

Ombygging til Blågrønne Tak

En undersøkelse av bygningstekniske utfordringer ved å bygge om eksisterende tak til blågrønne tak

Petter Martin Skjeