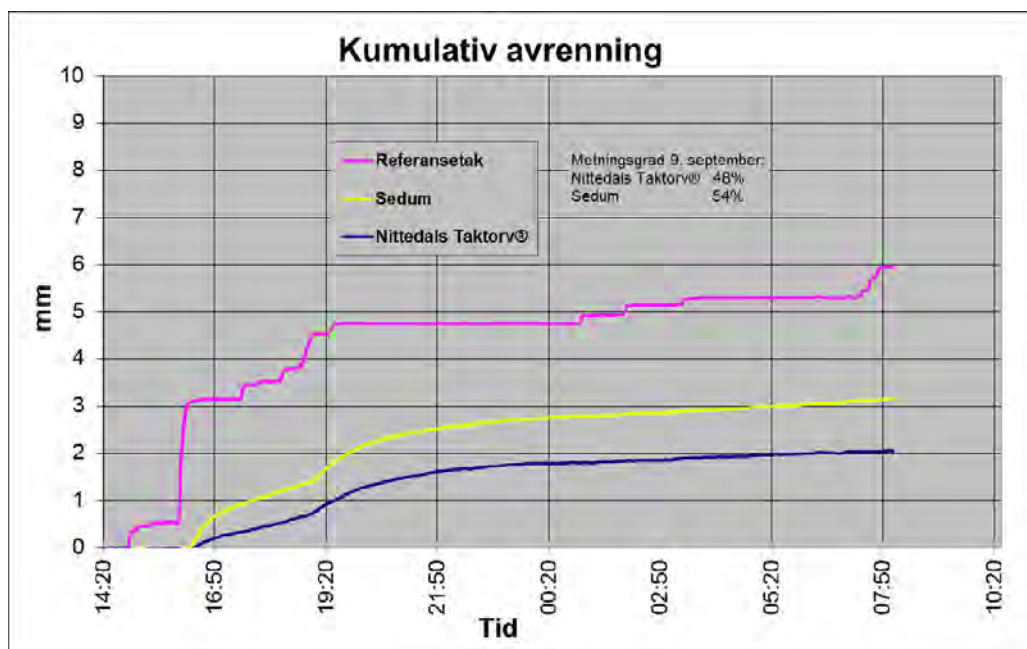
Kumulativ avrenning for et sedumtak hvor vanninnholdet er lavt når nedbøren starter, Stovina mfl. (2012).

Heltrukken kurve – total nedbør

Stiplet kurve – total avrenning

"Normalt" vanninnhold når nedbør starter

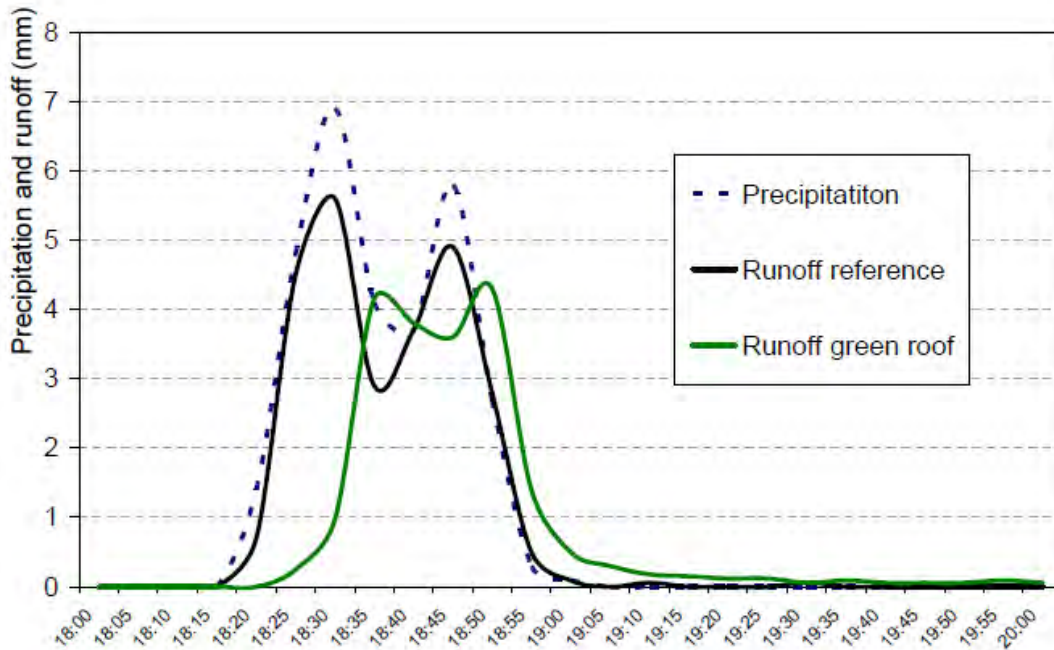
Hvis vann fra forutgående nedbør har fått tid til å fordampe fra det grønne taket før det kommer ny nedbør vil en del av primærkapasiteten være gjenopprettet. Taket vil da ha mulighet til å absorbere en viss del av nedbøren før avrenning starter, og man får både en reduksjon av avrenningsintensitetens størrelse og en utsettelse av når toppen kommer. Den totale avrenningen vil i et slikt tilfelle være lavere enn nedbørsmengden, se Figur 6.5.



Figur 6.5 Kumulativ avrenning ved middels vanninnhold når nedbøren starter, Busklein (2009).

I

Figur 6.6 viser forskjellen mellom et ordinært tak og et grønt tak tydelig. For referansetak er det en reduksjon i avrenningsintensiteten i forhold til nedbørsintensiteten, men ingen utsettelse av når toppen oppstår. Det grønne taket har imidlertid både en redusert avrenningsintensitet og utsettelse i tid for når toppen oppstår i forhold til nedbøren.



Figur 6.6

Nedbør og avrenning fra et tak uten vegetasjon (reference) og et tak med sedum etter en uke med varmt vær uten nedbør, Braskerud (2010)

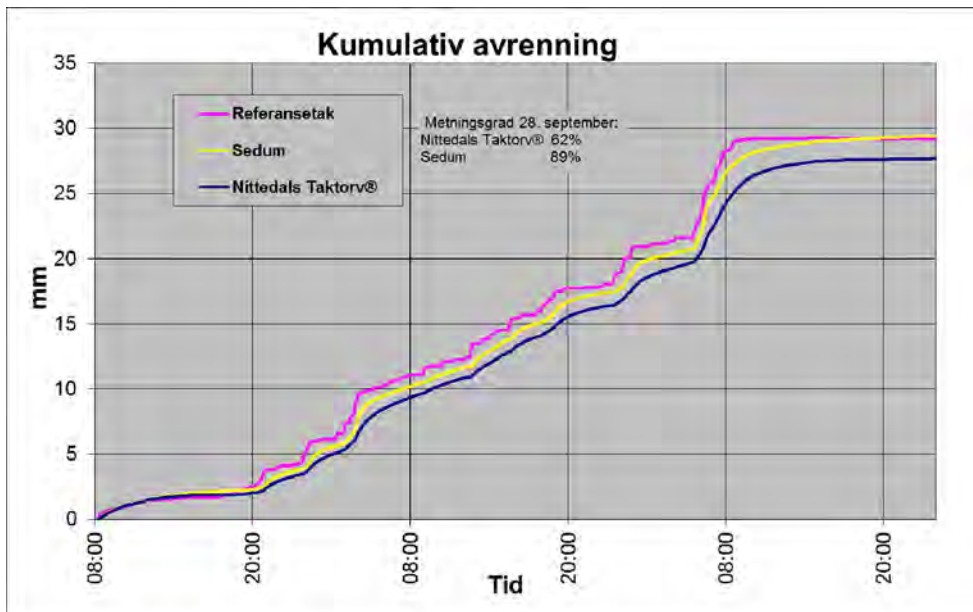
Stiplet – nedbør

Heltrukken mørk – avrenning referansetak

Heltrukken grønn – avrenning grønt tak

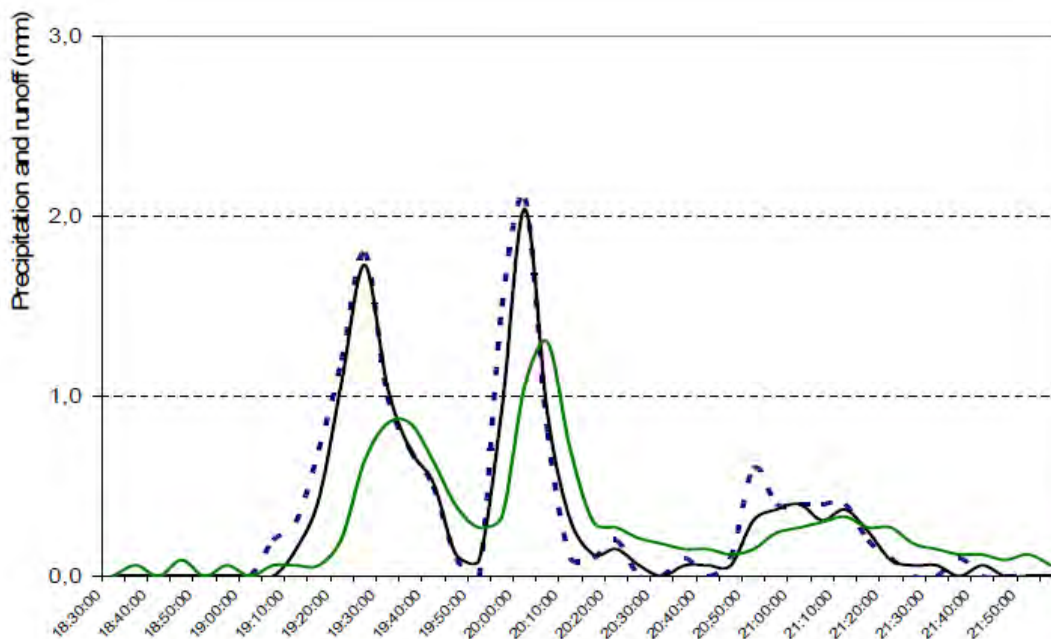
Høyt vanninnhold (høy metningsgrad) når nedbør starter

Når taket i utgangspunktet har et høyt vanninnhold er lite eller ingenting av primærkapasiteten tilgjengelig. Når det kommer nedbør vil avrenning starte relativt umiddelbart og avrent mengde vann vil tilsvare nedbørsmengden. Ved intens, kortvarig nedbør vil man likevel få en viss reduksjon i avrenningsintensiteten da vannet bruker tid på å renne gjennom vekstmediet og sekundærkapasiteten tas i bruk ved at porene fylles med vann. I Figur 6.7 vises dette tydelig i kurven for kumulativ avrenning for sedumtaket som er nesten mettet forut for nedbøren. Kurven for sedumtaket har samme stigning som kurven for referansetak. Dette betyr at det renner av like mye vann per tidsenhet fra begge takene, dvs. avrenningsintensiteten er lik, men for sedumtaket er den litt forsinket i tid. Til slutt har sedumtaket samme mengde avrent vann som referansetak.



Figur 6.7 Kumulativ avrenning ved et høyt vanninnhold når nedbøren starter, Busklein (2009)

Selv om taket i utgangspunktet har et høyt vanninnhold når nedbøren starter kan det ha effekt på avrenningsintensiteten, Braskerud (2010). Som vist i Figur 6.8 fås både en viss reduksjon i intensiteten og en utsettelse av når toppen inntreffer. Størrelsen av disse effektene vil imidlertid kunne variere mye avhengig av hvor høyt vanninnholdet er i utgangspunktet.



Figur 6.8

Nedbør og avrenning fra et tak uten vegetasjon og et tak med sedum etter en forutgående periode med mye nedbør, Braskerud (2010)

Stiplet – nedbør

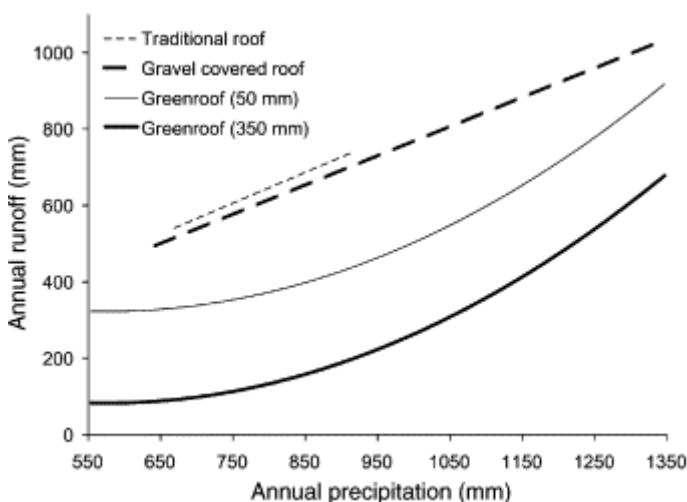
Heltrukken mørk – avrenning referansetak

Heltrukken grønn – avrenning grønt tak

6.1.6 Årlig gjennomsnitt

Tyske studier viser at grønne tak kan holde tilbake mellom 50 % og 80 % av nedbøren gjennom et år, Mentens mfl. (2006), se Figur 6.9. Variasjonen er imidlertid stor og avhenger av takenes oppbygging og lokale klimaforhold. I Köhler mfl. (2001) sitt studie av et grønt tak i Berlin over to år var det årlige gjennomsnittet 50 % tilbakeholdelse. Stovina mfl. (2012) studerte et grønt tak i Sheffield, som har et relativt kaldt og vått klima med moderat fordampning selv om sommeren, over 27 måneder og fikk et årlig gjennomsnitt på 50.2 %. Bengtsson (2005) studie i Malmö hadde 52 % avrenning over året.

Ut fra disse funnene kan det se ut som at man i et nordisk klima kan forvente en årlig reduksjon i avrenningen på ca. 50 % eller litt mer. Man skal imidlertid være oppmerksom på at det ikke er noen sammenheng mellom gjennomsnittlig tilbakeholdelse gjennom et år og hvordan avrenningen blir for et enkelttilfelle med intens nedbør.



Figur 6.9

Sammenheng mellom årlig nedbør og årlig avrenning for ulike taktyper, Mentens et al (2006)

Stiplet grå – ordinært tak

Stiplet mørk – tak med grusdekke

Heltrukken grå – ekstensivt grønt tak

Heltrukken mørk – intensivt grønt tak

6.1.7 Skybrudd

For kortvarig, intens nedbør vil det grønne takets oppførsel bestemmes av vekstmediets vanninnhold ved start av nedbøren. Dette vil igjen avhenge av hvordan værforholdene har vært i den forutgående tiden. Selv om vekstmediet er fuktig vil avrenningsintensiteten være lavere enn for et ordinært tak da tiden det tar for vannet å renne gjennom vekstmediet og drensaget er lenger enn det tar for regnvannet å renne langs et ordinært tak.

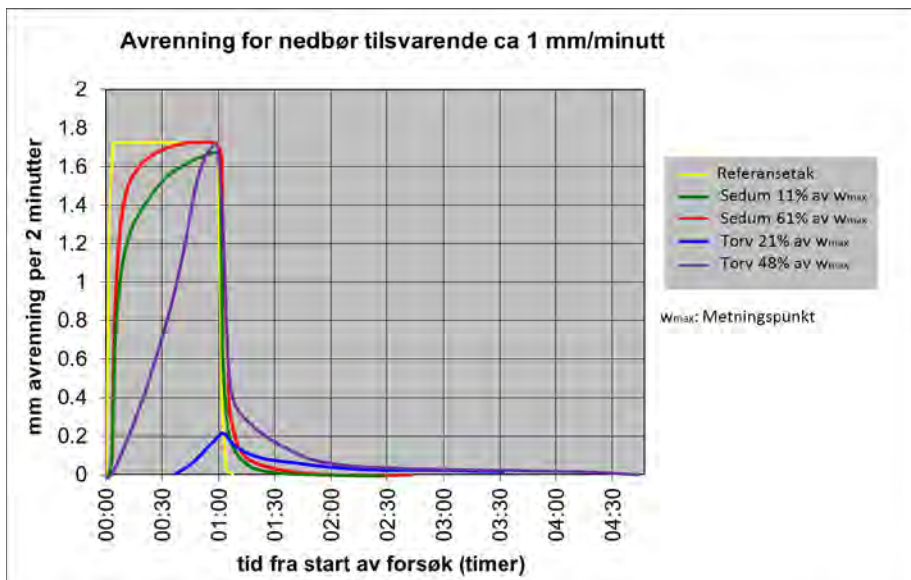
Stovina mfl. (2012) fant en gjennomsnittlig reduksjon i avrenningsintensiteten på 60 % ut fra 21 observerte nedbørsperioder med ca. 2 mm nedbør per time. Forsinkelse i avrenningsintensiteten var 18 minutter (median), det vil si at det tok 18 minutter før det rant like mye vann fra det grønne taket per tidsenhet som fra et ordinært tak. Det er ikke opplyst om hvor utnyttet takets kapasitet var før nedbørsperiodene, men tilbakeholdt vann varierer fra 0 % til 100 % noe som tyder på stor variasjon i takets metningsgrad forut for den enkelte nedbørsperiode.

SINTEF har utført to kontrollerte forsøk hvor det er påført en konstant nedbørsmengde på ca. 1 mm/minutt i 60 minutter på et tak med sedum og et tak med torv. Avrenningsintensiteten er vist i Figur 6.10. For taket med sedum gikk det 75 minutter før nedbørsintensiteten tilsvarte avrenningen fra et ordinært tak når vekstmediet i utgangspunktet var tørt (vanninnhold 11 %), og 35 minutter

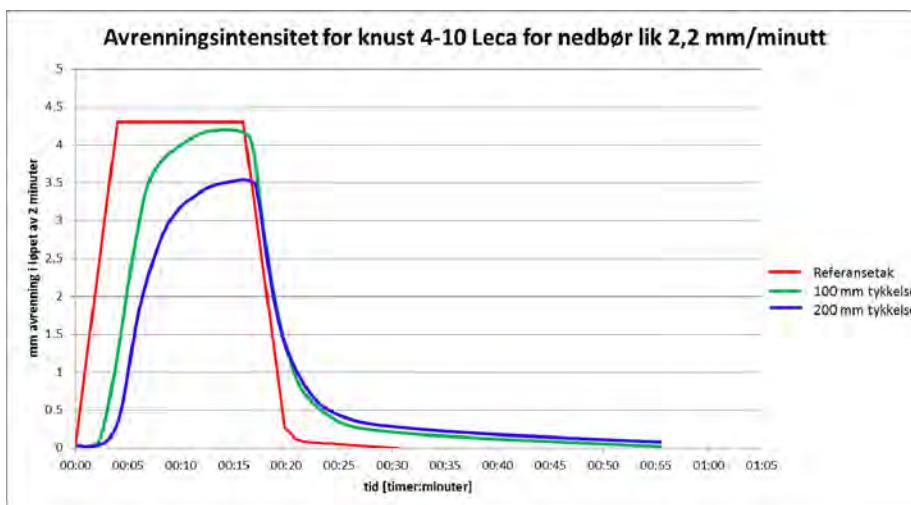
når taket var middels mettet (vanninnhold 60 %). For torvtaket, hvor vanninnholdet i utgangspunktet var 48 %, gikk det 58 minutter, Busklein (2009), Thodesen og Busklein (2012).

SINTEF har også utført kontrollerte forsøk med en nedbørsintensitet 2,2 mm/minutt på Leca. Avrenningsintensiteten for referansetaket og to tykkelser med Leca er vist i Figur 6.11. Til tross for materialets høye porøsitet ser vi en god effekt i reduksjon i avrenningsintensiteten. Etter 15 minutter oppnår taket med 100 mm Leca samme avrenningsintensitet som referansetaket, mens taket med 200 mm Leca har ca. 20 % reduksjon i avrenningsintensiteten.

Hvis man ser på avrenningsintensiteten for de ulike takene etter 5 minutter nedbør får man at reduksjonen i avrenningsintensitet for knust lettklinker i fraksjon 4-10 er 60 % for en tykkelse på 100 mm og 80 % for en tykkelse på 200 mm. Vanninnholdet var ca. 55 % av tørr vekt ved forsøkstart. Det er omtrent den samme effekten som for et sedumtak hvor avrenningsintensiteten etter de første 5 minuttene ville det ha vært redusert med henholdsvis 68 % og 46 % for et tørt og middels mettet tak. Forsøk med Leca-takene viser at de ved gjentatte intense regnskylt har samme evne til å redusere avrenningsintensiteten etter 24 timers opphold. Vi har ikke funnet at det er utført tilsvarende forsøk for sedum- og torvtak.



Figur 6.10 Avrenningsintensitet for sedum og torv i forhold til et ordinært tak, Busklein (2011)



Figur 6.11 Avrenningsintensitet for knust 4-10 mm Leca i forhold til et ordinært tak, Busklein, Thodesen, Balmand (2012)

7 Skjøtsel, drift og vedlikehold

7.1 Generelt

Skjøtsel forholder seg til de levende vekstene. Vedlikehold forholder seg til alt det andre, f.eks. takenes tekniske tilstand, søppel, snømåking etc. Driften er selve arbeidet med skjøtsel og vedlikehold.

All vegetasjon i et kultivert grøntanlegg trenger en form for skjøtsel. Dette gjelder også alle former for grønne tak. Omfanget vil variere i forhold til typen grønt tak man har med å gjøre.

Da grønne tak i form av sedumtak, kom til Norge på slutten av 1990-tallet, ble det hevdet at de var vedlikeholdsfrie. I dag er man av en annen oppfatning: De trenger litt skjøtsel og vedlikehold hvert år. Dette er det viktig at byggherrer, eiere og brukere av grønne tak er klar over. Det er også viktig at de får opplysning om hva slags skjøtsel og vedlikehold som trengs på de ulike typer grønne tak for å lykkes best mulig med det.

Omfanget av skjøtsel, drift- og vedlikeholdsoppgaver varierer mye mellom de forskjellige typer grønne tak. I alle tilfeller vil noen skjøtels- og vedlikeholdsoppgaver alltid måtte tas hånd om, mens andre oppgaver framkommer som et behov der valgte løsninger ikke har vært riktige av hensyn til klima på stedet eller av andre grunner. Forhold som kan påvirke omfanget av vedlikehold kan være:

- Valg av plantetyper i forhold til områder med liten vekstlagtykkelse
- Valg av plantetyper i forhold til områder med mye skygge
- Valg av plantetyper i forhold til områder skjermet for nedbør fra takutstikk og vegger.
- Valg av plantetyper i forhold til områder med lokalt sterkere vindforhold

Skjøtelsomfanget vil gjenspeiles i kostnader som oppstår til drift av det grønne taket.

Ved skjøtsel og vedlikehold på tak er det som tidligere påpekt svært viktig å ha kjennskap til takets oppbygging. Det bør ikke benyttes utstyr som kan skade membraner, dreneringslag og andre spesielle funksjoner som er tilstede.

Felles for alle tre taktypene er at skjøtels-, drift- og vedlikeholdsoppgaver, også utskiftninger av planter, skjøttes med håndverktøy som spade, gressklipper og kantrimmer. Erfaringer tyder på at det i de aller fleste tilfeller er tilstrekkelig. Beskyttelsessjiktene som vanligvis benyttes og som er anbefalt i dette dokumentet, tar hensyn til det. Ev. bruk av maskinelt utstyr kan kreve mer omfattende beskyttelse av membranen.

Vekstlaget er for alle typer grønne tak et sammensatt vekstmedium spesialdesignet for å gi gode vekstforhold for vegetasjon på tak. Dette må ivaretas og ev supplerings av vekstmedium må ha de samme egenskaper.

Vegetasjonsområdene på grønne tak må ikke benyttes som lagringsområde for utstyr og redskap i forbindelse med vedlikehold av bygning og lignende. Dette vil kunne gjøre stor og ubøtelig skade på både vegetasjonen, vekstlag, dreneringslag og membraner.

En generell regel for å lykkes med det grønne taket og minske skjøtelsbehovet er å sørge for at vekstmediet til en hver tid er dekket med ønsket vegetasjon avhengig av type grønt tak. På åpne områder der vekstmediet ligger bart, kommer lett uønskede vekster inn og etablerer seg.

Ugrasluking blir dermed mer arbeidskrevende enn nødvendig.

7.2 Ekstensive tak

Kostnadene til drift og vedlikehold av ekstensive grønne tak er av flere av aktørene i bransjen framhevet som begrensede dersom det er valgt veldokumenterte løsninger, og valg av planter, vekstmedium og dreneringssystem er gjort med spesiell vektlegging i forhold til klimaet på

byggestedet. Nødvendig årlig tilsyn i form av skjøtsel og vedlikehold vil da normalt begrense seg til:

Skjøtsel:

- Fjerne døde og visne planter samt løv og annet. Dette er viktig for å unngå skadende soppangrep, spesielt ved regnfull høst.
- Erstatte døde planter med nye, f.eks. ved skudd fra andre deler av taket. Resåing av gressarter og lignende. Gjelder spesielt de to-tre første årene, i etableringstiden.
- Gjødsla Bergknappartene en gang årlig på våren eller sommeren. Gjødsling gjøres første gang etter et par år. Da er gjødselflageret de ble etablert med brukt opp. Det er viktig å bruke langsomtverkende gjødsla og små mengder. Da unngår man for mye vekst av uønsket ugras på taket. Dunnett og Kingsbury 2008, anbefaler 15-20 g/m² langsomtverkende gjødsla.
- Luke ugress en gang årlig. Fjern oppslag og spirer av gress og løvtrær med mer for hånd. Man bør ikke sprøyte med plantegift da dette også vil kunne skade planter som skal vokse der.
- Fjern planter rundt sluk og andre tekniske installasjoner, takvinduer etc som ikke skal overgroes. Disse områdene har oftest en sone med singel eller lignende.
- Gjennomvann sedumtaket hvis våren er tørr og solrik. Gjelder spesielt i etableringstiden, de første to-tre årene.

Vedlikehold:

- Kontrollere at ikke sluk er tettet igjen og at avløpssystemet fungerer.
- Fjern søppel, løv og annet uønsket på taket, i takrenner o.lign.
- Ved behov for fjerning av snø, må plantedekke skånes for skarp redskap. La det være igjen ca. 5 cm snø på vegetasjonen.
-

7.3 Semi-intensive tak

Semi intensive tak er en mellomting mellom ekstensive og intensive grønne tak, med glidende overganger, en slags hybridtak. Skjøtsel, drift og vedlikehold vil på disse takene dermed være enklere i utførelse enn intensive, og noe mer krevende enn for ekstensive.

Et semi intensivt tak bør kunne vannes ved behov. Det er dermed viktig at det er vannuttak på taket. Vanningsanlegg bør vurderes, som på intensivt tak.

Skjøtsel

- Fjerne døde og visne planter og plantedeler, samt løv og annet. Dette er viktig for å unngå skadende soppangrep, spesielt ved regnfull høst.
- Erstatte døde planter med nye. Her er både såing og planting aktuelt.
- Gjødsla semi-intensive tak forsiktig med langtidsvirkende gjødsla på våren. For mye gjødsla vil kunne generere mer etablering av uønsket ugress.
- Luke ugress en gang årlig. Fjernes oppslag og spirer av gress og løvtrær med mer for hånd. Man bør ikke sprøyte med plantegift da dette også vil kunne skade planter som skal vokse der.
- Fjern planter rundt sluk og andre tekniske installasjoner, takvinduer etc. som ikke skal overgroes. Disse områdene har oftest en sone med singel eller lignende.
- Gress og tørrearter slås en gang per år etter blomsterfloret på sommeren. Slåtten fjernes, spesielt hvis det er lange strå. Ved bruk av en type slåmaskin som kutter stråene i småbiter, kan det være aktuelt å la de bli liggende på taket for å holde på og bygge opp humuslaget. Dette gjelder f.eks. for torvtak, som er en type semi-intensivt tak, hvor torven forbrukes over år, og trenger oppbygging av organisk materiale.
- Beskjæring av busker ved behov. Dette kan gjøres på vinteren.
- Gjennomvannes ved behov i tørkeperioder, spesielt viktig i etableringstiden, de to-tre første årene. Er også aktuelt senere ved tørkeperioder.

Vedlikehold

- Kontrollere at ikke sluk er tettet igjen og at avløpssystemet fungerer.
- Fjerne søppel, løv og annet uønsket på taket, i takrenner o.lign.
- Ved behov for fjerning av snø, må plantedekke skånes for skarp redskap. La det være igjen ca. 5 cm snø på vegetasjonen.

7.4 Intensive tak

En velfungerende takhage med både gangarealer, oppholdsarealer og grøntarealer krever regelmessig og fagmessig skjøtsel-, drift og vedlikehold. Arbeidet bør utføres av personell med grøntfaglig kompetanse. Alternativt må det utarbeides detaljert skjøtels- og vedlikeholdsprogram for årlig drift, med tidspunkter og milepeler for arbeidet gjennom året. Det bør deles opp i sesonger som arbeid for utføring på vår, sommer, høst og vinter.

Dette er arbeid som på mange måter er tilsvarende for grøntanlegg på bakkenivå. Forskjellene kan være tilgjengelighet til det grønne taket, hvilke muligheter man har for å frakte skjøtels- og vedlikeholdsutstyr opp på taket som ikke er håndverktøy. Tilgjengeligheten til vann er essensiell for et intensivt tak. Likeledes muligheten for el-tilknytning for aktuelt driftsutstyr.

Skjøtsel:

- Fjerne døde og visne planter samt løv og annet. Dette er viktig for å unngå skadende soppangrep, spesielt ved regnfull høst.
- Erstatte døde planter med nye. Vær obs ved nyplanting, erstatt nytt vekstmedium med tilsvarende som er på stedet.
- Gjødsla taket en gang per år. Langtidsvirkende gjødsel anbefales. Mengde må vurderes av fagperson i forhold til vekst og utvikling på plantene. Dunnott og Kingsbury 2008, anbefaler 40 g/m² langtidsvirkende gjødsel på intensive tak, men dette må vurderes på hvert sted. Årsnedbør og regnintensitet har mye å si på om næringsstoffene blir i vekstmediet for opptak i plantene eller vaskes ut raskt. Det kan være behov for å ta jordprøver for å beregne gjødselmengder.
- Ugrasluking. En gang årlig fjernes oppslag og spirer av gress og løvtrær med mer for hånd. Man bør ikke sprøyte med plantegift da dette også vil kunne skade planter som skal vokse der.
- Det må også holdes plantefritt rundt sluk og andre tekniske installasjoner, takvinduer etc. som ikke skal overgroes. Disse områdene har oftest en sone med singel eller lignende.
- Vanning må påregnes jevnlig på en takhage (intensivt tak). Det vil antakelig være lønnsomt å installere et vanningsanlegg med fuktighetsføler som setter i gang vanning ved behov. Takvegetasjon er utsatt for tørke, og siden det er få arter som tåler uttørking, må spesielt intensive tak sørge for jevnlig vanntilgang.
- Beskjæring av busker og trær. Dette kan gjøres i vinterhalvåret.
- Klipping av gressplen, ukentlig frekvens i den sterkeste vekstsesongen.
- På sommeren, gå over vegetasjonen et par ganger i sesongen (busker og trær) og fjern ev. dødt og skadd. Det kan være behov for mer intensivt skjøtsel ved ekstra skjøtelskrevende vegetasjon.

Vedlikehold:

- Kontroller at vanningsanlegget fungerer som det skal. Husk påkobling av vann på våren og avkobling og tømning av vannledninger etc., på høsten for å unngå frostsprenging på vinteren.
- Kontrollere at ikke sluk er tettet igjen og at avløpssystemet fungerer.
- Fjern søppel, løv og annet uønsket på taket, i takrenner o.lign.
- Ved behov for fjerning av snø, må plantedekke skånes for skarp redskap. La det være igjen ca. 5 cm snø på vegetasjonen.
- Renhold av fuger og flater i steinsatte gang- og oppholdsarealer.

7.5 Tiltak for å redusere eller lette vedlikeholdsarbeidet på intensive tak

- En oversiktsplan som viser fallforhold, eventuelle sprang, slukplasseringer og liknende bør foreligge, gjerne med et snitt som viser hele konstruksjonsoppbygging med membranplassering, beskyttelsessjikt og drenslag.
- En plantegning av takhagen med angivelse av vekstlagstykkelser og planteplan
- Vannuttak må være montert på strategiske steder
- Ikke plassere planter som trenger regelmessig tilførsel av vann inn mot husvegg med mindre det er montert automatisk vanningsanlegg der. Dette gjelder spesielt for staude- og rosebed.
- Anlegge automatiserte dryppvanningssystemer. Takhager med variert og omfattende beplantninger trenger mer vann enn bare regnvann.
- Benytte riktig planteavstand for å få til gode dekkende vegetasjonsfelt.
- Vurdere å tildekke vekstjorden i plantebed (f.eks. med singel steinstørrelse 50-70 mm) på steder med vinderosjon. Det gir mindre arbeider med luking og etterfylling av jord.

7.6 Kostnader knyttet til skjøtsel, drift og vedlikehold av grønne tak

Kostnader knyttet til skjøtsel, drift og vedlikehold av grønne tak varierer fra tak til tak og avhenger av en rekke faktorer, som for eksempel hvilke løsninger som er valgt, plantetyper og tilpasning til klimaet. I undersøkelsene som ble gjort som grunnlag for denne rapporten var det vanskelig å få klarhet i kostnadene. For et intensivt grønt tak er det gitt eksempel på kostnad for et spesifikt tak, mens det for ekstensive grønne tak er gitt et kostnadsintervall basert på flere tak.

Eksempel på kostnad for skjøtsel av velfungerende takhage (intensivt grønt tak) på størrelse ca. 2000 m² er i størrelsesorden ca. 65-70 kr/m² pr. år inklusive noen utskiftninger. I tillegg kommer andre drifts- og vedlikeholdsoppgaver med tilhørende kostnader til snørydding og strøing av gangarealer samt vedlikehold av f.eks. treplattinger og utemøbler.

Kostnadene til drift og vedlikehold av ekstensive grønne tak er av flere av aktørene i bransjen framhevet som begrensede når det er valgt veldokumenterte løsninger, og valg av planter, vekstmedium og dreneringssystem er gjort med spesiell vektlegging i forhold til klimaet på byggestedet. Typisk årlig driftskostnad for ekstensive grønne tak ligger i intervallet 2–10 kr/m² pr år.

8 Casestudiet

Allerede i innbydelsen til prosjektet hadde Oslo og Bærum kommuner lagt inn et meget sterkt ønske om at det skulle utføres et casestudium. Undersøkelse av ulike eksempler på grønne tak i Norge har derfor vært en sentral del i arbeidet med kunnskapsinnhentingprosjektet.

Det følgende kapitlet omhandler framgangsmåten ved casestudiet samt viktige resultater og kunnskap som kan oppsummeres fra de takene som ble undersøkt.

8.1. Metodikk

I casestudiet har vi samlet og analysert relevant informasjon fra hvert av de ni grønne takene, som ble valgt. Kartlegging av erfaringer knyttet til planlegging, montering/etablering samt drift og skjøtsel av takene har vært en viktig del i kunnskapsinnhenting. Ved å belyse casene fra ulike hold håpet vi å få et så fullstendig bilde som mulig av hvert prosjekt og dagens kunnskapsnivå. Fokuset har dessuten ligget på parametere og forhold som påvirker takenes avrenning og fordrøyende effekt.

Det har vært viktig for undersøkelsen å komme i kontakt med de ulike involverte aktører som byggherre, planleggere, leverandører, entreprenører, drifts- og skjøtselsansvarlige. Hovedkontakter til de fleste prosjektene ble framskaffet av Oslo og Bærum kommune mens prosjektgruppen har lagt en del arbeid i å finne fram til manglende kontakter eller oppdatere foreliggende. Spesielt for eldre prosjekter var det vanskelig å finne fram til en del aktører, særlig fra planleggings- og byggeperioden.

Casestudiet omfatter en spørreundersøkelse som ble sendt til ulike involverte aktørgrupper. Spørreundersøkelsen ble supplert med telefonsamtaler og analyser av tilsendt tegningsmateriale og annet underlag.

I tillegg var representanter fra samarbeidsgruppen på befaring på hvert av takene - i de fleste tilfellene med en av de involverte aktørene til stede. Ved noen av takene i Oslo og Bærum ble det i den forbindelse tatt jordprøver for å sikre et bedre datagrunnlag for datasimuleringene. Mer om datasimuleringer av fordrøyningseffekten, se kap. 8.5.

8.1.1 Valg av tak

Ni grønne tak ble undersøkt som caseeksempler i dette studiet. Endelig valg av takene ble foretatt i prosjektfasen og det var Oslo og Bærum kommune som hadde ansvar for dette. SINTEF og UMB har bistått i arbeidet. Følgende kriterier prosjektene var førende for valg av casene og casesammensettingen:

- dekke et spekter av ulike typer grønne tak, dvs. representere både eksempler for intensive, semi-intensive og ekstensive tak.
- ha fokus på prosjekter fra de oppdragsgivende kommunene Oslo og Bærum, og sikre i tillegg en viss geografisk spredning for de øvrige prosjektene for å få med klimaforskjeller.
- ligge i urbaniserte områder.
- vise en viss spredning i forhold til involverte aktører.
- være på tak og ikke på lokk, dvs. ikke være i direkte kontakt med terreng.
- inkludere både nye prosjekter og prosjekter med noen år drifts- og skjøtselserfaring.

Det viste seg at det ikke var mange grønne tak å velge mellom, og av ulike årsaker kunne ikke alle kriteriene innfris. De valgte casene representerer likevel et interessant utvalg av eksisterende grønne tak i Norge og viser en viss geografisk spredning. Spekteret av taktyper ble ytterligere utvidet med et torvtak for å ha denne tradisjonelle typen grønne tak også med i undersøkelsen.

Når det gjelder antall grønne tak i Norge virker det, ut fra vår informasjonsstatus, som om det fortsatt er relativt få grønne tak som har blitt bygd i de senere årene. Det inntrykket har vi ikke hatt mulighet for å undersøke nærmere i dette prosjektet. Muligens finnes en del grønne tak, spesielt i byggemarkedets private sektor, som vi ikke har fått kunnskap om. En prosjektdatabase for grønne tak hadde lettet framtidig forskning og utprøving.

Tabell 8.1 viser hvilke eksempler på grønne tak som ble valgt for casestudiet.

Tabell 8.1 Oversikt over tak i casestudiet

Case	Bruksområde	Type tak	Totalareal (ca.)	Byggeår
<i>Bærum kommune:</i>				
Evje skole *	Offentlig instit.	Sedumtak	400 m ²	2010
Fossum Terrasse	Bolig	Sedumtak	21 x 100 m ²	2002
<i>Bergen kommune:</i>				
Ikea	Næring	Sedumtak	22.000 m ²	2011
<i>Oslo kommune:</i>				
ALNA senter *	Næring	Torvtak	1 300 m ²	1996
Norsk Gjenvinning * (tidl. Veolia)	Næring, offentlig sektor	Sedumtak	28.000 m ²	2007
Takhage på Grønland *	Bolig og næring	Takhage	460 m ²	2008
<i>Stavanger kommune:</i>				
Comfort Hotel Square	Næring	Sedumtak	1.300 m ²	2009
<i>Trondheim kommune:</i>				
Nedre Flatåsen barnehage	Offentlig instit.	Sedumtak	220 m ²	2009
Thaulowkaia	Bolig og næring	Takhage	2.000 m ²	2002

* For disse takene er det gjort modellsimuleringer for å beregne forsinkelse av avrenningstopp, se 8.5

8.1.2 Spørreundersøkelse

For å kunne innhente informasjon om takene fra ulike aktører, var en spørreundersøkelse en naturlig metode å gå fram på. Spørreundersøkelsen skulle da sikre et systematisk og omfattende tilfang av informasjon fra aktørene, som hadde vært involvert i de ni takene.

Utvikling av selve spørreskjemaet har i samarbeidsgruppen bidratt til å klargjøre og presisere temaer som skulle belyses. Det ble satt opp spørsmål om fakta, informasjon og erfaringer som var viktig å få fram med henblikk på oppdragsgiverens bestilling.

Spørreskjemaet er delt i fire hoveddeler og flere deltemaer:

I. Generelt om bygget og taket:

- Om lagoppbygging av det grønne taket
- Om takets kant/avslutning

II. Om planleggings- og byggefasen: Valg og bakgrunn for valgene

- Om avrenning/fordrøyning
- Om vegetasjon og plantevalg
- Om vindavblåsing
- Branntekniske vurderinger

- Andre momenter
 - Om salgsprosessen
- III. Erfaringer fra driftsfasen
- Vanning av vegetasjon
 - Om sikkerhetstiltak ved vedlikeholdsarbeider på det grønne taket
- IV. Konklusjoner/Vurderinger

Hele spørreskjemaet finnes som vedlegg i slutten av rapporten.

Basislisten med alle spørsmål ble lang og omfatter 100 spørsmål. Med utgangspunkt i denne listen ble det laget flere ulike spørsmålssett avhengig av de ulike rollene som aktørene har hatt i et prosjekt. Det vil si at deltakerne i spørreundersøkelsen måtte bare svare på et utvalg av spørsmålene fra basislisten, som var relevante med henblikk på deres rolle.

Det ble definert fem ulike aktørgrupper som aktuelle deltakere i spørreundersøkelsen:

- Byggherre/Eier
- Prosjekterende/rådgiver
- Entreprenør
- Drift og vedlikehold
- Leverandør av grønt tak

Dermed ble det også laget fem ulike spørsmålssett.

Vi var opptatt av å utforme spørreskjemaet så brukervennlig som mulig for å øke deltakelsen og svarprosenten. Brukervennlighet var derfor en avgjørende grunn for å velge et elektronisk spørreskjema, som kunne forvaltes i et online databehandlingsprogram. Ytterligere argumenter for å bruke denne framgangsmåten var hensyn til personvern med en mulig anonymisering av datasettet og en enklere analyse av svarene med hjelp av databehandlerprogrammets analyseverktøy. Questback ble valgt som databehandlingsprogram.

Håndtering av slike store datamengder og ulik lenking av svarene viste seg likevel som en utfordring i arbeidet med databehandlingsprogrammet og genererte en del uforventet arbeid i forkant av undersøkelsen.

Spørsmålene skulle det være enkelt å svare på. Derfor ble det i stor grad lagt opp til en kombinasjon av ja/nei-svar og flervalgsvar. Fritekstsvaret ble brukt i mindre omfang.

Prosjektet ble meldt til Norsk Samfunnsvitenskapelig Datatjeneste (NSD) for å ivareta hensyn til personvern og ble godkjent før spørreundersøkelsen ble sendt til aktørene.

Gjennomføringen av spørreundersøkelsen omfattet følgende trinn:

- Førstegangskontakt med spørreundersøkelsens potensielle deltakere. Hovedkontakt opprettet av oppdragsgiverne, som informerte om bakgrunn for prosjektet. Det ble utarbeidet en kontaktoversikt over aktører i de ulike prosjektene. SINTEF og UMB hjalp til med arbeidet.
- Skriftlig infobrev (pålagt fra NSD) ble sendt av samarbeidsgruppen. Den informerte om prosjektets formål, spørreundersøkelsen og personvern i denne forbindelsen.
- Aktørene ble kontaktet vedrørende tegningsmateriale, bilder m.m. Kontaktlisten ble ajourført.
- Online spørreundersøkelsen ble publisert og holdt åpen for svar i to uker. Invitasjon ble sendt per e-post via databehandlingsprogrammet. To automatiske påminnelser ble sendt i åpningstiden. Åpningstiden av spørreundersøkelsen ble utvidet med noen dager pga. ønske fra noen aktører.
- Evaluering av resultater fra spørreundersøkelsen ligger som grunnlag for videre arbeid med casestudiet og som grunnlag for befaringsarbeid.

8.1.3 Befaringer

Spørreundersøkelsen har dannet grunnlaget for befaring av takene i tillegg til telefonsamtaler og annet informasjonsmateriell. SINTEF og UMB har delt takene mellom seg. Det ble gjennomført befaring av alle takene, noe som ikke var planlagt i starten. I de fleste tilfellene var det noen av aktørene til stede. Ved en del av prosjektene i Oslo og Bærum ble det dessuten tatt jordprøver til datasimuleringen (se kap. 8.5).

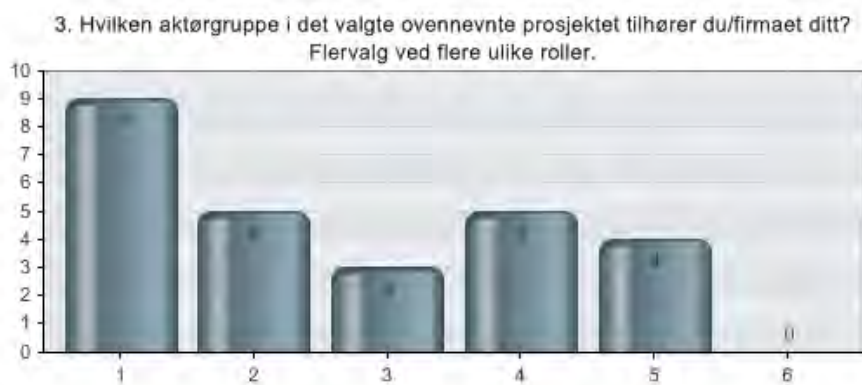
Det har vist seg som viktig å se helheten på stedet samt aktuell status i vegetasjonsutvikling, skjøtsel og drift for å få et mer omfattende bilde og bedre forståelse for de ulike casene.

8.2 Resultater fra spørreundersøkelsen

Besvarelsene av spørreundersøkelsen gir en del interessant og viktig informasjon, men er et mindre fyldig materiale enn forventet. Ut fra interessen og velviljen vi ble møtt med i forkant av gjennomføringen, hadde vi håpet å få et mer komplett bilde. Riktignok varierer fyldighet av informasjon ved de ulike prosjektene. Svarprosenten indikerer allerede at vi mangler en god del svar fra ulike aktørgrupper. Det har kommet svar fra alle prosjektene, men det varierer hvilke og hvor mange aktører som responderte og dermed også hvilke spørsmål vi har fått svar på. I tillegg er det flere spørsmål som ikke ble besvart eller besvart med "vet ikke". Informasjonsutbytte for de forskjellige casene er derfor relativt ulik, og deres sammenligning ut fra resultater fra spørreundersøkelsen er bare mulig i begrenset omfang.



Figur 8.1: Oversikt over antall svar fra de ni takene



Aktører	Prosent	Verdi
1 = Byggherre/Eier	39,1 %	9
2 = Prosjekterende/rådgiver	21,7 %	5
3 = Entreprenør	13,0 %	3
4 = Drift og vedlikehold 5	21,7 %	5
5 = Leverandør grønt tak 4	17,4 %	4
6 = Annet	0,0 %	0
		Total 23

Figur 8.2: Oversikt over svar fra ulike aktørgrupper

Svarprosenten til spørreundersøkelsen er 58 % hvis man sammenlikner respondenter med antall sendte e-poster. Likevel er resultatet mer kompleks siden noen av kontaktene hadde flere ulike aktørroller i et prosjekt eller var involvert i forskjellige prosjekter. Ut fra antall aktørgrupper som ble kontaktet (42) og antall svar som ble sendt (23), ligger svarprosenten på 55 %.

Det finnes sikkert flere årsaker til den manglende responsen. Vi antar at følgende momenter bidro til dette:

- Manglende eller utilgjengelig tegningsmateriale og annet prosjektunderlag for å kunne svare.
- Deltakergruppen dekket ikke alle involverte aktører i prosjektet og deres kunnskap og informasjon.
- En del eldre prosjekter, der materiale fra planleggings og byggefasen ikke lenger er så lett å skaffe, og/eller der nøkkelpersoner har byttet jobb, firmaer ikke lenger finnes osv.
- Spørreundersøkelser prioriteres ikke i en travel hverdag.

Det er ikke til å utelukke at også oppsett og utformingen av spørreundersøkelsen bidro til resultatet. Det har vi ikke undersøkt videre.

Premissene som ble satt for spørreundersøkelsen har ført til at vi har valgt å ikke vise resultater i grafer. Enkel sammenlikning av prosjekter, der et ulikt antall aktører uttaler seg, kan gi et skeivt bilde. Resultater fra spørreundersøkelsen har derfor blitt analysert og tolket ved å sammenlikne samlede svar for de ulike prosjektene.

Til tross for noen forbehold har resultatene fra spørreundersøkelsen vært et viktig grunnlag for både befaring av takene og faktaarkene (se kap. 8.3). Samlet oppsummering fra disse ulike framgangsmåtene følger i kapitlet 8.4.

8.3 Faktaark for takene i casestudiet

Se vedleggene på de følgende sider.



Oversiktsbilde, Evje skole med sedumtak på idrettshallen i midten. Foto: Bærum kommune

Evje skole

Evjebakken 20, Sandvika, Bærum kommune

Fakta

Byggeår:	2010
Type tak:	Ekstensivt grønt tak (sedumtak)
Totalt areal:	Ca. 400 m ²
Høyde over bakken:	3–10 m
Helning:	2,5 % (1:40) takfall
Grønt tak:	Planlagt og anlagt sammen med bygget
Mål med grønt tak:	Estetisk verdi og fordrøyende effekt. Kommunen satte krav om lokal overvannshåndtering.

Takets oppbygging

Vegetasjonsarealer:

- Sedummatte: Etablert på kokosmatte med mineraljord
- Vekstmedium: Mineraljord bestående av lavagrus, pimpstein og 10–15 % organisk materiale
- Drenerende lag: Knasteplate med filtduk oppå og under.
- Membran: 2 lag asfaltmembran
- Trykkfast isolasjon: 100 mm
- Lettak med 250 mm isolasjon og fall til sluk
- Perforert akustisk underside
- Branntetting mot yttervegg

Utforming av kant:

Parapet, se illustrasjon over, måler ca. 90–100 cm over sedumdekket. Tilsammen 10 nødoverløp ca. 20 cm over sedummattene. To nødoverløp per kortsida og tre per langsida.

Vegetasjon

Arts sammensetning:

4 arter Sedum ble observert på taket: Sedum acre – Bitterbergknapp, Sedum album – Hvitbergknapp, Sedum lydium – Lydisk bergknapp, Sedum sexangulare – Kantbergknapp. I tillegg til sedumarter finnes en del moser og kløver.

Etableringsmetode:

Sedummatter

Tilstandsvurdering:

Langs kant i NV og SØ-sidene vokser sedumplantene bra med blomstring på befaring i juni.

Sedumtaket danner ikke et sammenhengende vegetasjonsdekke. Vegetasjonsdekke er både skrint og har sprekker etter dårlig sammengroing av sedummattene, med mye mose imellom. Noen steder stikker det kokosmattefiber opp av dekke, antakelig revet opp av fugler.



Utsyn over sedumtaket, juni 2012. Foto: ILP/UMB



Sedum i blomst i NV-hjørnet, ellers mye mose, kløverrosetter.
Foto: ILP/UMB



Røde sedumplanter tyder på næringsmangel. Foto: ILP/UMB

Avrenning og fordrøyning

Innvendig sluk, 4 stk, med tydelig fall mot slukene. Slukene ligger rett under overløp i parapeten.

Erfaringer fra bygge- og anleggsperioden

Matter med sedum ble rullet ut. Det er ikke meldt om problemer eller reklamasjon av taket.

Skjøtsel drift og vedlikehold

Sedumtaket har ikke vært vedlikeholdt siden anlegging. Taket er vanskelig tilgjengelig. Man må ha stige både for å komme opp på parapeten og ned fra den til sedumtaket. Det har kun vært fjernet leker og småstein som har blitt kastet opp på taket.



Sluk i forsenkning, med mye jord og stein (naturgrus).
Foto: ILP/UMB



Oppbygging m knåsteplate, filtduk og lavestein og lett-klinker. Foto: ILP/UMB



Sedum er etablert på kokosmatte med mineraljord.
Foto: ILP/UMB

Fossum Terrasse

Kalderåveien 11, Eiksmarka, Bærum

Fakta

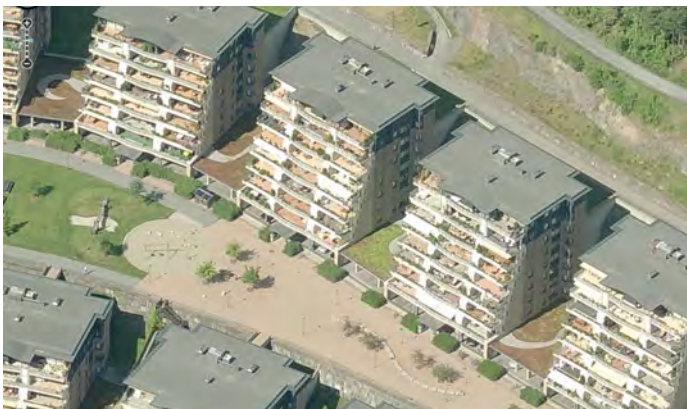
Byggeår: 2002
Type tak: Ekstensivt grønt tak (sedum)
Totalt areal: Ca. 2100 m², bestående av 19 grønne tak á ca. 100 m² mellom blokker pluss to i enden av husrekkene mot sør.

Høyde over bakken: Ca. 3,5 m. Terrengtilslutning på baksiden på øvre rekke. Terrengtilslutning på begge sider på nedre rekke.

Helning: Tilnærmet flate tak med nødvendig helning til sluk.
Grønt tak: Planlagt og anlagt sammen med bygget. Takene ligger oppå garasjebygg som går under to rekker med boligblokker. Endetakene i sør danner innkjøring til parkeringskjeller. Gruslagt slangeform gjennom hvert tak.

Mål med det grønne taket: Estetisk verdi, uteromskvalitet og økt salgsværdi.

Det har ikke vært kommunale føringer vedrørende overvannshåndtering.

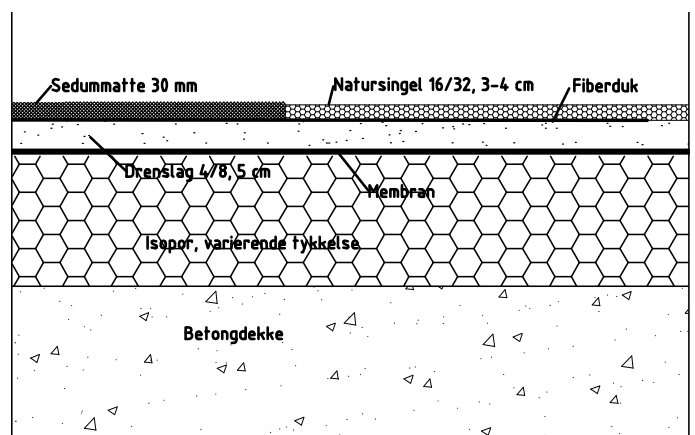


Grønne tak mellom blokkene, over garasjekjellere. Foto: Bærum kommune

Takets oppbygging

Oppbygging av vegetasjonsarealer:

- Sedummatte ca. 30 mm med striper av natursingel 16/32 mm (fiberduk mellom singellag og drencslag)
- Drencslag 4/8 mm naturgrus, 50 mm
- Membran
- Isopor
- Betongdekke.
- Vekt av grønt tak: ca. 50 kg pr m² vannmettet.



Snitt lagoppbygging. Tegning Selvægbygg



Frodig sedumplanting på enden av husrekker. Foto: ILP/UMB



Frodigheten mellom husrekkene skyldes til dels græsengplanter og kløver. Foto: ILP/UMB

Vegetasjon

Artssammensetning:

6 arter Sedum ble observert på taket. Sedum acre – Bitterbergknapp, Sedum album – Hvitbergknapp, Sedum sexangulare – Kantbergknapp, Phedimus hybridus (Sedum hybridum) – Sibirbergknapp, Phedimus spurius (Sedum spurium) – Gravbergknapp, Phedimus kamtschaticus (Sedum kamtschaticum) - Gullbergknapp .

I tillegg en del engrassarter og kløver.

Etableringsmetode:

Sedummatter.

Karakteristiske trekk:

Takene mellom huskroppene har buede gruspartier. Disse er kun for estetisk verdi, ikke som stier for å ferdes på. Disse takene er ganske skyggefulle på grunn av de høye boligblokkene. De to takene i enden av husrekkene er mer soleksponerte.

Tilstandsvurdering.

Takene mellom blokkene har frodig vegetasjon. Mye skyldes grasarter som har etablert seg, antakelig spredt seg fra naturlig grasbakker som ligger rundt.

Artssammensetning er forskjellig på de ulike takene. Takene mellom bygningene er preget av to-tre arter som f.eks gravbergknapp og sibirbergknapp eller hvitbergknapp.

Takene i endene har mer rene sedumdekker og større variasjon i artsammensetning. Her er sedumplantene kraftigere og det er ikke invaderende ugras.

Avrenning og fordrøyning

Innvendig sluk :

Sedumtakene mellom blokkene har avløp midt på takene til garasjeanlegget under. Det har vært en liten lekkasje i forbindelse med avløpet, som er midlertidig løst.

Frodigheten mellom husrekkene skyldes til dels græsengplanter og kløver. Foto: ILP/UMB

Skjøtsel drift og vedlikehold

Takene på den øvre rekka er vanskelig tilgjengelig, trenger stige. Takene på den nedre rekka er tilgjengelig fra bakkenivå. Uteanlegget på Fossum terrasse har blitt skjøttet av samme gartner i de ti årene det har stått. Interessante erfaringer i forhold til gjødsling og nedbør er blitt gjort. Fra begynnelsen var anbefalingene fra leverandørene og ikke gjødsle sedumtak. Dette har forandret seg til at man bør gjødsle litt årlig. Både sedumplantene og ugrasinnslagene blir frodigere med gjødsling. Det har vært en utfordring å finne ballansmengden av gjødsel. Skyggefulle tak og mye regn har ført til mye ugras siste sesong. Dette krever ugrashåndtering i større omfang.





Foto: ILP, UMB

Satellitt 3 ALNA

Alna senter, Strømsveien 245, Oslo

Fakta

Byggeår: 1996
Type tak: Torvtak
Totalt areal: 1300 m²
Høyde over bakken: Fra ca 1,5 m til 4–5 m
Helning: Helning mot nord, ca. 14 grader. Bygningen buer i takets lengderetning, se illustrasjon under. Torvtaket er planlagt og anlagt sammen med bygget.

Mål med grønt tak: Torvtak ble valgt på grunn av at eier av kjøpesenteret ønsket en miljøprofil. Det var ikke krav fra kommunen om å håndtere overvannet på egen tomt.

Takets oppbygging

- Vegetasjonsarealer:
Opprinnelig tykkelse på torvtaket: ca. 17 cm i 1996. I 2012 målt til fra 6–10 cm.
Torvtaket er lagt direkte oppå asfaltmembran, uten ekstra rot-spørre eller drenering. Torvblokker dekker hele taket.
- Utforming av kant:
Parapet fra ca. 40–70 cm over vekstmediet i øvre kant og langs sidene. Nederst en torvholdestokk ca. 20–30 cm fra nedre kant, som holder torvdekket på plass.
- Fem overlys ca. 2 x 2 m i nedre del av taket.
- Vekt av taket:
Ved anlegg av taket var det beregnet vekt ca 130 kg/m² i vannmettet tilstand. Taket tåler 250 kg/m².



Taket på Alna senter sett fra parkeringsplassen. Foto: ILP/UMB



Fra taket på Alna senter. Man aner takets krumning. Foto: ILP/UMB



Nedre kant med torvholdestokk.



Sidekant og øvre kant med nysatt plantekasse



Typisk vegetasjonsuttrykk svingel m.m.

Alle foto: ILP/UMB

Vegetasjon

Artssammensetning:

Opprinnelig sådd en engfrøblanding : 50 % rødsvingel, 30 % stivsvingel, 5 % engkvein, 8 % engrapp, 5 % hvitkløver, 2 % tirltunge. En del arter har gått ut, men det er fortsatt svingelartene som dominerer synsuttrykket. Nye arter har kommet til som geitrams, markjordbær, ryllik, en del mose med mer. I tillegg finnes enkelt oppslag av selje, bjørk og rogn.

Taket er under forvandling til en kjøkkenhage.

Karakteristiske trekk:

Lange svaierende lyse gresstrå, sett fra P-plassen. Nedenfra P-plassen er ugresset lite skjemmende.

Bruk av grøntarealet:

Taket er anlagt kun for pryd. Et nytt prosjekt Majobo (mat og jord der du bor) har aktualisert bruken av taket. Planen er å plante små frukttrær, bærbusker, urter, grønnsaker og noe prydvekster. Disse skal plantes i felt/kasser på taket. Arbeidet har så vidt startet, se kasse med bærbusker bilde over, og vil fortsette for fullt i år 2013.

Tilstandsvurdering:

Helhetlig ser vekstene bra ut. Gresstuene danner ikke et tett dekke. Mellomrommene består for en stor del av lav og mosearter. Partier med en del mose og lav kan skyldes lite næring.

Det er tydelig merke etter en del tråkk på visse steder der Majobo-prosjektet har vært aktivt. Vegetasjonen er sårbar for slikt tråkk, og man kan se at vegetasjonen er tråkket ned og slitt bort på noen steder.

Avrenning og fordrøyning

Taket har ikke sluk. Takets helning fører overskuddsvann, som ikke tas opp av torvdekket, via en stålkonstruksjon for solavskjerming, til og et ca 1–1,5 m bredt belte med naturgrus, som fordrøyer vannet ytterligere. Herfra renner overskuddsvann ut på p-plassen til sluk. Parkeringsplassen har svært liten helning (1:100), så torvtaket og grusbedet er viktig fordrøyning.

Skjøtsel drift og vedlikehold

Vedlikeholdsfrekvens: Taket vedlikeholdes ikke

Spesielle forhold som bør nevnes

Siden det ikke er benyttet separat rotsperre, kan det bli problemer med takets tetthet i forhold til vekster med kraftige røtter.

Konklusjon

Et torvtak trenger vedlikehold i form av gjødsel/kalk og slås jevnlig samt noe ugrasluking.

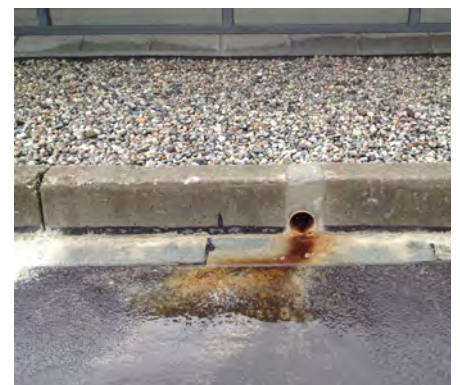
Tykkelsen på torva ser vi her er redusert til omtrent det halve på 16 år. Man kan anta at fordrøyningseffekten reduseres ved mindre torvdekke og mindre tett grasdekke.



Nedre kant, med stålkonstruksjon, utenfor



Biler parkert helt inntil naturgrusfelt.



Overskuddsvann fra naturgrusen går ut i p-plassen til sluk.

Alle foto: ILP/UMB



Foto: UMB/EP

Norsk gjenvinning AS (tidl. VEOLIA)

Haraldrud v. 31, Oslo

Fakta

Byggeår: 2007
Type tak: Ekstensivt grønt tak (sedum)
Totalt areal: 28 000 m² sedumtak. Var lenge Skandinavias største grønne tak.
■ Visningsplattform ca. 20 m²
■ 12 rektangulære bygg for overlys og lufting, ca. 2 m bredde, ca. 10–60 m lengde

Høyde over bakken: ca. 20 m
Helning: Ca. 2% (1:50–1:40) fra nord mot sør, jevn helning på hele taket. Takrenneløsning under sedumdekket på tvers av takets helning hver ca. 12 m.

Grønt tak: Planlagt og anlagt sammen med bygget.
Mål med grønt tak: Visuell effekt for ovenforliggende bebyggelse. Del av Groruddalens grønnstruktur. Kommunen har krav om fordrøyning på egen tomt. Sedumtak valgt som en del av total fordrøyning.

Taket oppbygging

Oppbygging på vegetasjonsarealer:

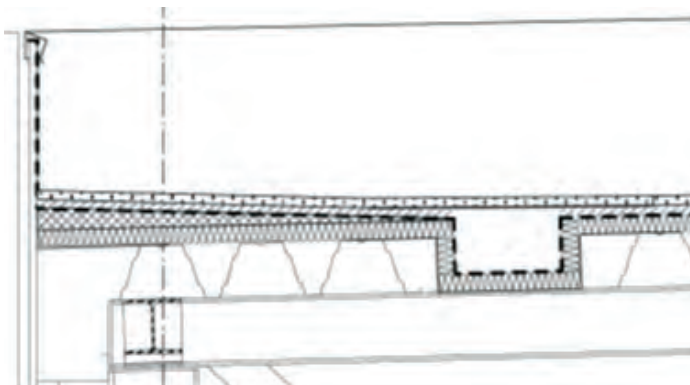
- Vekstlag (ca. 30 mm)
- Nylonvev for feste av vekstlag (vekstmedium)
- Filterduk
- Drenerende lag (knasteplate)
- Asfalttakbelegg
- Trykkfast isolasjon
- Korrugerte stålplater

Utforming av kant: Parapet fra ca. 10 cm – ca. 40 cm over vekstmediet. Høyest i sør, med nødoverløp ca. 6 cm over vekstmediet (se bilde øverst på neste side).

Vekt av taket: Ca. 50 kg per m²



Plan. Foto /tegning: Gaså arkitekter



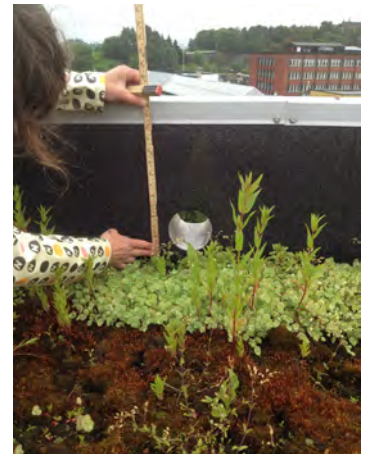
Snitt oppbygging med renneløsning. Tegning: Gaså arkitekter



Oppbygging av sedumdekket oppå asfalttakbelegget, «nysådd».
Foto: Gåsa ark.



Striper av sedum over renner
Foto: ILP/UMB



Parapet med nødoverløp
Foto: ILP/UMB

Vegetasjon

Arts sammensetning:

Seks arter sedum ble observert på taket: *Sedum acre* – Bitterbergknapp, *Sedum album* – Hvitbergknapp, *Hylotelephium ewersii* (*Sedum ewersii*) – Høstbergknapp, *Phedimus kamtschaticus* (*Sedum kamtschaticum*) – Gullbergknapp, *Sedum floriferum* – Blomsterbergknapp, *Sedum sexangulare* – Kantbergknapp.

Etableringsmetode:

Størstedelen av sedumtaket er «sådd» på stedet. Plantedeler spredt utover vekstmediet. Vekstjord ble lastet opp og fordelt på taket med spesialutstyr. Over de tverrgående rennene, hver 12 m, er det lagt matter av sedum oppå, fra drenglaget og oppover.

Karakteristiske trekk:

Stor vegetert flate, frodig og gul i juni, mer rosa og rust i august. Områdevis er de fem sedumartene godt blandet. Andre steder vokser artene feltvis, store arealer med ensartet sedumdekke.

Tilstandsvurdering:

Frodig bølgende teppe av *Sedum* i god vekst i juni og august. En regnfull forsommer har gitt gode visuelle resultater. Noe ugress og mose på noen felt/områder, spesielt langs skyggesiden (nordsiden) til overlysstriper. Oppblomstringen av ugress inntil overlysstriperne kan også skyldes luft med partikler som kommer ut fra spalter i overlysstriperne. I august var det også en del spredt ugress på flatene. Lite skjemmende foreløpig, men bør lukes årlig for opprettholdelse av det gode og frodige visuelle resultatet. De ulike etableringsmetodene synes fremdeles. Det er usikkert om dette skyldes ulik etablering eller ulik forsyning med vann.

Bruk av grøntarealet: For visning, ikke opphold

Avrenning og fordrøyning (tolkning av fakta)

Innvendig sluk fra tverrgående renner som ligger under sedumdekket (se illustrasjon). Slukene er koblet til stort nedgravd fordrøyningsbasseng på bakkenivå, som håndterer overvann på egen tomt, etter krav fra kommunen. Fordrøyningsbassenget håndterer i hovedsak store asfaltarealer til parkering med mer, utenfor bygget.

Erfaringer fra bygge- og anleggsperioden

Størstedelen av sedumtaket er sådd. Det tok tid før vegetasjonsdekket etablerte seg som en sammengrodd matte. Et stort regnfall (80-års regn) den første sesongen førte til at fordrøyningsbassenget ble fullt. Vannlasten på sedumtaket ble for stor, gjorde skade på sedumdekket. Nødoverløp i parapet ble ettermontert for å bøte på problemet i framtiden.

Skjøtsel drift og vedlikehold

Sedumtaket vedlikeholdes ikke. Eiere er klar over en del mose og ugrasinnslag i sedumdekket.

Spesielle forhold som bør nevnes:

Taket gir et flott visuelt bilde som varierer og forandrer seg fargemessig i løpet av vekstsesongen. Bildene under viser samme område med to måneders mellomrom hvor det i juni domineres av den gyllne fargeskalaen mens den i august går mer mot rosa og rust.



Sedumdekke i juni 2012. Foto: ILP/UMB



Sedumdekke i august 2012. Foto: ILP/UMB



Fra takhagen. Plantefelt, gang- og oppholdsareal. Foto: ILP/UMB

Takhage på Grønland Platous gt. 6, Oslo

Fakta

Byggeår:	2008
Type tak:	Intensiv takhage
Totalt areal:	460 m ²
	Areal og %-andel vegetasjonskledt: 205 m ² (ca. 45 %)
	Gang- og oppholdsarealer: 255 m ² (ca. 55 %)
Høyde over bakken:	Ca. 12 m
Helning:	Flatt tak med nødvendig helning til sluk. Takhagen er planlagt og anlagt sammen med bygget. I tillegg til takhagen har bygget et ca. 70 m ² sedumtak liggende på et tak en etasje lavere enn selve takhagen. Dette sedumtaket er ikke med i dette studiet.
Mål med grønt tak:	Fordrøynings-effekt, Kvalitet på utendørs oppholds- areal, økt salgsverdi.

Takets oppbygging

- Oppbygging på vegetasjonsarealer inkludert plantekasser:
- Vekstmediets dybde: 150 mm (gressarealer) – 300 mm (vegetasjonsfelt med stauder og små trær).
 - Drenslag: 50 mm Hasopor
 - Fiberduk
 - Ekstra rotsperre
 - Skråskjært isolasjon med fall 1:60 mot innvendig sluk.
 - Bærende dekke av betong

Plantekassene er kledd innvendig med knasteplate og fiberduk. Tegning viser at det er kontakt mellom vekstjord i plantekasser og vekstjord på gressarealer ved siden av. Pga for svakt dimensjonert konstruksjon på taket, er vegetasjonsfelt med stauder og små trær lagt over bærende konstruksjoner, med maks tillatt dybde på 300 mm. For øvrig er maks tillatt vekstjorddybde 150 mm.

Gang og oppholdsarealer

Tredekke og trekonstruksjoner i form av benker, pergola, små skillevegger, plantekasser mm. Trekonstruksjonene er lagt direkte på taket med ekstra beskyttende lag av hard plast mot mekaniske skader.

Vekt av taket:

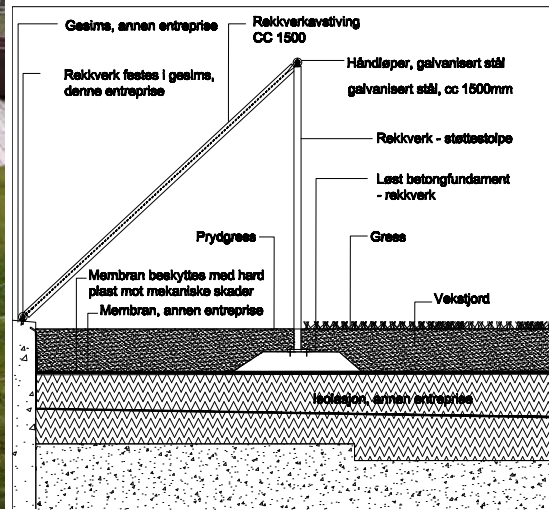
Gressarealer: 240 kg/m², plantekasser 470 kg/m² i vannmettet tilstand.

Utforming av kant:

Parapet er ca. 5 cm over vekstjorda til vegetasjonsfelt som går rundt hele takhagen. Et skrått rekkverk med håndløper i stål er festet til parapeten og lenes innover i takterrassen på langsiden mot gate og på kortsidene. Mot bakgården er det et vertikalt stålrekkverk, se illustrasjon og bilder.



Platous gt 6 sett fra gatenivå. Merk grønt på taket. Foto: ILP/UMB



Kant mot gate med skrå gesims og håndløper over vegetasjonsfelt med strandrug. Illustrasjon: Snøhetta.
Foto: ILP/UMB

Stålrøkkverk og ståudebed i kant mot bakgård.
Foto: ILP/UMB

Vegetasjon

Arts sammensetning:

Opprinnelig ble det plantet nærmere 30 ulike arter, se planteliste under. Av disse finnes de fleste fortsatt. Klatrerose og vinplantene har gått ut og blitt erstattet med: *Hydrangea petiolaris* – Klatrehortensia, *Lonicera* hybrider og *Humulus lupulus* – Humle. Beplantningen er også supplert med *Malus 'Proffusion'* og *Malus «Dolgo»*- Prydepler. Beboerne har også supplert med noe vintergrønne *Juniperus* – Einer i de siste årene.

Karakteristiske trekk:

Hele takhagen er omkranset med vegetasjonsfelt på 1,2–2 m bredde. På kortsidene og ut mot gateplan er det strandrug i god vekst med en del innslag av ugras som selje og geitrams, mens det på langsiden som vender inn mot bakgården har langsående staudebeplantning med store markdekkende stauder. Vegetasjonsfeltene med stauder og små trær er opphøyet i forhold til gressarealer rundt.

Takhagen er preget av tre- og stålkonstruksjoner, delvis bevokst med klatreplanter.

Tilstandsvurdering:

Vegetasjonen er frodig og i god vekst. Litt skjemmende ugras blandet i strandrugen langs kanten.

Avrenning og fordrøyning

Innvendig sluk. Det er ikke montert nødoverløp. Areal med tredekke har avrenning direkte til sluk, ikke mot vegetasjonsfelt. Vegetasjonsfeltene, som utgjør 45% av taket, kan man regne med tar opp vesentlig mengde regn og smeltevann.

Erfaringer fra bygge- og anleggsperioden

Takdekkets bæreevne er ikke så god som ønsket. Dette førte til at vekstmediet måtte legges tynnere enn ønsket og plasseringen av de grønne stripene måtte legges direkte over bæresøylene. Dette gav føringer til utforming av takhagen. Botanisk rådgiver beskrev spesialtilpasset jordblanding og valgte planter som kan tåle ekstremt klima (eks. Strandrug). Det installerte vanningsanlegget ble frostsprengt første vinteren.

Skjøtsel drift og vedlikehold

Takhagen har enkel adkomst, og er tilgjengelig kun for beboerne og skjøttes av beboerne. Det er vannuttak på taket. Vanningsanlegget er ikke utbedret. Vanning gjøres på omgang blant beboerne.

Konklusjon

Takhagen er et godt oppholdssted i grønne omgivelser midt i byen som beboerne setter stor pris på.

Kantfelt med prydgass:

Elymus arenarius (*leymus arenarius*) – Strandrug

Plantekasser på tak:

Klatreplanter:

Clematis vitalba – Tysk klematis
Clematis alpina – Alpeklematis
Celastrus orbiculatus – Tredreper
Rosa «New Dawn» – klatrerose
Rosa «Leverkusen» – klatrerose
Vitis «Zilga» – Vin

Små trær:

Malus toringo var *sargentii* – Sargentapal
Sorbus koehneana – Hvitrogn

Bærbusker:

Rips «Hvit Hollandsk» og «Rød Hollandsk»
Solbær «Kristin»

Stauder i større grupper:

Alchemilla mollis – Stormarikåpe
Sedum telephium «Herbstfreude» – Evigbergknapp
Waldsteinia ternata – Sibirmuregull
Geranium macrorrhizum «Spessart» – Rosenstorkenebb
Hemerocallis liliashpodelus – Gul daglilje
Astrantia carniolica «Rubra»- Alpestjerneskjerm

Hyssopus officinalis – Isop

Allium fistulosum – Pipeløk

Allium schoenoprasum – Gressløk

Solitære stauder:

Gentiana asclepiadea – Skogsøte

Tricyrtis hirta – Skuggorkide

Paeonia officinalis – klosterpion

Rheum rhabarberum – Rabarbra

Matteuccia struthiopteris – Strutseving (bregner)



Øversiktsbilde over taket.
Foto: Bergknapp

Comfort Hotell Stavanger

Klubbgata 3, Stavanger

Fakta

Byggeår:	2009
Type tak:	Ekstensivt grønt tak (sedum)
Totalt areal:	1 300 m ² sedumtak, i tillegg er det lagt samme type grønt tak i et atrium noen etasjer lavere. Det er noen gang og rømningsveier på taket, og et oppholdsareal inne på taket
Høyde over bakken:	4–6 etasjer over bakken
Helning:	Varierende, både flate og skrå flater. 30° helning på det bratteste
Grønt tak:	Planlagt og anlagt sammen med bygget
Mål med grønt tak:	Bystyrevedtak på at det skulle være grønt tak på hotellet

Taket oppbygging

Oppbygging av taket ovenfra og nedover;

- Vekstlag (ca. 30 mm)
- Netting med vekstmedium
- Fiberduk
- Dreneringssjikt: Planthenett med pålimt fiberduk
- Asfalt takbelegg
- Isolasjon
- Betongdekke

På skrå flater over 25° helning er det ikke benyttet dreneringssjikt, dette for at taket skal kunne holde mer på vannet, og det er i tillegg benyttet et geonett som sys sammen som armering for å hindre sig. Det er ikke gjort noen brannmessige foranstaltninger på taket, annet enn at både sedummattene og takbelegget begge har klasse B_{ROOF} (t2). Det er lagt ut ca. 5–7 kg/m² singel(diameter ca. 30 mm) oppå sedummattene, noe mer ved gesimser. Singelen legger seg inni sedummen etter hvert og vises ikke. Dette er gjort for å få ekstra ballast og gjennom det redusere risiko for vindavblåsning. I atriet er det ikke benyttet singel da det nesten ikke er vind og derfor ikke trengs ballast her.

Vekt av taket:	Tørr tilstand: Ca. 35 kg pr m ²
	Vannmettet: Ca. 50 kg pr m ²

Vegetasjon

Arts sammensetning:

Sju arter sedum. Noen sedumarter tåler vind bedre enn andre og tilsvarende for sol/skygge og fuktighet. At taket utføres med flere arter av sedum gir en trygghet for at sedummen tåler lokalklimaet, gir mangfold og et fint visuelt uttrykk. Det står i tillegg to store kasser med et lite tre i hver kasse oppå taket.

Etableringsmetode:

Dreneringssjikt og fiberduk er rullet ut fra rull. Vekstlag er lagt ut som matter levert på paller.

Tilstandsvurdering:

Frodig dekke av sedum som ser ut til å være i god vekst. Ulik vinkel gir ulik utseende på det grønne taket. I atriet har det grønne taket et litt annet utseende og litt annen fordeling av plantearter på grunn av mindre sol.

Bruk av grøntarealet:

Visuelt fint å se på for personer som benytter seg av takterrassen. Selve det grønne dekket er ikke beregnet for opphold av personer.



Skrå takflater med sedum. Foto: Bergknapp



Gangarealer brukt som nødutganger. Foto: SINTEF Byggforsk

Gang og oppholdsarealer

På taket er det gangarealer for tilgang til oppholdsarealet inne på taket og til nødutganger. Gangstiene og oppholdsarealet er belagt med steinheller. Oppholdsarealet er en takterrasse med stoler, bord og bardisk, som brukes til enkel servering av hotellets gjester. Det er rekkverk rundt takterrassen og gangarealene.

Avrenning og fordrøyning

Vekt av den grønne delen av taket er ca. 50 kg/m² for mettet tilstand og ca. 35 kg/m² for tørr tilstand. Det var montert prefabrikkerte sluk med inspeksjonselement, som gjør inspeksjon og renhold av sluk lett. Sluket er anordnet med singel rundt inspeksjonselementet for å hindre eller redusere utvasking av finstoff og avleiring i sluk og nedløp. Taket er ikke bygd opp med ekstra vannreservoar fra knasteplate eller spesielle matter, dette er gjort for å ikke ha for stor fuktighet i taket og fare for utdøying av vegetasjonen og vekst av ugress. Hele taket har fall mot innvendig sluk.

Skjøtsel, drift og vedlikehold

Drift og vedlikehold av det grønne taket blir utført av samme firma som monterte det grønne taket.

Drifts og vedlikeholdsoppgavene skjøttes med håndverktøy og det er ikke behov for maskinelt eller tungt utstyr for å gjennomføre vedlikeholdet. Det er ingen sikringsanordninger for opphold på den grønne delen av taket. Drift og vedlikeholdsoppgavene er gjødsling to ganger årlig, kalking (bør ikke gjennomføres i solskinn) og eventuelt noe lusing av ugress. Gjødsling gjøres med håndholdt spredde og tar ca. en time for en person å gjennomføre per gang.

Erfaringer

Erfaringene tyder på at det grønne taket blir satt pris på av hotellet og hotellgjester, og har sannsynligvis bidratt til at oppholdsarealet på taket er mer attraktivt.



Sluk med inspeksjonsbrønn. Foto: SINTEF Byggforsk



Taket over utebod.
Foto: SINTEF Byggforsk

Nedre Flatåsen Barnehage

Nedre Flatåsveg 580, Trondheim

Fakta

Byggeår:	2009
Type tak:	Ekstensivt grønt tak (sedum)
Totalt areal:	Ca. 200 m ² sedumtak, bestående av et tak over selve barnehagen og et tak over en utebod.
Høyde over bakken:	Taket over barnehagen: ca. 5 m. Taket over uteboden: ca. 3 m
Helning:	Flatt tak med tosidig fall mot renne (ca. 1:40)
Grønt tak:	Planlagt og anlagt sammen med bygget.
Mål med grønt tak:	Visuell effekt for de som benytter innedelen av bygget.

Taket oppbygging

Oppbyggingen av taket ovenfra og nedover:

- Vekstlag (ca. 30 mm)
- Nylonvev for feste av vekstlag (vekstmedium)
- Fuktbevarende matte
- Drenerende og beskyttende lag; Knasteplate med hull og med pålimt filt på knastene, lagt med filten ned mot takbelegget
- Asfalt takbelegg
- Isolasjon
- Betongdekke

Vegetasjon

Arts sammensetning:	3-6 arter sedum
Etableringsmetode:	Drenerende lag og fuktbevarende matter er rullet ut fra rull. Vekstlag er lagt ut som matter levert på paller.
Tilstandsvurdering:	Lite gjenværende sedum. En del ugress og mose, som hovedsakelig står for det grønne uttrykket til taket. Helt utdødd område under takutstikk. En del av vekstmediet har erodert bort.
Bruk av grøntarealet:	Kun visuelt, ingen brukere av bygget har tilgang til den grønne takflate.



Taket over barnehagen. Foto: SINTEF Byggforsk



Oppbygningen av sedumtaket. Foto: SINTEF Byggforsk



Foto: SINTEF Byggforsk

Avrenning og fordrøyning (tolkning av fakta)

Taket har tosidig fall mot nedsenket renne (ca. 1:40). Sluk er plassert i renne og har inspeksjonsbrønn for rengjøring etc. Fra sluket er det innvendig nedløp til avløpsnett.

Erfaringer fra bygge- og anleggsperioden

Sedummattene ble lagret i kulde før montering, dette kan ha påvirket veksten av sedumen negativt allerede før utlegging på taket. Sedummattene ble lagt nokså sent høsten 2009, og det kom frost like etter montering.

Skjøtsel, drift og vedlikehold

Taket har ikke det visuelle inntrykket som er ønsket, og det er meningen å få utført utbedringer. Dels fordi man ikke vet nok om årsakene til problemene, og dels andre forhold gjør at utbedringene har tatt tid. I denne perioden har det vært minimalt av vedlikehold.



Sluk med inspeksjonsbrønn. Foto: SINTEF Byggforsk



Parapet med nødoverløp. Foto: SINTEF Byggforsk



Oversiktsbilde over takhagen.
Foto: SINTEF Byggforsk

Thaulowkaia

Nedre Elvehavn, Trondheim

Fakta

Byggeår:	2002
Type tak:	Intensivt grønt tak, med plen og beplantning
Totalt areal:	2 000 m ²
Høyde over bakken:	Ca. 10 m
Helning:	Takhage utført som et flatt tak
Grønt tak:	Planlagt og anlagt sammen med bygget
Mål med grønt tak:	Gi gode rekreasjonsmuligheter for beboerne i tilleggende leiligheter

Takets oppbygging

Oppbygging av taket ovenfra og nedover:

- Vekstlag (varierende tykkelse)
- Beskyttelsessjikt
- Asfalt takbelegg
- Isolasjon
- Dampsperre
- Betongdekke

Taket er utformet som et flatt tak med bærekonstruksjon av betong, dampsperre og isolert på oversiden og med en vann tett membran av fleksibelt takbelegg. Mellom membranen og vekstjorden er det montert et beskyttelsessjikt som skal beskytte takmembranen mot skader fra arbeider i byggeperioden og fra diverse drifts og vedlikeholdsoppgaver.

Vekt av taket:	Tørr tilstand: Ca. 350 kg pr m ²
	Vannmettet: Ca. 500 kg pr m ²

Vegetasjon

Arts sammensetning:

Takhagen inneholder ganske omfattende beplantninger, mer enn 30 arter. Foruten plen kan beplantningene deles i fire grupper; blomster i bed og plantekasser, busker i bed og plantekasser, klatreplanter samt noen ca. 4 meter høye kirsebærtrær. Valgte tykkelser av vekstlag er 150 mm for gressplen, 150 – 200 mm for stauder og 400 mm for buskvegetasjon som i hovedsak er anordnet ved hjelp av opphøyede plantekasser.

Bruk av grøntarealet:

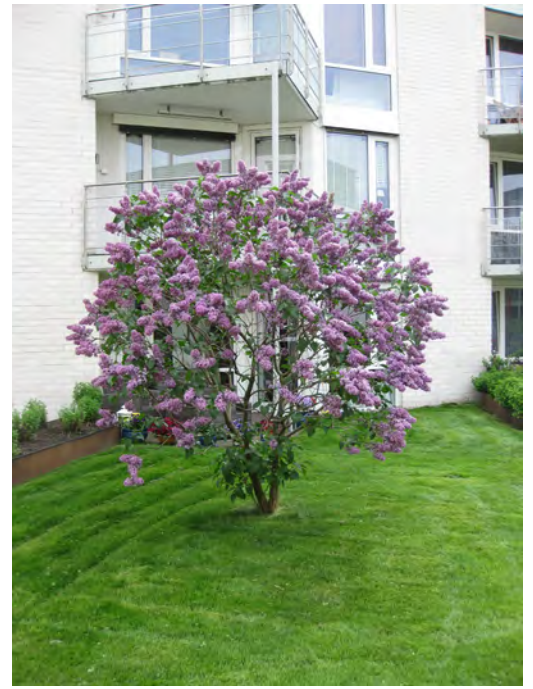
Takhagen er utformet for å gi gode rekreasjonsmuligheter for beboerne, og erfaringene tyder på at takhagen er både populær og velfungerende, og har sannsynligvis bidratt til at leilighetene er lett omsettelige. Beplantningene er også benyttet for å danne en avskjerming mellom fellesarealer og de mer private sonene mot terrassene til leilighetene i nederste etasje.



Gangsti med nærliggende beplantning og utsmykking.
Foto: SINTEF Byggforsk



Oppholdsareal med sittegruppe, lekeareal og utsmykking. Foto: SINTEF Byggforsk



Beplantning på takhagen Foto: SINTEF Byggforsk

Gang og oppholdsarealer

Takhagen er utformet for å gi visuelle opplevelser og best mulige rekreasjon for beboerne, og det er derfor lagt vekt på gode gang- og oppholdsarealer i tillegg til beplantningene. Den primære gangstien er belagt med skifer, oppholdsarealene er belagt med gatestein og sekundære gangstier er belagt med tre. Oppholdsarealene er videre utsmykket med noen skulpturer, og blant annet langs den skiferbelagte gangstien i hovedaksen er det montert rødmalte stålportaler som også fungerer som stativ for klatreplanter.

Avrenning og fordrøyning

Taket har fall mot sluk og med innvendige nedløp til avløpsnett. Det var montert prefabrikkerte inspeksjonselement som gjør inspeksjon og renhold av sluk lett. Selv om det også var bruk filterduk i avslutningen av vekstlag mot slukene, måtte slukene (spesielt i starten) regelmessig rengjøres for finstoff for å hindre igjentetting.

Skjøtsel, drift og vedlikehold

Drift og vedlikehold av grøntanlegget blir utført av en profesjonell aktør som steller hagen fra uke til uke, men som også driver en mer langsiktig planlegging av drift og vedlikeholdsoppgaver for grøntanlegget. Regelmessig og fagmessig drift og vedlikehold er viktig for en velfungerende takhage.

Det er vannuttak på taket, men det er ikke anordnet vanningsanlegg. Automatisk vanningsanlegg vurderes installert. I tillegg utfører bygningenes vaktmestertjeneste vedlikehold som snørydding, sandstrøing samt vedlikehold på utemøbler og treplattinger. Drifts og vedlikeholdsoppgavene skjøttes med håndverktøy, gressklipper og kanttrimmer. Det har enda ikke vært behov for tyngre maskinelt utstyr. Kontainere har vært løftet opp på taket flere ganger.

Erfaringer

Fra starten var det benyttet planter som det viste seg hadde noe vanskelig for å klare seg i det aktuelle klimaet med lokale forhold som tørre soner på grunn av skjerming av nedbør fra bygninger og takutstikk, skyggefulle partier og dels også lokal vindforsterkning mellom noen av byggene. En del utskiftinger har derfor vært nødvendig, men med tid og erfaring er disse problemene i hovedsak løst. Det har vist seg at takhagen trenger mer vann enn bare regnvann, og ekstra vanning er nødvendig.

Arbeidene under byggeperioden skadet den vanntettende membranen. Det ble derfor nødvendig med oppgravninger, lekkasjesøk og utbedringer. Det var i ettertid vanskelig å si hva eller hvem som forårsaket skadene. Både midlertidige og permanente beskyttelsestiltak av membranen er derfor nødvendig allerede fra start.

8.4 Oppsummering fra casestudiet

I det følgende presenteres det de viktigste funnene fra casestudiet. De baserer seg, som tidligere nevnt, på evaluering av spørreundersøkelsen og er supplert med informasjon vi har fått gjennom befaringer og samtaler med aktørene.

Ut fra informasjon om lagoppbygging, vekt, plantesammensetting, skjøtsel og bruk av takene har vi delt inn takene i ekstensive, semi-intensive og intensive tak (se også tabell 8.1) og takene omtales deretter i caseoppsummeringen nedenfor. Seks av takene ble rangert som ekstensive tak, to tak som intensive og torvtaket som en form for semi-intensivt tak.

8.4.1 Generell informasjon

Ifølge spørreundersøkelsen ble alle ni tak anlagt i sammenheng med bygging av de respektive bygningene, dvs. at ikke noen av takene er ettermontert. Takenes alder varierer fra 1 til 16 år (ferdigstilt mellom 1996 og 2011) og byr dermed på innblikk i ulike rammebetingelser og utfordringer.

Casenes takhøyde varierer fra 3,5 m–20 m og de fleste undersøkte prosjektene har flatt tak med unntak av et ekstensivt tak og torvtaket. Det er 5 av takene som har noe gang- og/eller oppholdsareal på taket, hvorav tre er ekstensive tak.

Når det gjelder *lokalklimatiske forhold*, så har bare case med gang-/oppholdsareal uttalt seg om dette i spørreundersøkelsen. Likevel bør vurdering av lokalklimaet også gjennomføres for prosjekter uten planlagt menneskelig ferdsel, siden lokalklimatiske forhold kan påvirke vegetasjonsutviklingen en del. Jamfør spørreundersøkelsen er et av takene utsatt for mye skygge, to tak er utsatt mye vind, og ved et tak nevnes det vindturbulenser.

8.4.2 Planleggings- og byggefase

Spørsmålene til denne fasen ble besvart i varierende grad. Vi vet fra fire case at grønne tak konseptet kom inn tidlig i planleggingsfasen. Det gjelder begge intensive tak og to av Sedumtakene. Svarene opplyser også om at det ved et av de intensive takene under planlegging ble vurdert å bruke Sedumtak istedenfor.

Ved tre av disse fire casene har faglige rådgivere vært inne i bildet. Ved to tak nevnes bøker som informasjonskilde og ved et av takene ble ifølge spørreundersøkelsen bare informasjon fra nettet brukt.

Valg av type grønne tak: Spørreundersøkelsen viser at både estetisk verdi (5 tak), økt salgsverdi (3 tak) og miljøgevinster (2 tak) har vært viktige mål med grønne tak så vel for ekstensive som intensive tak. I tillegg trekkes kvalitet av utendørsarealer fram som mål ved de intensive takene. Bare ved 2 av takene angis fordrøynings-effekten eksplisitt som mål i spørreundersøkelsen henholdsvis ved et ekstensiv og ved et intensivt tak.

Vi var også interessert i hva som var avgjørende momenter for valg av type grønt tak (dvs. ekstensivt eller intensivt). Her rangerer uteromskvalitet høyest (4 tak) og var dermed viktig argument ved både de intensive og 2 av de ekstensive takene. Ved et tilfelle ble takets grønne kvaliteter for området rundt trukket fram. Vekt og nødvendige lagtykkelser nevnes likeså som skjøtelskostnader ved 3 av takene, byggekostnader ved 2 av takene. I alle disse tilfellene nevnes momentene både ved intensive og ekstensive grønne tak. Svarene tyder på at spørsmålet muligens var misvisende og viser dermed ikke som forventet et klart bilde om hvilke argumenter som var avgjørende for valg imellom intensive, ekstensive grønne tak og mellomløsninger. Ved et av Sedumtakene ble manglende erfaring med andre vegetasjonssammensettinger nevnt som avgjørende for valget.

Fordrøyning: Selv om det bare nevnes fordrøyningseffekten som mål ved 2 av takene har det jfr. spørreundersøkelsen vært krav om lokal overvannshåndtering ved fire av prosjektene. Svarene tyder på at grønne tak ikke nødvendigvis ble oppfattet som et tiltak i forhold til overvannshåndtering. Et av de to takene med fordrøyningsmål er jf. muntlig informasjon fra aktørene tilkoblet til et fordrøyningsmagasin, dvs. det grønne taket er et av flere ledd i fordrøyningstiltak på tomten. Tilkoblingen der har generert problemer i starten pga. et stort regnfall. Vannet ble stående på taket siden fordrøyningsmagasinet hadde nådd sine kapasitetsgrenser og det ikke fantes nødoverløp. Vannlasten på taket ble for stor og skadet vegetasjonsdekket. Nødoverløp ble montert etter denne hendelsen.

Når det gjelder andre fordrøynings- og avrenningsbaserte spørsmål er datagrunnlaget fra spørreundersøkelsen for magert for å kunne gi ordentlige svar.

Branntekniske vurderinger: Risiko for brannspredning via det grønne taket bør vurderes for alle bygg med grønne tak, selv om risikoen i flere sammenhenger normalt ansees som liten. Svarene på spørsmålene tyder på at risiko for brannspredning ikke ble vurdert i det omfang man skulle tro, og at behovet for og type nødvendige tiltak ikke er tilstrekkelig kjent. For så vel Sedumtak og torvtak er tiltak nødvendig.

Vindavblåsing: Dette angår normalt bare ekstensive lette grønne tak og spørreundersøkelsen gir ikke noe indikasjon på at det har vært et problem på de intensive grønne takene. Spørsmålene ble i for liten grad besvart for ekstensive tak for å kunne konkludere ordentlig der, men svarene tyder på at problemomfanget ikke ansees som stort.

Ved ett av de ekstensive takene har vinden løftet Sedummattene flere ganger, slik at de ikke ligger som de skal alle steder. Dette har imidlertid skjedd inne på taket, og som befaringen viste, i soner der Sedumplantene var døde. Ved to av takene hadde leverandøren av Sedummattene gitt dem en ekstra ballast med 5-10 kg/m² singel for å redusere avblåsningsfaren.

Kostnader: Spørsmålene vedrørende kostnader og forventninger til kostnader ble besvart i varierende grad og mindre utfyllende enn vi hadde håpet. Svarene kan tyde på at det i noen tilfeller var tatt beslutninger tidlig om at bygget skulle ha grønt tak, og at kostnadsvurderinger derfor i begrenset grad ble tema underveis. Svarene alene gir ikke grunnlag for oppsummering av typiske kostnader for installasjon eller drift.

Markedsføring av grønne tak og verdiøkning: Resultater fra spørreundersøkelsen viser at grønne tak i tre undersøkte tilfeller ble framhevet ved salg og leie av bygget. Ved to av disse prosjektene, begge to boligprosjekter, hevdes det at det grønne taket også har ført til en økt salgsverdi for prosjektet uten at dette kan underbygges videre med noen konkrete tall.

Utfordringer som har oppstått i bygge- og etableringsperioden samt erfaringer fra driftsfasen blir nærmere omtalt under de ulike taktypene de gjelder (se punkt 8.4.3)

Adkomst og sikringstiltak: Spørsmål om adkomst og sikringstiltak på takene er besvart i varierende grad. De fleste av takene har lett og sikker adkomst. Sikringstiltak på takene ble ifølge svar på spørreundersøkelsen vurdert som tilfredsstillende, og ekstra sikringstiltak ble ikke satt i verk på noen av takene. Ved befaring viste det seg likevel at det var noen problemer med tilgang til to av de ekstensive grønne takene. En av adkomstene vurderes som tungvint men sikker, den andre var utfordrende å komme seg på og mangler sikringstiltak. Begge takene har problemer med vegetasjonsdekke. Vanskelig adkomst vil gjøre oppfølging av takene ekstra utfordrende.

8.4.3 Evaluering av taktypespesifikke momenter

En del momenter som vi har undersøkt i casestudiet har vi valgt å oppsummere mer differensiert og i forhold til de ulike taktypene. Det gjelder vegetasjon og vekst, problemer ved anleggs- og

etableringsperioden samt skjøtsel og vedlikehold, som omtales nedenfor henholdsvis under ekstensive og intensive tak.

8.4.3.1 Ekstensive tak

Det er seks ekstensive tak som har vært med i casestudiet. Tre av dem er på Østlandet og henholdsvis et tak i Stavanger, Bergen og Trondheim. Alle seks tak er Sedumtak, dvs. det ble etablert en blanding av ulike Bergknapp-arter. Tre av takene inkluderer gang- eller mindre oppholdsarealer.

Vegetasjon og vekst

Frodigheten i vekst og takenes estetiske effekt varierer en del blant caseeksemplene. Det finnes både tak med frodige vegetasjonsdekke i god vekst og med høy dekningssevne, men også Sedumtak med dårlig dekning og til og med et tilfelle der vegetasjon har gått helt ut. Befaringene bekrefter og supplerer her funnene fra spørreundersøkelsen.

Det har vært et overraskende funn i casestudiet at tre av Sedumtakene, dvs. halvparten av de undersøkte ekstensive takene, sliter med vegetasjonsdekke. Før mulige årsaker drøftes videre bør det likevel påpekes at spørreundersøkelsen viser at det ved alle de ekstensive takene har blitt registrert problemer med vegetasjonsdekke, også på de tre takene som i dag framstår som frodige. Årsaker og omfanget av skadene har vært forskjellige og har ikke i alle tilfeller blitt kartlagt eller avklart enda.

Noen av skadene oppstod pga. for mye vann på taket som skyltes for lite fall til sluk eller manglende nødoverløp. Dårlig vekst eller invadering av ugress er andre problemer, som ble nevnt i spørreundersøkelsen. Det tyder på at en viss oppfølging og skjøtsel ville kunne bidra til å lykkes bedre med de ekstensive takene. Vindavblåsing av vekstmattene ble også nevnt som problem i sammenheng med vekstutviklingen i spørreundersøkelsen. Samtaler og befaringer har tydeliggjort ytterligere momenter som kan ha påvirket vegetasjonsutviklingen. Disse omtales nærmere under avsnittet "Utfordringer i anleggs- og etableringsperioden".

Etableringsmetoder: Ut fra spørreundersøkelsen samt samtaler med aktørene vet vi at det ble brukt Sedummatter (prefabrikerte vegetasjonsmatter med Bergknapp-arter) for å etablere vegetasjon ved alle de ekstensive takene. Ved et av prosjektene ble det i tillegg på største delen av taket "sådd" direkte på stedet, eller riktigere sagt Sedumdeler ble spredt utover vekstmediet, som var lagt på taket på forhånd. Dermed ble det brukt en kombinasjon av ulike etableringsmetoder i dette prosjektet. Samtidig er det et av de takene der Sedumdekke framstår som frodig og med god dekningssevne.

Utfordringer i anleggs- og etableringsperiode

I spørreundersøkelsen nevnes legging av Sedummatter sent på høsten samt frost som problem for et av de ekstensive takene. Ut fra samtaler med aktørene har det imidlertid vist seg å kunne være et problem ved flere av de undersøkte takene og en mulig grunn for etableringsproblemer for Sedumdekket i disse tilfellene.

Ved et av takene der nesten all vegetasjon har gått ut var en hovedårsak mest sannsynlig uheldige klimaforhold i montasjeperioden og etableringstidspunkt for vegetasjon. Sedummattene ble transportert fra Nederland på paller med bil, men på det aktuelle tidspunktet var det ikke klart for legging av vegetasjonsmattene på taket. De måtte derfor lastes av pallene og legges ut på bakken, siden Sedummatter ikke tåler å bli liggende stablet. Nettopp i denne perioden kom de første frostnettene, dvs. plantene var stresset allerede før de var ferdig montert på taket. Dessuten var værforholdene også utfordrende etter legging av Sedummattene.

I et annet tilfelle ble det benyttet en velprøvd oppbygging av Sedummattene, og med en blanding av sju Sedumarter for å gi plantedekke et spill, variasjon og en robusthet. Likevel opplevde man en omfattende plantedød som var nærmest total våren etter. Aktørene er i full sving med å prøve ut

nye løsninger for å få til ny og bedre plantevekst. Ni forskjellige forsøk pågår på taket, men resultatene vil først foreligge til neste år og det er derfor for tidlig å konkludere. Likevel vet vi at det grønne taket ble montert litt ut på høsten, og at det i de etterfølgende fem månedene kom en meget stor nedbørsmengde på ca. 3000 mm, dvs. før rotsystemet hadde fått tid til å etablere seg. Lagoppbyggingen av den grønne påbygningen inneholdt også et sjikt med antatt normal dreneringsevne. Dette ble undersøkt i ettertid og bekreftet at dreneringsevnen i seg selv skulle være god nok. Det kan dermed tenkes at kombinasjonen av til tider høyt fuktnivå samt en vedvarende og lang våt tid i perioden før røttene hadde etablert seg, er en vesentlig del av årsaken til problemene.

Ved et annet tak fikk vi muntlig informasjon om en tørkeperiode i etableringstiden, noe som også kan ha ført til de synlige skadene i Sedumdekket der.

Det er registrert vannlekkasje ved to av de ekstensive takene. Bare en av dem ble nevnt i spørreundersøkelsen. Tidspunktet for vannlekkasjen er ikke presisert og skadetype ukjent for det ene tilfellet. Ved det andre taket har vannlekkasjen oppstått i forbindelse med sluk og nedløp fra taket uten at det er utredet noe mer.

Skjøtsel, vedlikehold og tilgjengelighet

Selv om ekstensive grønne tak trenger lite oppfølging, bør det foretas noe skjøtsel og vedlikehold. Svarene i spørreundersøkelsen tilsier at det bare er halvparten av de ekstensive takene som har blitt skjøttet. To av disse skjøttete takene har hatt problemer med vegetasjonsdekket og vi antar at skjøtselstiltakene ble foretatt i den forbindelsen uten at undersøkelsen gir svar på type tiltak. Det tredje prosjektet lukes og gjødsles jevnlig og framstår som frodig, men viser ved befaringsforholdsvis mye ugress som konkurrerer med den opprinnelige vegetasjonsdekket. Her er det i følge spørreundersøkelsen et sprik mellom forventningene til skjøtselskostnader og det behovet som faktisk oppstår.

Ved de tre andre ekstensive takene har det ikke blitt gjennomført noe skjøtselstiltak, selv om to av dem klassifiseres i spørreundersøkelsen som i god vekst. Svarene og befaringsviser i liten grad korrelasjon mellom god vekst/dårlig vekst av vegetasjon og gjennomført skjøtsel ved de ekstensive takene. Befaringene tilsier likevel at det også ved de ikke skjøttete takene bør gjennomføres tiltak for å sikre eller oppnå god vekst i framtiden. Det gjelder bl.a. noe lusing av ugress for å påvirke utvidet oppslag og dermed utkonkurrering av Sedumdekket eller skade på takmembran. Noe gjødsling kan hjelpe til å oppnå frodigere vekst ved skrinne Sedumtak. Likevel er det viktig med en situasjonstilpasset dosering.

Utover spørreundersøkelsen har befaringsviser også vist at det er viktig med jevnlig kontroll og rengjøring av slukene, slik at ikke vannet blir stående på taket på grunn av ikke fungerende sluk. For å kunne gjennomføre disse drifts- og skjøtselstiltakene er lett og sikker tilgjengelighet avgjørende. Noe som ikke i alle tilfeller er ivaretatt. Se også avsnitt om *adkomst og sikringstiltak* under pkt.8.4.1.

8.4.3.2 Intensive tak

Det er to intensive tak som har vært med i casestudiet og som ligger i henholdsvis Oslo og Trondheim. Dermed representerer disse to takene ulike klimaforhold. Begge er frodige takhager med en del oppholdsareal.

Vegetasjon og vekst

Det er brukt variert vegetasjon av både stauder, busker og klatreplanter i begge prosjektene, samt områder med bruksplen. En av takhagene har plantefelt med pryddress. På begge takene finnes det i tillegg noen småtrær til tross for relativ tynt lag med vekstjord (henholdsvis 30 og 40 cm). Småtrærne viser begrenset tilvekst under disse forholdene, men gir en viss høyde og romlig struktur på takene.

De intensive takene viser med opptil 30 og over 30 arter en større variasjon i plantesammensetning enn ved de ekstensive takene. Ved begge tak har landskapsarkitekter prosjektert og bestemt artsvalget. I et av prosjektene ble det i tillegg tilknyttet en botanisk rådgiver.

Begge takhagene er frodige og i god vekst og mye av vegetasjon, som opprinnelig ble plantet, finnes der fortsatt. Det gjelder spesielt det taket der botanisk rådgiver var involvert. Ved det andre taket nevnes det noen problemer med det opprinnelige artsvalget, som ifølge spørreundersøkelsen viste seg å ikke være godt nok tilpasset vekstvilkårene på taket. Det gjelder tynne vekstlag samt sol- og skyggeforholdene på stedet. Høyere bygningsdeler rundt en takhage kan også by på utfordringer for vegetasjon på taket, som dette prosjektet viser. Både uttørking pga. vindturbulenser og tørkeproblemer i plantebed, som ligger i regnskyggen av bygninger eller takutstikk, har blitt nevnt ved denne takhagen.

Noe av vegetasjon på dette taket ble plantet i opphøyde plantekasser, sannsynligvis for å kunne øke tykkelsen av vekstmediet i disse områdene. Svar til spørreundersøkelsen tyder på at slike opphøyde kasser kan generere etableringsproblemer for tilgrensende gressarealer på skyggesiden av kassene. Den andre takhagen har jevnere overgang mellom gressarealer og bed med tykkere jordlag og det har ikke blitt oppdaget eller referert lignende problemer der.

Dekningsevne av vegetasjon på de to takene har også vært varierende. Mens markdekkende stauder på det ene taket sørger for en tett vegetasjonsdekke, ble det nevnt problemer med for stor planteavstand i starten for det andre taket. Tett plantedekke er en viktig forutsetning for å minimere skjøtselstiltak.

Vegetasjon ble ved begge tak plantet jfr. spørreundersøkelsen. Det nevnes i tillegg bruk av vegetasjonsmatter, noe som tyder på at det ble brukt ferdigplen på takenes bruksplenarealer.

Utfordringer i anleggs- og etableringsperiode

Ved begge de intensive takene oppstod det problemer ved anlegg av grønt tak. I det ene tilfelle nevnes det en vannlekkasje, der den vanntettende membran ble skadet under anleggsperioden. Dette ble utbedret og førte til forsinkelser ved anlegging av det grønne taket.

Ved det andre taket var byggets bærekonstruksjon dimensjonert for lite i forhold til et intensivt grønt tak. Vekstlaget måtte bli tynnere enn ønsket og bedene blitt plassert i forhold til bæresøylene og ikke hvor det var utformingsmessig ønsket. I tillegg ble en botanisk rådgiver engasjert for å kunne opprettholde det tiltenkte vegetasjonspreget, ved å beskrive en spesiell jordblanding og velge plantearter som var tilpasset disse ekstreme vekstvilkårene. Det ble av den grunn også installert vanningsanlegg. Dette vanningsanlegget ble frostsprengt første vinteren og er senere ikke reparert.

Ved et av takene oppstod det ifølge spørreundersøkelsen problemer med vegetasjon i starten. En del av plantene måtte skiftes ut og erstattes med andre arter. Det nevnes at artsvalget ikke var tilstrekkelig tilpasset vekstvilkårene på taket, som en av årsakene. Som nevnt tidligere ble også spesielle lokalklimatiske forhold med mye skygge, vindturbulenser og områder i regnskygge trukket fram og førte til etableringsproblemer. Skjøtsel og faglig oppfølging av denne takhagen har generert en del erfaringer og ser ut til å ha bidratt til at vegetasjon er i god vekst der i dag.

Vedlikehold og skjøtsel

Begge takhagene er godt skjøttet av henholdsvis fagpersoner med grøntfaglig kompetanse eller beboerne selv.

Det har vært behov for vanning på begge takene for å sikre god vegetasjonsutvikling. Det er bl.a. tynt vekstlag i forhold til type vegetasjon (stauder, busker) og ekstra tørre områder pga. vanskelige lokalklimatiske forhold, som har gjort dette nødvendig. Begge tak har vannuttak, men ikke noen av takene har et vanningsanlegg. Vanningsanlegg kan være både tids- og kostnadsbesparende på sikt og bør vurderes ved planlegging av intensive tak generelt og spesielt når plantebed skal legges tett inntil fasader.

I tillegg til vanning har det ifølge spørreundersøkelsen blitt gjennomført både luking, gjødsling, beskjæring og utskifting av planter ved et av de intensive takene. Tilstand av vegetasjon ved befaringen av det andre taket tilsier, at det lukes og gjødsles noe her også, selv om vi ikke har fått opplysninger om det. Likevel finnes det her noe oppslag av småtrær og ugress i randsonen av taket, som på sikt både kan utkonkurrere prydgresset og skade membranen og derfor bør fjernes.

Ved ett av takene ble vekstmediet dekket med et lag av singel 15-25 mm. Dette har vært et skjøtselstiltak for å minimere uttørking og behov for luking og har ifølge aktørene gitt gode resultater. Det fører også til tidligere start på vekstsesongen ved at singelen varmes fortere opp av vårsola.

Selv om casestudiet har gitt lite informasjon om kostnader har vi fått et eksempel for kostnader til skjøtsel og vedlikehold ved intensive tak. For en velfungerende takhage på størrelse ca. 2000 m² koster det ca. kr 130.000 pr. år inklusive noen utskiftninger. I tillegg kommer andre driftsoppgaver med tilhørende kostnader til snørydding og strøing av gangarealer samt vedlikehold av f.eks. treplattinger og utemøbler.

8.4.4 Viktige funn

En viktig observasjon i dette prosjektet har vært at for tre av seks Sedumtak har det oppstått omfattende problemer med vegetasjonsdekke i form av svært dårlig vekst og/eller større områder der plantene er døde. Det krever ekstra behov for etterarbeider, medfører uønskede kostnader og kan gi grønne tak av denne typen et frynsete rykte. Det er derfor viktig å lære mest mulig om hva som mest sannsynlig har gått galt.

Årsakene kan være mange, selv om skadene synliggjøres i vegetasjonsdekket. Skadene kan skyldes ulike parametre ved både vekstmaterialer og vekstvilkårene. Klimaforskjeller kan være med i bildet, og spesielt klima med mye nedbør, både store enkelthendelser og lange våte perioder, ser ut til å by på utfordringer. Likevel er de takene som sliter i større omfang med vegetasjonsdekke geografisk spredt, noe som tyder på at det må være andre forhold også som er med i bildet.

Mye tyder på at etableringsperioden spiller en viktig rolle her, både når det gjelder tiden av året der vegetasjon skal etableres, forhold på byggeplassen, aktuell vær-situasjon med mer. Erfaringene fra casestudiet taler for at Sedumtak helst bør være etablert før perioder med mye regn og etterfølgende frostperioder. Ved en tendens til økende nedbørsmengder i framtiden vil det være ekstra viktig å unngå å legge ut vekstmatte sent i vekstsesongen.

En ytterligere faktor av betydning er dreneringslaget og om det fungerer godt nok. Den viktige etableringstiden med god vanntilgang den første tiden, fordrer også god dreneringsevne, slik at ikke vegetasjonsdekke blir stående med røttene i vann over lengre tid. Det forutsetter også at slukene fungerer som de skal.

Alder av takene kan også ha noe å si. Det er påfallende at det er de yngste takene som har problemer med vegetasjonsdekket.

Det gledelige av funn vi har gjort i dette casestudiet, er at de to eldste ekstensive takene som er henholdsvis 5 og 10 år gamle, har vist et godt utviklet Sedumdekke i den samme perioden. Hvis man legger omsorg, tid og penger i etableringstidspunktet og etableringsfasen, har vi stor tro på at Sedumtak har gode vilkår i landet vårt.

Det gjelder også intensive tak selv om to tak, som vi har undersøkt i dette casestudiet, i utgangspunktet er for få for å kunne generalisere og trekke noen konklusjoner for denne typen grønt tak under norske forhold. Begge undersøkte takhagene har vært frodige og vellykket. Likevel har de tydeliggjort en del momenter i forhold til vegetasjonsdekke.

Riktig artsvalg i forhold til de spesielle vekstvilkårene på taket er en viktig forutsetning for et vellykket resultat. Her viser det seg behov for mer utredning og forskning. Vanningsanlegg med fuktighetsfølere vil være god investering for intensive tak, slik at skjøtselsressursene kan kanaliseres der de trengs i større grad, spesielt der man leier hjelp av grøntfaglig personale.

Fordrøyningseffekten ved grønne tak skulle være et fokus i dette casestudiet. Undersøkelsen viser likevel at fordrøyningseffekten har vært viktig for kun to av takene. Minst like viktige grunner for valg av grønne tak har vært estetisk verdi, høyere salgsverdi og miljøgevinster. Det viser seg dessuten at de grønne takene vurderes av flere å ha stor verdi for menneskelig trivsel. Det gjelder så vel intensive som ekstensive tak.

8.5 Datasimulering av de grønne takenes fordrøyningseffekt

8.5.1 Datasimuleringer av grønne taks fordrøyningseffekt

I denne delen av rapporten har vi forsøkt å simulere fordrøyningseffekten av 3 av takene beskrevet i Tabell 8.1; Evje skole, Alnasenteret, Norsk gjenvinning, og Platous gate i tillegg har vi simulert avrenning fra et grønt tak der det finnes målinger (Braskerud, 2010). Tilgjengelige modeller for å simulere avrenning fra grønne tak er begrenset, så et viktig formål med bidraget til denne rapporten er å teste eksisterende modeller for å undersøke deres potensial for å estimere fordrøyningseffekt og hvor det er behov for videreutvikling av disse.

Som beskrevet i kap. 6 vil fordrøyning av nedbør og snøsmelting variere i forhold til flere ulike forhold. Lagringsvolum i taket, bestemt av areal, dybde og porøsitet. Takets helning, kompassretning og oppbygging inkludert vegetasjonsdekke, virker inn på forhold mellom nedbørhendelser, er det mye regn i forkant av en ekstremhendelse vil forsinkelseseffekten bli dårligere enn om det har vært tørt eller man har høy evapotranspirasjon i forkant av samme ekstremvær. Når taket først er blitt mettet vil responsen på avrenningsmengder være raskere. Intersepsjon, det vil si vann som holdes igjen på overflaten av planter som vokser på det grønne taket, har også betydning – jo større overflateplantene har og større andel av jordoverflaten er dekket med planter jo mer vann holdes tilbake. I denne rapporten har vi ikke tatt med effekten av planter. Det finnes modeller der dette er inkludert, for eksempel LISEM (Jetten, 2002). Der inkluderes forsinkelse av nedbør i en lagringslikning der bl.a. bladarealsindeks ($BAI = \text{bladareal} / \text{grunnareal}$) inngår. I alle de grønne tak casene diskutert her består vegetasjonsdekket av relativt små planter slik at denne forsinkelsen er beskjeden.

En viktig del av vårt bidrag til rapporten var å fremskaffe nødvendig fysiske beskrivelse av forholdene ved hvert tak. Da denne informasjonen kom relativt sent i prosjektet har tiden til modellering blitt redusert. For å skaffe nødvendige grunnlagsmateriale for å kunne modellere

takene har vi vært ute på takene for å ta jordprøver for å kunne bestemme parametre av betydning for strømningsforholdene (Tabell 8.2).

En viktig forenkling av systemene i scenariene vi har modellert er at alt vann som tilføres ved regn eller snøsmelting renner av fra taket. I realiteten vil det på årsbasis være en reduksjon av den totale vannmengden som forlater det grønne taket enn det som tilføres på grunn av evapotranspirasjon. Dette er viktig i vekstsesongen. Modeller finnes for denne type prosesser (f.eks. Coup, Jansson og Karlberg, 2004) men det var ikke kapasitet til å teste denne typen modeller i dette prosjektet.

Parametre som kreves for å beregne fordrøynings-effekt av grønne tak er porøsitet og dimensjoner (høyde, bredde, dybde). Hvor raskt vannet vil strømme gjennom det grønne taket bestemmes av vannledningsevnen K (m/s) sammen med vinkel på taket. Vann ledningsevnen når det porøse mediet er mettet, K_s , gir maksimal vannhastighet gjennom mediet, mens den umettede vannledningsevnen vil være en funksjon av vanninnholdet. Ved umettede forhold vil vannet strømme vertikalt ned mot bunnen av det grønne taket. I den vannmettede sonen, strømmer vannet parallelt med takflaten og hastigheten begrenses av den mettede vannledningsevnen. For å beregne den umettede vannledningsevnen må man kunne beskrive porefordelingskurven (Pf kurve). Ut fra denne kan man beregne vannledningsevnen for et bestemt vanninnhold. For ekstensive tak denne sammenheng ha relativt liten betydning. For å ha realistiske verdier for disse parametrene for de utvalgte takene har vi tatt noen prøver for å bestemme disse nøkkelparametrene. Disse parametrene og hvilke metoder som er benyttet er beskrevet i Tabell 8.2. Vi har også tatt med målene for Bent Braskeruds tak (Braskerud, 2010) fordi vi her har måledata som har blitt brukt til å kalibrere modellen som brukes på de andre takene.

Tabell 8.2 Dimensjoner og parametre for noen av casetakene (Tabell 8.1). Lengde er i forhold til strømningsretningen på vannet.

Grønt tak	Delprøve	Dybde [m]	Lengde [m]	Bredde [m]	Vinkel	Porøsitet, n	Vann lednings- evne, K_s [m/t]	Lagrings- volum ⁴⁾ [m ³]
Bent Braskerud's tak		0,025	4,02	6,2 (3x2,1)	3,2 ^o		0,11(topp) 1,44 (under)	0,32
Evje skole mønetak	Øverst	0,025	8.2	26,2	1,43 ^o		0,13 ³⁾	5,6
	Nederst	0,03					2,2 ³⁾	
Haraldrud 14 deltak a' 12m lengder		0,03	12	166	1,3 ^o		0,11 ³⁾	437
Alna-senteret	Øverst SØ	0,06	21	60	15 ^o	0,52 – 0,9	0,15 ²⁾	59 (n=0.5) 101 (n=0.9)
	Midten	0,1					0,69 ²⁾	
	Nederst NV	0,1					2 ²⁾	
Platousgt.	1	0,3	3,75 ¹⁾	1	0,95 ^o	0,52	2,02 ²⁾	72
	2					0,59	2,8 ²⁾	

- 1) Varierende dimensjoner på de grønne tak delene, også varierende dybder – har brukt et utsnitt som er representativt for en del av flatene, totalt areal m grønt tak bruk i beregning av potensielt lagringsvolum: 460m²
- 2) Permeameter målinger (IPM, UMB)

- 3) Basert på kornfordelingsanalyser og Hazens linkning (IPM, UMB)
- 4) Forutsetter en porøsitet som målt for Platous gt., 0.52 og benytter her totalareal dersom dette er oppgitt.

Alnaseret og Haraldrud har ikke oppgitt eksakte mål for taket. Haraldrud består av ca. 14 deltak med 12 m lengder. Det er denne lengden som bestemmer retensjonen for taket mens totalt areal bestemmer lagringsvolum. Vi har gjort beregninger på omtrentlig størrelse av en av delflatene.

Nedbørintensiteter og varigheter påvirker fordrøynings-effekten. Vi har som et eksempel lagt ved returperiodedata fra en urban nedbørstasjon (NVE) på Ås (tabell 8.3), her er det minuttsoopløsning på nedbørhendelsene. Vi ser av denne tabellen at nedbørhendelsen beskrevet i Fig. 6.5 (Braskerud, 2010) ved denne stasjonen tilsvarer en 50 års returperiode.

Tabell 8.3 Returperiode for nedbørsum (mm), 17870 Ås, Rustadskogen, periode 1974-2002, antall sesonger 26 (NVE), skravert felt tilsvarer hendelse i Fig 6.4

År	1 min	2 min	3 min.	5 min	10 min.	15 min.	20 min.	30 min.	45 min.	60 min.	90 min.	120 min.	180 min.	360 min.
2	1,7	3,0	4,0	5,7	8,3	10,0	11,3	12,8	14,3	15,3	17,2	18,3	19,9	24,4
5	2,1	3,8	5,2	7,5	11,6	14,1	15,8	18,0	20,2	21,7	24,9	26,3	26,8	31,5
10	2,4	4,3	6,0	8,7	13,8	16,8	18,7	21,5	24,2	26,0	30,1	31,6	31,3	36,1
20	2,7	4,9	6,7	9,8	15,9	19,4	21,6	24,8	28,1	30,1	34,9	36,6	35,7	40,6
25	2,7	5,0	6,9	10,2	16,6	20,2	22,5	25,9	29,3	31,4	36,5	38,2	37,0	42,1
50	3,0	5,5	7,6	11,3	18,6	22,7	25,3	29,1	33,0	35,4	41,3	43,2	41,4	46,4
100	3,3	6,0	8,4	12,4	20,7	25,2	28,0	32,4	36,7	39,4	46,0	48,1	45,6	50,8

For å modellere forsinkelseeffektene i de utvalgte takene har vi benyttet to ulike modeller. SUTRA_ICE, en beta versjon av den videreutviklede SUTRA2D3D (Voss and Provost, 2002), skulle etter planen benyttes for 2-3 av disse takene, men da det viste seg at modellen slik den er nå ikke er så godt egnet til så tynne jordlag og utstrømningsfunksjonen krever noe omarbeidelse av modellen, valgte vi å benytte denne modellen kun for å illustrere effekt av frost i taket i Platous gate fordi dette er det mest intensive taket. For å beregne forsinkelser og sammenlikne tak og hendelser med ulik nedbørintensitet har vi benyttet en enklere modell programmert i Matlab som forutsetter en kinematisk bølgeberegning modifisert for strømming i et porøst medium (Davies og Beven, 2012), vi kaller denne 'forenklet modell' i den videre beskrivelsen.

Modellbeskrivelser, forutsetninger og resultat av simuleringene er beskrevet i de neste to underkapitlene.

8.5.2 Modellering med SUTRA ICE

SUTRA_ICE er utviklet ved United States Geological Survey (USGS). Modellen løser de partielle differensiallikningene for strømming i umettet og mettet sone med finite element metoden. Modellen kan i tillegg til å beregne vannets strømming gjennom det porøse mediet, også benyttes til å simulere forurensningstransport eller varmetransport. Det betyr at effekt av vannets viskositet og tetthet som begge er funksjon av vannets temperatur kan modelleres. Forskjell i vannets viskositet fører til at vannet nær 0 °C strømmer ca. 20 ganger langsommere enn vann ved 20 °C i jordvolumer. I modellversjonen som er benyttet her kan vannet fryse, gå fra flytende til fast form, slik at dette påvirker forholdet mellom vannmetning og ismetning i jorda. Metningsgrad kan variere mellom 0 og 1, der 1 tilsvarer at alle porene er fylt med henholdsvis vann eller is.

I denne modelleringsøvelsen har vi forsøkt å illustrere mekanismer som er viktige for å forklare forsinkelse gjennom et grønt tak ved delvis frosne forhold, slik det er illustrert i Figur. 6.3. Følgende 2 scenarier er modellert for Platous grønne tak (tabell 8.4). Jorda dreneres på høsten,

dette skjer ved en temperatur på 6 °C. Vi modellerer to tilfeller, i den ene jorda modellerer vi en våt høst med 10 dager og en gjennomsnittlig nedbørmengde på 2 mm/døgn. Deretter simuleres en periode på 10 dager med en lufttemperatur på -1°C. I denne perioden fryses vannet i jorda ovenfra. Til tross for at en normal vinter på Østlandet ofte har flere fryse og tine episoder, forenkler vi vinterperioden og sier at det skjer en akkumulering av 400 mm nedbør som snø på taket. Snøsmelteperioden simuleres som en 20 dagers smelteperioden med en infiltrasjon på 20 mm/døgn. Disse scenariene er sammenliknbare med det vi har observert i forsøk på Gardermoen (French and van der Zee, 1999, og French mfl., 1999).

Tabell 8.4 Modell scenarier benyttet for et av deltakene på Platous gate grønne tak.

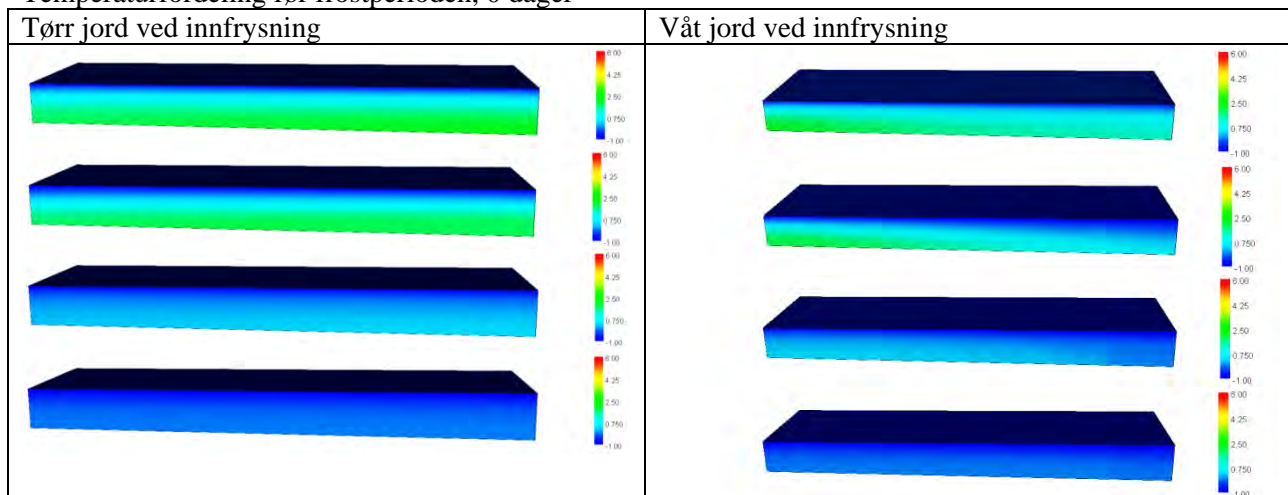
	Nedbør	Temperatur
Tørr jord	Metningsgrad:	
100 dager	0, drenering	6°C hele profilet
10 dager	0, ikke snødekke	-1°C på overflaten
Vinterperiode m lagring av snø	0, lagring av snø på overlaten tilsvarende 400mm nedbør	
Snøsmelting, 21 dager	20 mm/døgn i 20 dager	Vannet har en temperatur på 0.1°C
Våt jord	Metningsgrad:	
100 dager	0, drenering	6°C hele profilet
10 dager	2 mm/døgn,	6°C hele profilet
10 dager	0, ikke snødekke	-1°C på overflaten
Vinterperiode m lagring av snø	0, lagring av snø på overlaten tilsvarende 400mm nedbør	
Snøsmelting, 21 dager	20 mm/døgn i 20 dager	Vannet har en temperatur på 0.1° C

Resultat av modelleringen

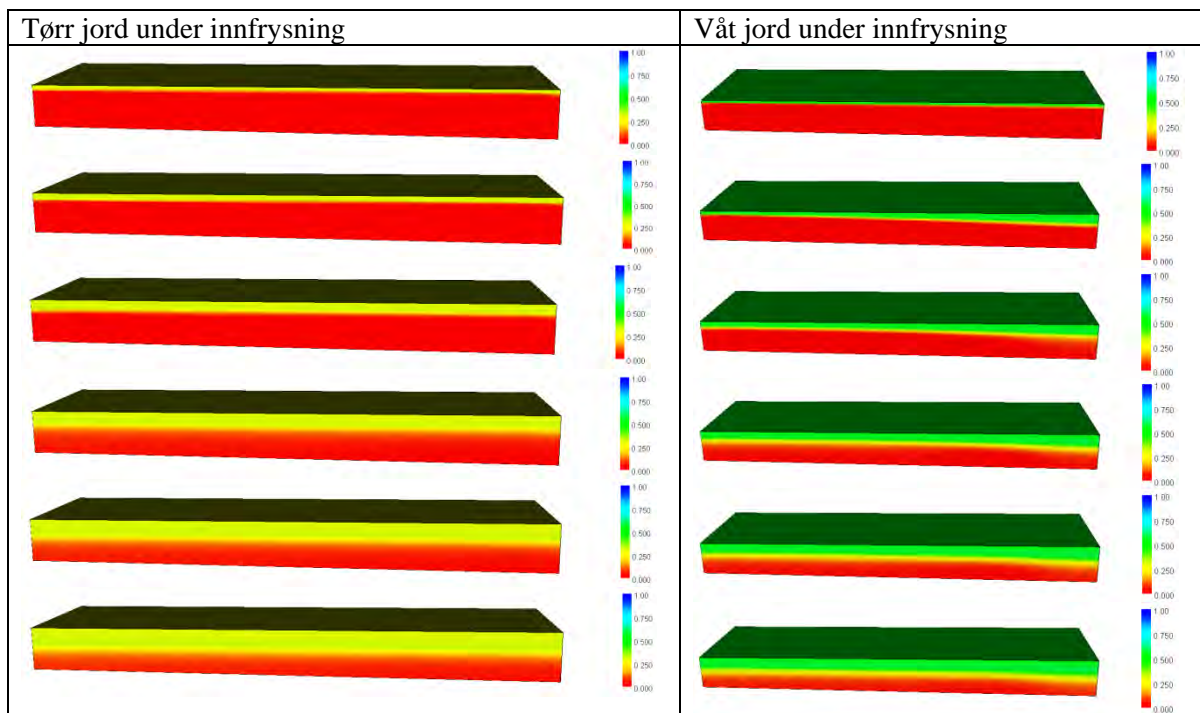
I figur 8.1 vises temperaturutviklingen gjennom det 0,3 m dype jordvolumet i Platous gate i løpet av en 10 dagers frostperiode uten snødekke. Vi ser at nedkjølingen går noe raskere i den våte jorda enn i den tørre jorda. En raskere utvikling av ismetning ser vi også i det våte jordprofilet (Fig. 8.2). Den høye ismetningen vil i neste omgang gi en lavere vannledningsevne når snøsmeltingen begynner.



Temperaturfordeling før frostperioden, 0 dager



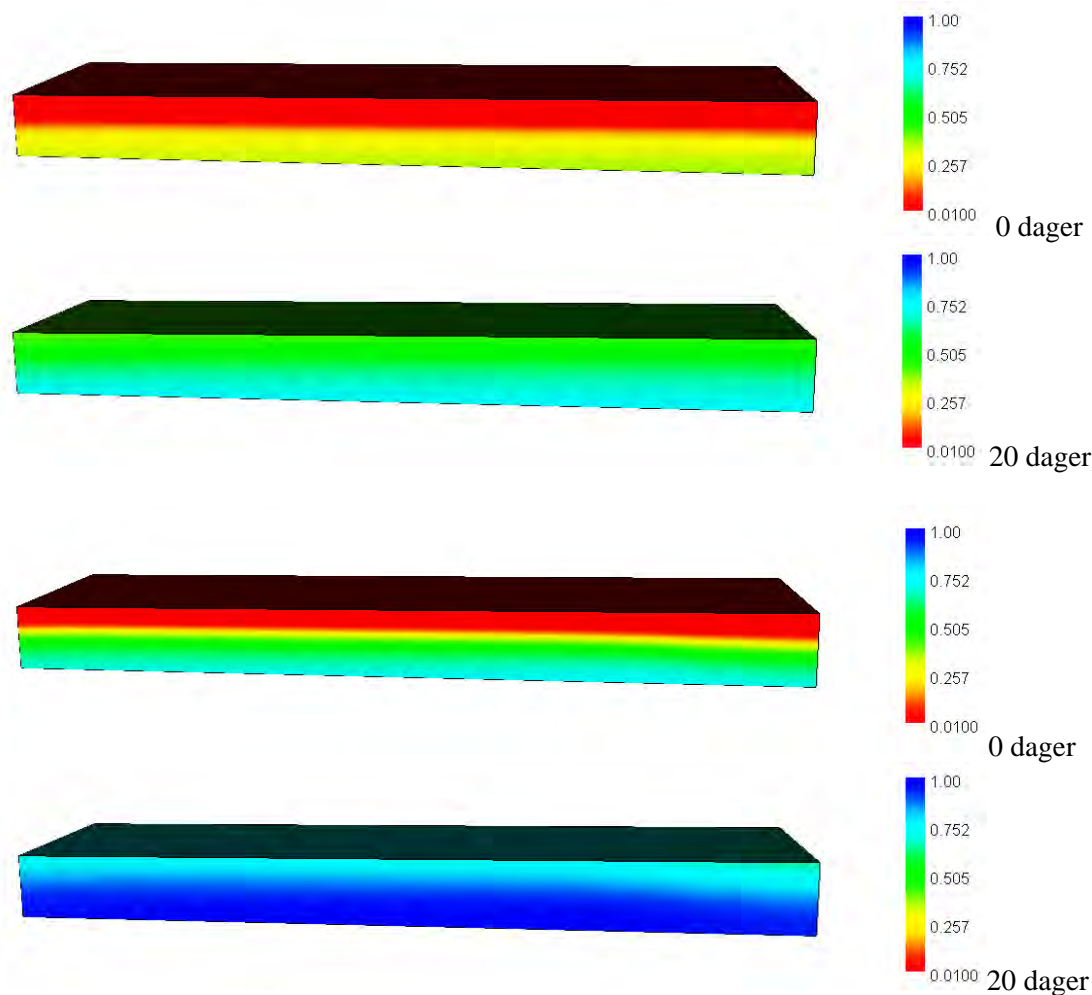
Figur 8.1 Temperaturutvikling i jord i grønt tak i Platous gate etter 1, 2, 4, og 10 dager fra oppstart av frostperiode med lufttemperatur på -1°C



Figur.8.2 Ismetning i jordvolum i grønt tak i Platous gate, tørr jord ved innfrysning til venstre, våt til høyre, etter 1, 2, 4, 6, 8,10 dager med luft temperatur på -10°C uten snødekke. 1 på fargeskalaen betyr at alt vannet i profilet er i form av is.

Vannmetningsgraden (flytende vann) 1 dag etter snøsmelting har begynt og ved slutten av snøsmeltingen (dag 20) er vist i figur 8.3. Vi ser at vanninnholdet øker mye raskere i den våte jorda

enn i den tørre jorda. For å øke retensjonskapasiteten i grønne tak i snøsmeltingen ser vi at det er en fordel om taket er tørrest mulig før vinteren.



Figur.8.3 Vannmetning i jordvolum i grønt tak i Platous gate, øverst: tørr jord ved innfrysning, nederst: våt jord ved innfrysning.

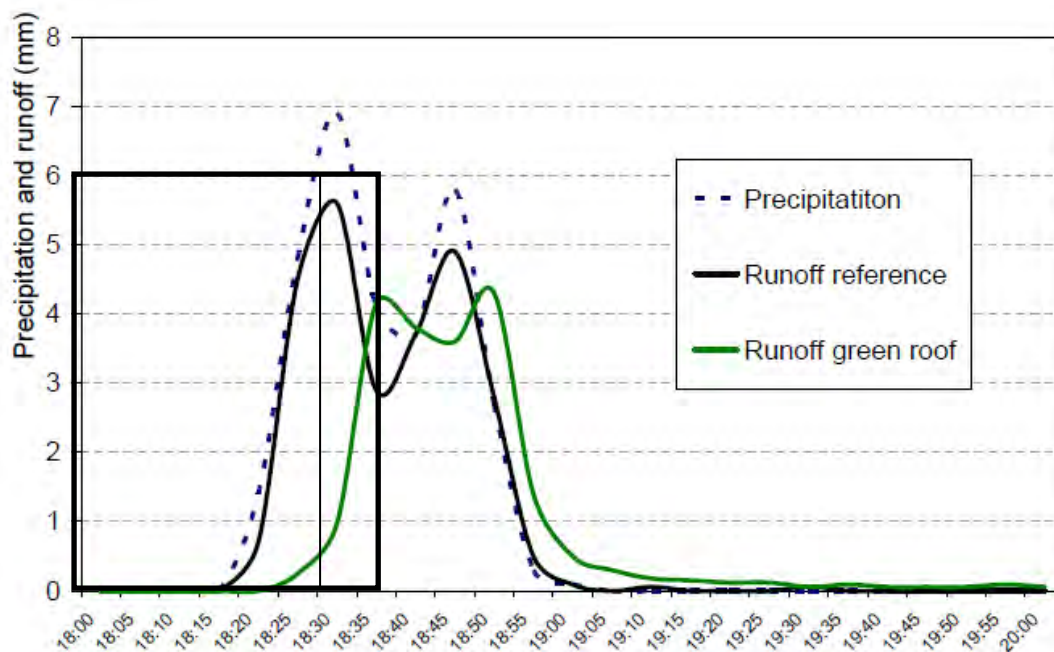
Modellering med forenklet modell

Den forenklete modellen beregner en vannføringskurve fra et hellende terreng med kjent helning, mektighet (Tykkelse) og der det skjer en jevn infiltrasjon fra nedbør over hele flaten. Nedbøren infiltrerer vertikalt gjennom profilet og jordprofilet mettes opp fra bunnen. Etter hvert som vann fyller opp strømmer vannet langs helningen. For detaljert beskrivelse av likninger som inngår i modellen vises til (Davies og Beven, 2012). Modellen kan gjøre beregninger for et porøst medium (som vist i de foregående figurer), med en kjent lengde (i strømningsretningen), et jorddyb, en porøsitet (n) og en vannledningsevne (K_s) samt en vinkel på det porøse mediet (det grønne taket). Det som driver modellen (input data) er en nedbørintensitet (i) over en viss varighet. Verdiene som er benyttet i modellen vises i tabell 8.5. I tillegg til parameterne nevnt her, er det to parametre f og g som kan tilpasses ved kalibrering. Det vil si at man kjører modellen for en nedbørintensitet og et porøst medium der man har målinger av avrenningen. Modellen har den begrensningen at den ikke kan kjøres ved veldig korte (mindre en noen få timer) nedbørhendelser, vi er derfor bare interessert i den første delen av den modellerte avrenningskurven, og det er også den vi har brukt for å kalibrere modellen til Bent Braskeruds grønne tak forsøk (Braskerud, 2010). Nedbørintensiteten som ble observert i denne referansen tilsvarer en 50 års hendelse og er brukt som referanse intensitet. Videre er det testet effekten av økt nedbør og multiplikasjon med en klimafaktor på 1.4 (dette er foreslått av Vegvesenet som måte å inkludere mulige forandringer i nedbørintensitet som skyldes klimaendringer), samt en dobling av 50 års regnet.

Tabell 8.5. Modellerte dimensjoner og nedbørintensiteter i case studiene beskrevet i tabell 8.1, og 8.2

Grønt tak	Dybde, [m]	Lengde, [m]	vinkel	Porøsitet, n	Vannledningsevne, K_s [m/t]	Nedbørintensitet, i, i ulike simuleringer [m/d]
Bent Braskeruds tak	0,025	4,02	3,2°	0,52	0,75	0,06 For validering av modellen
Evje skole mønetak	0,025	8,2	1,43°	0,52	1,16	0,06
Haraldrud 14 deltak a' 12m lengder	0,03	12	1,3°		0,11 ³⁾	0,06 og 0,084 og 0,12
Alnasenteret	0,06	21	15°	0,52	0,95	0,06
Platous gt.	0,3	3,75 ¹⁾	0,95°	0,52	2,4	0,06 og 0,084 og 0,12

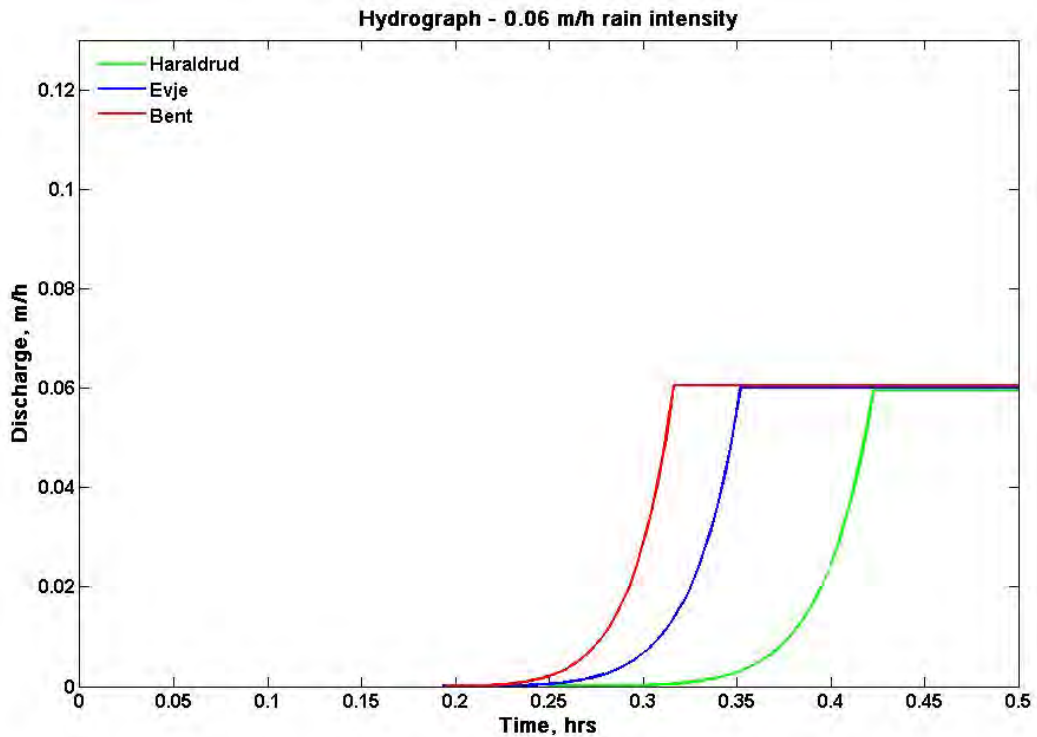
Figur 8.4 viser avrenningskurven som er benyttet til kalibrering, vi ser av figuren at avrenningen fra taket uten vegetasjon skjer umiddelbart etter at nedbøren starter, og at avrenningstoppen fra taket med sedumdekket er ca. 10 minutter senere. Fordi vår forenklede modell ikke benytter et reelt tidsforløp for nedbøren, men kun bruker en konstant intensitet over en definert periode, blir resultatet ikke helt likt som målingene (18 minutter, se figur 8.4 og 8.5), men likevel nærme nok til at vi mener resultatet av modelleringen kan si noe om ca. retensjon i de testede takene.



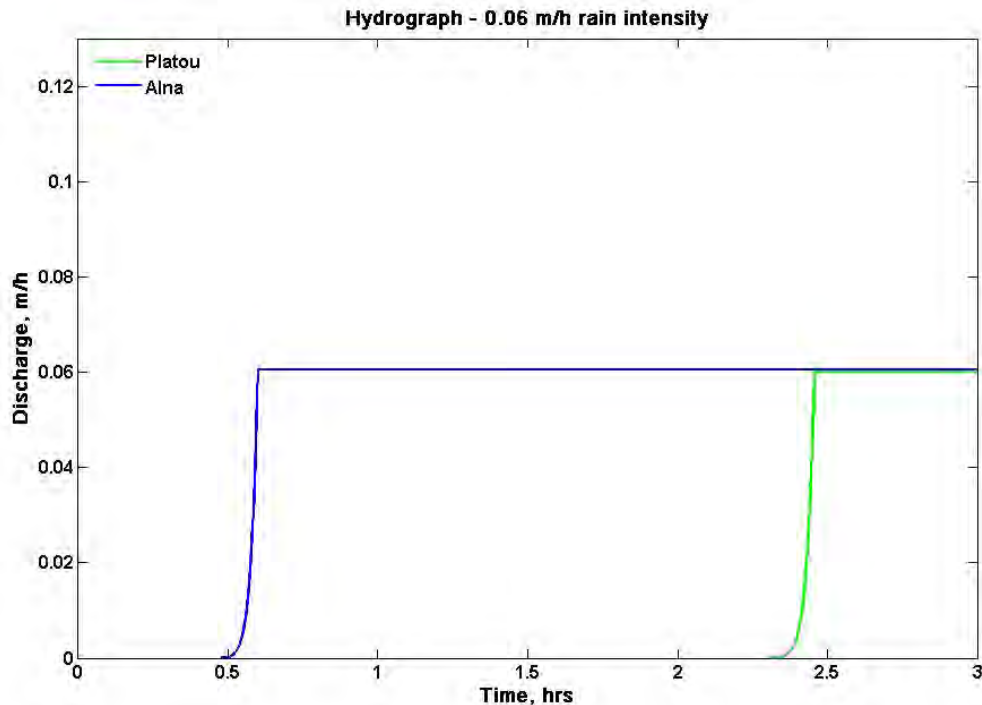
Figur 8.4 Delen av avrenningskurven fra et tak uten vegetasjon (referanse) og et tak med sedum etter en uke med varmt vær uten nedbør, Braskerud (2010) benyttet til kalibrering av modellen.

I figur 8.5 vises også retensjonen i de to andre grunne casetakene, Evje skole viser en retensjon på 21 minutter, mens på Haraldrud er forsinkelsen på ca. 25 minutter. Den økte forsinkelsen skyldes både et noe dypere og lengre grønt tak på Haraldrud, sammenliknet med de to andre. I figur 8.6

vises responsen på den samme nedbørintensiteten (60 mm/t) for de dypere takene, Alnasenteret og Platous gate. Her er retensjonstiden på henholdsvis 36 og 144 minutter.



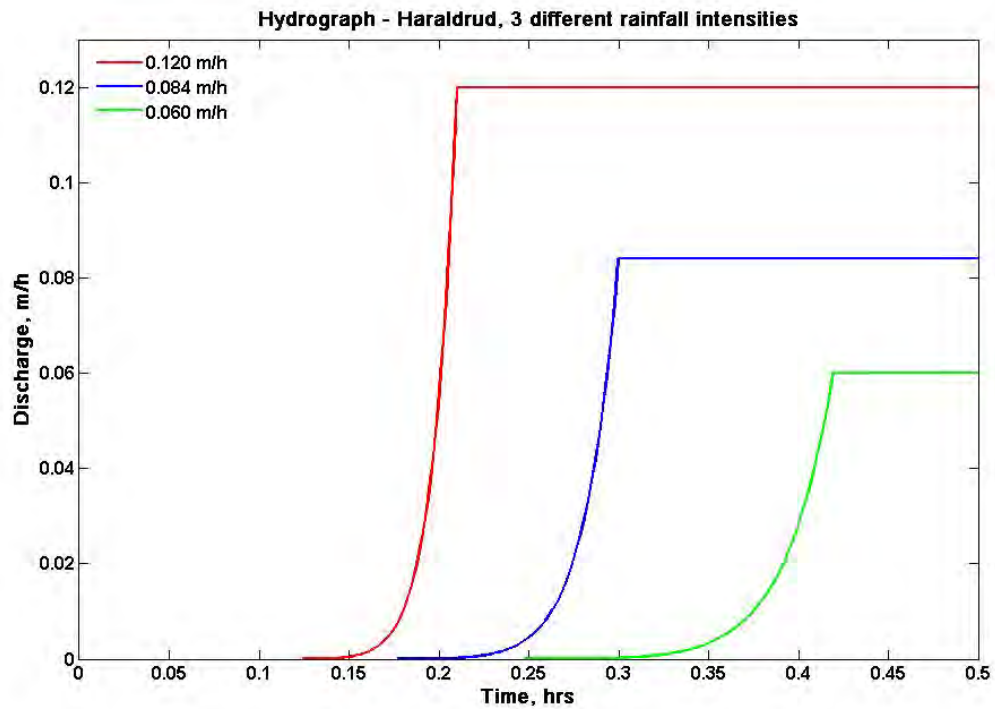
Figur 8.5 Retensjon av avrenning i grunne grønne tak; Bent's, Evje skole og Haraldrud



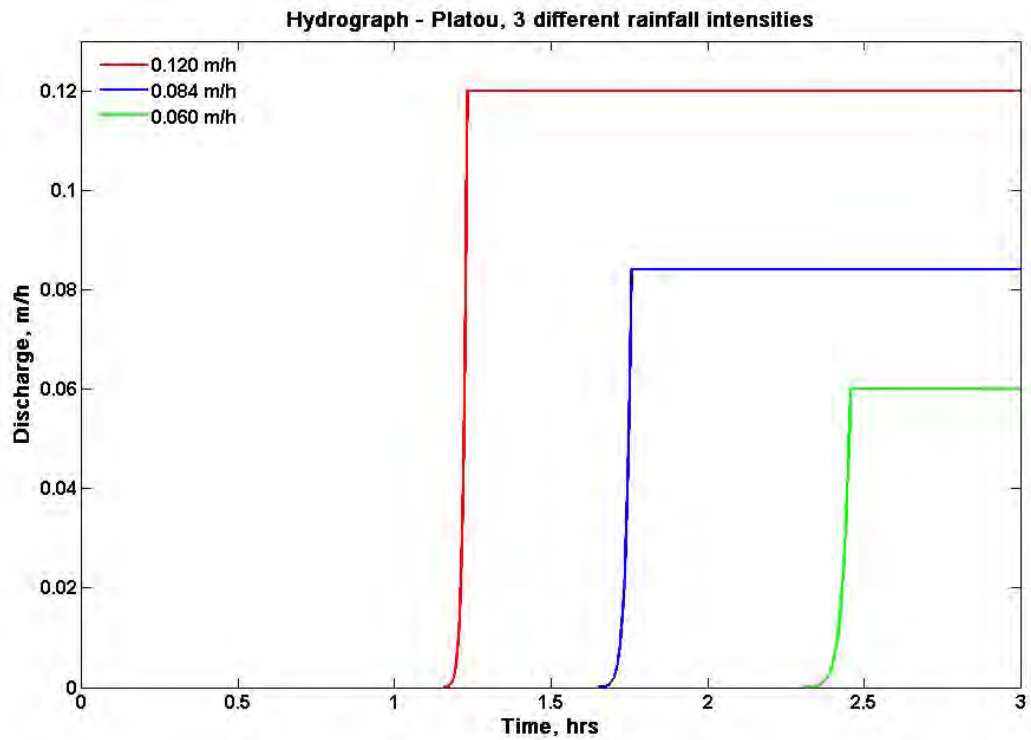
Figur 8.6 Retensjon av avrenning i dype grønne tak; Alnasenteret og Platous gate

Når modellen kjøres for de tre ulike nedbørintensitetene vist for et grunt tak (Haraldrud) i figur 8.7 og et dypt tak (Platous gate) figur 8.8, går som forventet retensjonstiden ned. For Haraldrud

reduseres retensjonstiden fra 25 minutter til 12 minutter. For Platous taket endres retensjonstiden fra 144 til 75 minutter.



Figur 8.7 Retensjon av avrenning i grunt grønt tak på Haraldrud ved tre ulike nedbørintensiteter, 120, 84 og 60 mm/t,



Figur 8.7 Retensjon av avrenning i dypt grønt tak på Platous gate ved tre ulike nedbørintensiteter, 120, 84 og 60 mm/t,

For å oppsummere resultatene vist i figurene 8.5-8.7 vises forsinkelse av flomtopp ved ulike nedbørintensiteter og forsinkelse per meter taklengde i Tabell 8.6. Her ser vi at for den laveste nedbørintensiteten har de grønne takene, samt Alnasenteret som er dypere, men har en større helning på taket, en forsinkelse av flomtoppen på ca. 2 min/m taklengde. Platous gate gir en forsinkelse på ca. 38 min/m taklengde.

	60 mm/t		84 mm/t	120 mm/t
Evje	21 min	2,5min/m		
Haraldrud	25 min	2,1 min/m	18 min	12 min
Alnasenteret	36 min	1,7 min/m		
Platous gate	144 min	38 min/m	103 min	75 min

8.5.3 Konklusjon

Simuleringene med den forenklede modellen viser at for samme nedbørintensitet er det stor økning i fordrøyning ved økt dybde av det grønne taket. Økt taklengde øker også fordrøyningen. For relativt grønne tak reduseres fordrøyningen av avrenningen med flere minutter, mens for de dypere grønne takene, vil forsinkelser på noen timer kunne oppnås. Modellsimuleringene viste at dype tak med liten takvinkel har best effekt på forsinkelse av flomtoppen. Ved en nedbørintensitet på 60 mm/t ga taket i Platous gate, som er 30 cm dypt, en forsinkelse på 38 min/m taklengde mens sedumtakene på 2,5-3 cm dybde ga en forsinkelse på ca. 2 min/m taklengde. Alle takene der det ble gjort målinger viste en høy porøsitet på ca. 0,5. Vannledningsevnen varierte mellom 0,11 til 2,8 m/t disse er basert både på direkte målinger og på kornfordelingsanalyser. Den høyeste verdien tilsvarende sand og bør gi god drenering mellom nedbørhendelsene. I forhold til plantedecke som ikke er simulert her, vil tilbakeholdelsen av nedbør øke med økt overflateareal på plantene. Ettersom det er de dypeste takene som kan ha de største plantene vil forskjellen i mengde vann som kan forsinkes mellom ekstensive og intensive tak være enda større enn det som illustreres med simuleringene som er utført her.

Generelt kan man si at frost reduserer infiltrasjonsevnen i grønne tak og retensjonen dermed reduseres under slike forhold. Uten snødekke vil de fleste grønne tak brunnfryse så sant det ikke er mye varmetransport fra bygningen under. Frostsimuleringene gir en realistisk utvikling av frost dyp (sammenliknet med målinger i et naturlig jordprofil på Gardermoen) og innhold av is ved ulike totale vanninnhold i jorda. Simuleringene viser at jo tørrere jorda er ved innfrysning på høsten, jo lengre vil retensjonen bli i den påfølgende snøsmeltingen, dette er fordi det er mer åpne porevolum som kan lagre vann som infiltrerer i snøsmeltingen. Veksling mellom fryse- og tineepisoder i løpet av vinteren er generelt ugunstig for infiltrasjonsevnen i delvis frossen jord fordi slike forhold gjerne gir et islag oppå jorda. Dette er komplisert å modellere og har ikke blitt utført her, det er heller ikke noe det finnes mye om i litteraturen.

Vannstrømningen i grønne tak gir en kombinasjon av flere prosesser, overflatestrømning, strømning i jordlaget, fordampning og opptak av vann i planter (evapotranspirasjon), samt vannlagring på planteoverflater. Jo flere prosesser som skal modelleres, jo mer informasjon om egenskapene ved taket er nødvendig. Vi har her konsentrert oss om å beskrive effekt av frost på et grønt tak med 30 cm dyp, og forsinkelseeffekten ved ekstremhendelser med 50 års nedbørintensitet, opp til en dobling av dette. Vi har ikke modellert effekt av planter her fordi det har større effekt på hvor mye vann som totalt holdes tilbake eller fjernes ved evapotranspirasjon noe som er viktig for tidsperioder over flere dager eller opp til årsbasis, men mindre viktig for forsinkelsene ved ekstremhendelsene spesielt for de ekstensive takene. Det er stort behov for å ha målte verdier av avrenning fra grønne tak under ulike temperatur- og nedbørforhold. Dette betyr lokale målinger av nedbør, temperatur og avrenning fra takflater. Bedre data på jordfysiske forhold og plantenes vannopptak og intersepsjon vil også være nødvendig for bedre simulering av slike tak. Til slutt er det også behov for forbedring av eksisterende modellverktøy slik at de blir bedre tilpasset utformingen av grønne tak og temperaturforholdene vi har i Norge.

9 Oppsummering, anbefalinger og videre forskningsarbeider

9.1 Oppsummeringer

Generelt

Det bygges stadig flere grønne tak i Norge i dag. Denne rapporten er ment som en oppsummering av tilgjengelig kompetanse om planlegging, bygging, skjøtsel, drift og vedlikehold av grønne tak for norske forhold, slik at skader, feil og mangler kan unngås i størst mulig grad. Kunnskap og erfaring er samlet gjennom et casestudium og gjennom kommunikasjon med sentrale aktører i bransjen, samt gjennom innhenting av relevant referansekunnskap fra nasjonal og internasjonal forskning.

Rapporten omhandler bygningsmessige og grøntfaglige aspekter i forbindelse med planlegging, bygging og drift av grønne tak.

Rapporten omhandler ikke andre effekter ved grønne tak som f.eks støvbinding, lydisolering eller energisparing. Disse og andre effekter kan være oppgaver for videre arbeider.

Hvorfor grønne tak

Grønne tak har tidligere i hovedsak blitt bygd av visuelle grunner og for å gi brukerne av bygget ønskede arealer for rekreasjon. I de senere årene er grønne taks fordrøyningseffekt kommet mer i fokus, og er i dag en stadig viktigere begrunnelse for å velge grønne tak.

Et grønt tak koster mer enn et tradisjonelt tak, både når det gjelder investering og i de fleste tilfeller også drift. Derfor er det viktig at det grønne taket gir noe tilbake i form av estetikk, velvære og fordrøyning. Det viktigste kriteriet på et velfungerende grønt tak er et friskt og godt dekkende vegetasjonsdekke som gir et tiltalende visuelt uttrykk. Når det er planlagt, skjøttet og driftet godt, er sannsynligheten høy for at det fungerer bra, også med tanke på fordrøyning.

Blir takene velfungerende

Målsettingen om et velfungerende grønt tak ble ikke innfridd for alle takene som inngikk i casestudiet.

Tre av takene i casestudiet, to intensive grønne tak og ett torvtak, var i hovedsak velfungerende selv om en del utskiftninger og tilpasninger av plantearter hadde vært nødvendig de første årene. Seks av takene i casestudiet var ekstensive tak (sedumtak). Litt forenklet kan vi si at tre av disse seks sedumtakene hadde eller hadde hatt problemer med omfattende plantedød og ekstra behov for etterarbeider. Det medfører uønskede kostnader og kan gi grønne tak av denne typen et frynsete rykte. Det er derfor viktig å lære mest mulig om hva som sannsynligvis har gått galt.

Fordrøyningseffekter ved grønne tak

Alle publikasjoner som er studert viser at grønne tak fordrøyer avrenningen ved å redusere total avrenning og forsinke avrenningsintensiteten. Forskjellen i observerte verdier er store da forsøkene er gjort under ulike forhold som for eksempel værforhold, oppbygning av taket og påført vannmengde. Noen hovedtrekk er det imidlertid mulig å trekke ut.

Et grønt tak vil både redusere intensiteten i avrenningen, det vil si mengde avrent vann per tidsenhet, og utsette tidspunktet for når den høyeste intensiteten kommer. Grovt oppsummert kan man anta at et grønt tak kan også holde tilbake 50 - 80 % av nedbøren gjennom et år. Hvor stor disse effektene er avhenger av det grønne takets oppbygging (vekstmedium, tykkelse, plantedekke), vanninnhold og nedbørintensiteten. Man skal imidlertid være oppmerksom på at det ikke er noen sammenheng mellom gjennomsnittlig tilbakeholdelse gjennom et år og hvordan avrenningen blir for et enkelttilfelle med intens nedbør. Dessuten vil grønne tak med samme oppbygging ikke gi samme effekt i ulike klimasoner.

Simuleringer av jordprøver tatt på fire ulike grønne tak i case-studiet viser at jo mindre vannmettet vekstmediet er ved innfrysing, jo bedre er fordrøynings-effekten i den påfølgende snøsmeltingen. I følge simuleringene blir dessuten fordrøynings-effekten større med økende tykkelse av vekstmediet. Dette gjelder også ved økende lengde av grønne tak og innebærer at man kan oppnå flere timers forsinkelse av nedbør på store grønne tak. Datasimuleringene har kun beregnet vekstmediets fordrøyningssevne og ikke vegetasjonens evne til forbruk og tilbakeholdelse av vann, evapotranspirasjon. Man vet at evapotranspirasjonen er økende med størrelsen på vegetasjon. Det vil si at på både semi-intensive tak og intensive tak, vil evapotranspirasjon ha en betydelig fordrøyende effekt.

Vi har i dette prosjektet ikke kunnet lokalisere typiske semi-intensive tak i Norge. Ved å ta i betraktning momentene ovenfor, ser vi at valg av semi-intensive tak, som ofte har omtrent dobbelt så tykt vekstmedium som de typiske ekstensive takene, vil kunne øke takenes fordrøyningssevne betraktelig og samtidig føre til økt biologisk mangfold ved større og mer varierte vegetasjon.

Kommunenes ønske om bruk av grønne tak

Fordrøynings-effekter og andre miljøeffekter, biologisk mangfold, sammenhengende grønnstruktur, menneskers velferd, estetiske kvaliteter med mer er gode argumenter kommunene kan ha for å sette krav til utbyggere om bruk av grønne tak. Den nye plan og bygningsloven og teknisk forskrift til denne sier per i dag ikke noe direkte om grønne tak, selv om miljø- og klimahensyn er medtatt generelt. Dermed kan det være vanskelig for kommunene å sette slike krav. Teknisk forskrift revideres jevnlig, og man bør ved neste revisjon sørge for at grønne tak nevnes som aktuelle tiltak i forbindelse med håndtering av overvann.

Kunnskap gir god kvalitet

Som en konklusjon på arbeidet vårt vil vi påpeke at vi gjennom dette kunnskapsinnhentingsprosjektet har sett at det er behov for å samle kunnskap og erfaringer vedrørende grønne tak i Norge. Dette er svært viktig for å sikre en god kvalitet på de grønne takene – både på eksisterende og de som skal bygges i framtiden. Vi vil presisere at kvaliteten sikres ved at de som er med i de mange fasene med planlegging, bygging og drifting av grønne tak er bevisste på at det er levende materiale som er den synlige biten av det grønne taket. Dette fordrer god kvalitet på planlegging, materialer og utførelse i alle ledd for å kunne lykkes.

9.2 Anbefalinger

I det følgende har vi samlet en del viktige momenter å ta hensyn til når grønne tak skal planlegges, bygges og driftes. Samlingen baserer seg på kunnskap og erfaringer som ble hentet inn i dette kunnskapsinnhentingsprosjektet og er ikke utfyllende. For mer informasjon om enkelte punkter henvises det til de respektive kapitlene i rapporten.

Planleggingsfasen:

- Grønne tak bør komme tidlig inn i planleggingsprosessen for å kunne dimensjonere bygget etter det, dvs. ut fra funksjon, formingspremisser og ikke minst plantenes behov vedrørende vekstvilkår. Dette er ekstra viktig ved intensive grønne tak der landskapsarkitekt bør være i tett kommunikasjon med RIB og oppdragsgiver.
- Takets bæreevne må alltid kontrolleres og beregnes ut fra faktisk egenvekt og nyttelast. For eksisterende bygg er det ikke noen selvfølge at taket har bæreevne for tilleggslast selv for de lette sedumtakene.
- Drenslagets tykkelse og type må vurderes i forhold til klima på stedet, fall på taket og plantevalg.
- Vekstmediets sammensetting og tykkelse må vurderes i forhold til type vegetasjon, vekt, klimatiske forhold og for ekstensive tak også branntekniske vurderinger.
- Branntekniske vurderinger om risiko for brannspredning skal utføres også for grønne tak. Krav til detaljutførelse og/eller skjøtsel og vedlikehold er en del av dette.

- For ekstensive grønne tak kan vindavblåsning være et problem på vindutsatte byggesteder, og nødvendige tiltak må vurderes.
- En bør være var for at tidspunktet for etablering av vegetasjon på det grønne taket og hvordan det forholder seg til framdrift av byggeprosessen ellers vil påvirke vurderinger i forhold til brann og vindavblåsning når det gjelder takmembranen. I tilfelle at etablering av det grønne taket må utsettes pga. klimatiske forhold vil takbelegget ligge udekket en periode.
- Fall, sluk og avløp for et tak med grønn overbygning anbefales dimensjonert som for et vanlig tak. Alle tak bør i tillegg ha nødoverløp, og disse monteres så lavt ned mot takbelegget som mulig.
- For alle grønne tak gjelder at der det benyttes takbelegg (membran) som ikke har dokumentert rotmotstand må det benyttes ekstra beskyttelse med en rotsperre.
- Vegetasjonsarealer skal plasseres utenfor takutspring eller andre områder i regnskyggen. Der det ikke er mulig bør det legges opp for vanningsanlegg.
- Sikker adkomst til og opphold på taket er viktig for alle takhager. Også for ekstensive tak og semi-intensive tak som ikke er beregnet for varig opphold er sikker adkomst og andre sikringstiltak viktig. Slike tak vil alltid ha behov for noe skjøtsel og vedlikehold.
- Det bør lages tegningsmateriale for selve taket som viser takfall, slukplassering og nødoverløp. Det bør i tillegg vises vekstlagstykkelser for vegetasjonsarealer samt vannuttak og ev vanningsanlegg.
- Beskrivelsesteksten bør tydeliggjøre krav vedrørende kvalitet på plantemateriale, behandling på byggeplass osv.

Byggefasen:

- Vegetasjonslaget på grønne tak er et levende materiale, som det må tas spesielle hensyn til i byggefasen samt ved drift og vedlikehold av taket.
- Takflaten bør kontrolleres før legging av den grønne overbygningen. Eventuelle skader etter byggearbeidene repareres, og alle fremmedpartikler som kan skade takbelegget fjernes. Vurder å trykkprøve takbelegget, det er lettere å utbedre ev lekkasjer i denne fasen enn etterpå når det grønne taket er ferdig lagt. De videre arbeidene med det grønne taket bør startes med å legge ut et beskyttelsessjikt.
- Etableringstidspunkt for vegetasjon på det grønne taket er et viktig moment for å lykkes med et grønt tak. Vegetasjon er spesielt utsatt og følsom i etableringsperioden. Det gjelder tørke, men i tilfelle sedumtak muligens like mye for store nedbørmengder og lange våte perioder. Vurder lokalklimaet på stedet i forhold til etableringstidspunkt på det grønne taket. Det anbefales å etablere et grønt tak i vekstperioden (dvs. fra vår til tidlig høst) slik at plantene har mulighet for å etablere seg godt før vinteren. Sen høst- og vinteretablering er mer utsatt og anbefales spesielt ikke i klima med mye høst- og vinternedbør.
- Plantemateriale importert fra lengre sør i Europa kan medføre en del utfordringer når det anvendes under norske klimaforhold. Det gjelder spesielt vekst avslutning om høsten, som vanligvis er senere ved importert plantemateriale. I møte med tidlige frostnetter i nordisk klima kan det føre til planteskader og til og med at plantene dør bort. Gjødsling av plantemateriale (sedummatter) før levering kan forsterke denne problematikken ytterligere. Det betyr også at høstetablering er vanskeligere å lykkes med.
- Vegetasjon bør følges spesielt opp ved etablering av grønne tak og i etableringsfasen på to-tre år. Dette gjelder både ekstensive, semi-intensive og intensive tak. Tilstrekkelig vannforsyning er avgjørende for at plantene får en god start og får etablert seg godt. For mye vann og fuktighet – spesielt i etableringstiden – kan likevel skape problemer. Det gjelder spesielt når vannet blir stående i rotsonen i en lengre periode, slik at røttene råtner.
- Jevnlig tilsyn av overløp er viktig. Likeledes bør det sjekkes spesielt i den første tiden om drenerings- og overløpssystemet fungerer som det skal og er tilstrekkelig dimensjonert, for at dette kan justeres før vegetasjonsdekke blir vedvarende skadet.

Driftsfasen:

- Det bør lages en vedlikeholds- og skjøtselsplan som omfatter ettersyn og rengjøring av sluk i tillegg til viktige grøntfaglige aktiviteter.
- Vanningsanlegg anbefales for intensive tak. Tilgang på vann, dvs vannuttak på taket, er også nødvendig for ekstensive og semi-intensive tak.
- Eier bør informeres om nødvendige drift- og vedlikeholdstiltak som må til i forbindelse med vanningsanlegg.

9.3 Videre forsknings- og utredningsbehov

I forbindelse med dette prosjektarbeidet har vi sett at det for flere fagområder er betydelige usikkerheter og manglende tilgjengelig kunnskap. I det etterfølgende vil vi derfor peke på noen ulike tema. I denne sammenheng vil det være nyttig å begynne å bygge opp en prosjektdatabase over grønne tak i Norge.

9.3.1 Videre forskningsbehov om bygningsmessige aspekter

Brannteknisk avklaring

For bedre dokumentasjon av sedumtaks branntekniske egenskaper bør det vurderes å utføre supplerende prøver i hht ENV 1187, test 2, der virkningen av langtids kondisjonert sedum undersøkes og sammenliknes med resultater fra dagens praksis der 2-3 ukers kondisjonering benyttes.

Avklaring for å hindre vindavblåsninger

SINTEF Byggforsk og Takprodusentenes forskningsgruppe (TPF) sin vurdering er at ekstensive tak der vindsuget i rand- eller hjørnesoner overstiger 3,75 kN/m² bør sikres mot vindavblåsning. I rand- og hjørnesoner mot parapet kan dette gjøres ved at sedummattene erstattes med ballast av et minimum 500 mm bredt belte med 50 mm tykke betongheller eller med et 50 mm tykt lag singel med diameter 16 - 32 mm. Ballasten legges gjerne litt utpå sedummatten så vinden ikke så lett får tak i denne.

9.3.2 Videre forskningsbehov om fordrøyningsseffekt

For å si noe om grønne taks funksjon i ulike norske klimaområder mener vi det er nødvendig å se på hvordan frost og snødekke på takene innvirker på avrenningen. Det er kun funnet en publikasjon som er inne på dette, Teemusk (2007), men den tar ikke for seg dette temaet særlig grundig.

Det er det grønne takets evne til å redusere intensiteten i avrenningen som er avgjørende for om avløpssystemet klarer å håndtere overvannet ved intense nedbørsmengder. Å kartlegge hvordan ulike vekstmedier og ulik oppbygging av det grønne taket påvirker takets evne til å redusere avrenningsintensiteten ved gjentatte intense nedbørsmengder mener vi vil være viktig.

9.3.3 Videre forskningsbehov om vegetasjonsmaterial og vekstvilkår

På bakgrunn av erfaringene fra casestudiet ser vi behov for videre FoU-arbeid i forhold til både vegetasjonsmaterial, sammensetting og lagoppbygging.

Vegetasjonsmaterial og artssammensetting for ekstensive tak bør studeres nærmere for norske forhold. Det bør prøves artssammensettinger som er mer robuste, dvs. både prøve kombinasjon med andre vekster enn sedum (kombinasjon med gress og stauder m.m.) og prøve norsk vekstmaterial. I tillegg vil det være relevant å undersøke potensial av hjemmelige arter for bruk på grønne tak.

Samtidig bør utvikling og produksjon av norske/nordiske plantesammensettinger støttes. Dette vil gjelde både vegetasjon for ekstensive, semi-intensive og intensiv tak.

Det vil være viktig å utrede hva dårlig etablert vegetasjonsdekke på noen av takene kan skyldes.

Mye tyder på at etableringsfasen har en stor betydning for at vegetasjonsdekket på grønne tak skal bli vellykket. Derfor er det viktig å utrede og skaffe mer kunnskap om etableringstidspunkt på året, etableringsmetoder og nødvendig etableringsperiode av ulike grønne tak og under ulike klimatiske forhold.

Takenes lagoppbygging og spesiell utforming og dimensjonering av takets vannlagrende og drenerende lag har stor betydning for god plantevekst dvs. forsyning av plantene med vann og oksygen og dermed et velfungerende grønt tak. På bakgrunn av erfaringene fra casestudiet ser vi behov for å undersøke en bredere palett av ulike materialer og produkter som finnes på markedet og å studere deres effekter under norske forhold. Dessuten bør det forskes på nødvendig dimensjonering av disse lagene i forhold til ulik klima i landet og forventete klimaendringer slik at vannlagrende og drenerende lag kan fungere optimalt.

9.3.4 Videre forskningsbehov om andre effekter ved grønne tak

Grønne tak sies å ha også andre vesentlige fordeler ut over estetiske og rekreasjonsmessige verdier og fordrøyning. Det kan være CO₂-fangst (plantene forbruker CO₂ gjennom fotosyntesen), støvbinding og for eksempel lydisolering og varmeisolering og også gi gunstige betingelser for å øke takbeleggets (membranens) levetid. Flere av disse deltemaene kan undersøkes videre under norske forhold, og for å finne betingelsene for at disse gunstige effektene skal oppnås.

Å studere grønne taks effekt på energibruken i bygg under norske forhold er viktig. Dette er studert i andre land, men under noe annen byggeskikk med mindre varmeisolasjon enn i Norge og under litt andre klimatiske forhold. Våre nye bygg med stor isolasjonstykkelse vil sannsynligvis ikke ha samme nytte av den tilleggs effekten for eksempel et ekstensivt grønt tak har på varmeisolasjonsevnen eller på kjøleeffekten sommerstid. På eldre bebyggelse, fra en tid hvor man brukte mindre isolasjon, kan dette også være interessant i Norge. Da må det grønne taket ettermonteres, og takene må undersøkes for å kunne tåle denne ekstra vekt på kjenningen.

Litteraturstudier viser at grønne tak har en reduserende effekt på mengden svevestøv. Dette gjelder både tungmetaller, PAH og andre luftbårne partikler. Svevestøvet fanges opp av planten og bindes enten i plantematerialet eller føres ned i vekstmediet når det regner. Det grønne takets evne til å fange svevestøv avhenger av hvilke type planter som benyttes; høye, lave, det totale bladarealet, glatte eller ru blader og andre forhold. For fangst av tungmetaller og PAH har også vekstmediets pH, permeabilitet og filtreringsevne en betydning. I tillegg har grønne tak en reduserende effekt på luftas innhold av svoveldioksid, nitrogenoksid.

De fleste publikasjonene vi har funnet om temaet var fra Mellom-Europa og USA, og noen studier viser ganske store prosentvise reduksjoner i luftas innhold av svevestøv. Hvor stor effekten vil være i vårt klima er vanskelig å si og er noe vi gjerne skulle ha studert nærmere, og da spesielt hvordan vi kan få best mulig effekt i vinterhalvåret.

9.4 Hovedkonklusjon

Dette kunnskapsinnhentingsprosjektet om grønne tak har gjort det mulig å samle mye av den kunnskap og erfaring som eksisterer om grønne tak i Norge og Norden i dag. Det finnes mye kunnskap, men den sitter spredd i flere forskjellige fagmiljø, noe det må tas hensyn til i planlegging og gjennomføring ved at de forskjellige aktørene involveres tidlig. Vi ser like vel et behov for videre forskning og utredning, og vi har gitt innspill om noe av det vi mener er viktig i den sammenheng.

10 Referanser

Viktige generelle referanser:

Forskrift om tekniske krav til byggverk (Byggteknisk forskrift – TEK 10)

Guidelines for the Planning, Construction and Maintenance of Green Roofing. English version. Edition 2008. Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V: (FLL)

Forskrift om stillaser, stiger og arbeid på tak m.m., Arbeidstilsynet

Mer informasjon om fordrøyningsseffekt:

Bengtsson L., "Peak flows from thin sedum-moss roof", Nordic Hydrology Vol 36 No 3 pp 269–280, 2005.

Braskerud B. C., "Detention of Heavy Rain on an Extensive Norwegian Sedum Roof ", World Green Roof Congress 15-16 September 2010, London U.K

Busklein J.O., "Urbanisering - Grønne tak i urbane strøk. Feltforsøk avrenning.", SBF IN F09416, 2009

Busklein J.O., "Grønne tak", Overvannshåndtering i urbane områder, Tekna-seminar, Oslo 6. – 7. april 2011

Busklein J.O., Thodesen B. O, Balmand E., " Testing of Leca's® Attributes and Use in Green Roofs Solutions. Water retention." SBF 2012 F0254, Trondheim 2012

DeNardo J. C., Jarrett A. R., Manbeck H. B., Beattie D.J., Berghage, R.D., "Stormwater mitigation and surface temperature reduction by green roofs", Trans. ASAE, 48 (4) (2005), pp. 1491–1496

Dunnett N., Nagase A., Booth R., Grime P, "Influence of vegetation composition on runoff in two simulated green roof experiments", Urban Ecosystems, 2008, Volume 11, Number 4, Pages 385-398

Köhler M., Schmidt M., Grimme F., Laar M., Gusmão F., "Urban water retention by greened roofs in temperate and tropical climate", First published on the 38th IFLA World Congress (International Federation of Landscape Architects), Singapore 2001

Mentens J., Raes D., Hermy M., "Green roofs as a tool for solving the rainwater runoff problem in the urbanized 21st century?", Landscape and Urban Planning 77 217–226, 2006

Nagase A., Dunnett N., "Amount of water runoff from different vegetation types on extensive green roofs: Effects of plant species, diversity and plant structure", Landscape and Urban Planning Volume 104, Issues 3–4, 15 March 2012, Pages 356–363

Stovina V., Vesuvianoa G., Kasminb H., "The hydrological performance of a green roof test bed under UK climatic conditions", Journal of Hydrology, Volumes 414–415, 11 January 2012, Pages 148-161

Teemusk A., Mander Ü., "Rainwater runoff quantity and quality performance from a greenroof: The effects of short-term events", Ecological Engineering 30 (2007) 271–277

Thodesen B., Busklein J.O., "The passive green roof: The micro and macro of energy efficiency and climatic adaptability", 16th International passive house conference 2012, Hannover

Villarreal E., "Runoff detention effect of a sedum green-roof", Nordic Hydrology Vol 38 No 1 pp 99–105, 2006

Villarreal E, Bengtsson L., "Response of a Sedum green-roof to individual rain events", Ecological Engineering 25 1–7, 2005

SINTEF Byggforsk Kunnskapssystemer:

Byggforskseriens 525.002 Takkonstruksjoner. Valg av taktype og konstruksjonsprinsipper. 2007

Byggforskseriens 525.207 Kompakte tak. 2007

Byggforskseriens 525.306 Terrasser med beplantning på bærende betongdekker. 2009

Byggforskseriens 525.933 Sikringsutstyr for arbeid på tak. SINTEF Byggforsk. 2007

Byggforskseriens 544.202 Takfolier. Egenskaper og tekking. 2011.

Byggforskseriens 544.203 Asfalt takbelegg. Egenskaper og tekking. 2011.

Byggforskseriens 544.204 Tekking med asfalt takbelegg eller takfolie. Detaljløsninger. 2008.

Byggforskseriens 544.206 Mekanisk feste av asfalt takbelegg og takfolie på flate tak. 2005.

Byggforskseriens 544.803 Torvtak. 2009

Byggforskseriens 544.823 Sedumtak. Under arbeid høsten 2012.

Byggforskseriens 725.118 Skader i kompakte tak. 2012

Byggforskseriens 744.803 Tradisjonelle torvtak. 2007

TPF informerer (se www.tpf-info.org):

TPF informerer nr. 5. Festing av fleksible takbelegg. Dimensjonering og utførelse. Februar 2010.

TPF informerer nr. 6. Brann tekniske konstruksjoner for tak. Juni 2011.

TPF informerer nr. 7. Dampsperrer i tak. Revisjon 2012 pågår.

TPF informerer nr. 9. Temaveileder om flate tak. Juli 2008.

Kilder til kapittel 2 Lov og regelvekt:

NOU nr 10 "Tilpasning til eit klima i endring. Samfunnet si sårbarheit og behov for tilpassing til konsekvensar av klimaendringane"

Plan og bygningsloven (pbl) med tilhørende Forskrift om tekniske krav til byggverk (Byggeteknisk forskrift – TEK), TEK 10

København kommune:

<http://www.kk.dk/Borger/ByOgTrafik/GroenneOmraader/GroenneTage.aspx>

Malmö by, Lund kommune: www.miljobyggprogramsyd.se

Oslo kommune, byøkologisk program 2011-2026:

http://www.miljo.oslo.kommune.no/miljopolitikk_og_miljostyring/miljopolitikk/

Bærum kommune, Fornebu: FoU-prosjekt "Åpne overvannsløsninger, erfaringer og anbefalinger" (Statsbygg 2004).

Kilder til kapittel 5 Vegetasjon og vekstvilkår:

Burén, T. *Sedum och andra fetbladväxter*. 2002. Augustenborg Botaniska Takträdgård. Malmö, Sverige.

Cronberg, N. *Mossor på gröna tak*. 2001. Augustenborg Botaniska Takträdgård. Malmö, Sverige.

Hopkins, G. & Goodwin, C. *Living architecture: green roofs and walls*. 2011. Collingwood, Vic.: CSIRO Publications

Dunnett, N. & Kingsbury, N. *Planting green roofs and living walls*. 2008. Portland, Oregon.

Snodgrass, E. C. & McIntyre, L. *The Green Roof Manual. A Professional Guide to Design, Installation, and Maintenance.* 2010

Leverandører : Zinco, Vitalvekst, Veg Tec

Cantor, Steven L. *Green. Roofs in Sustainable Landscape Design* 2008

Adam Paruch, Bioforsk, muntlig meddelt okt 2012.

<http://www.naturligbyggeri.no/majobo/majobo.html>

Kilder til kapittel 8.5 Case studies – modellering av fordrøyningsseffekt

Davies, J., Beven, K, (2012) Comparison of a Multiple Interacting Pathways modell with a classical kinematic wave subsurface flow solution, *Hydrological Sciences Journal*, 57(2) 203-216

French, H.K. and Van der Zee (1999) Field scale observations of small scale spatial variability of snowmelt drainage and infiltration, *Nordic Hydrology*, 30: 166-176

French, H.K., Van der Zee, S.E.A.T.M. and Leijnse, A. (1999) Differences in gravity dominated unsaturated flow during autumn rains and snowmelt, *Hydrological processes* 13, 17: 2783-2800

Jansson, P.-E., Karlberg, L., 2004 Coupled Heat and Mass Transfer Model for Soil-Plant Atmosphere Systems. COUPModel Manual, Land and Water Resources Engineering, Royal Institute of Technology, Stockholm,

Jetten, V. (2002). *LISEM user manual, version 2.x.* Draft version January 2002. Utrecht Centre for Environment and Landscape Dynamics, Utrecht University, The Netherlands. pp48.

Voss, C. I., and Provost, A.M., 2002 (Version of September 22, 2010) **SUTRA**, A model for saturated-unsaturated variable-density ground-water flow with solute or energy transport, U.S. Geological Survey Water-Resources Investigations Report 02-4231, 270 p.

SINTEF er Skandinavias største forskningskonsern. Vår visjon er «Teknologi for et bedre samfunn». Vi skal bidra til økt verdiskapning, økt livskvalitet og en bærekraftig utvikling. SINTEF selger forskningsbasert kunnskap og tilhørende tjenester basert på dyp innsikt i teknologi, naturvitenskap, medisin og samfunnsvitenskap.

SINTEF Byggforsk er et internasjonalt ledende forskningsinstitutt og Norges viktigste formidler av forskningsbasert kunnskap til bygge- og anleggsnæringen. Vi skaper verdier for våre kunder og for samfunnet gjennom forskning og utvikling, spesialrådgivning, sertifisering og kunnskapsformidling. Våre publikasjoner omfatter Byggforskserien, Byggebransjens våtromsnorm, håndbøker, rapporter, faktabøker og beregnings- og planleggingsverktøy.

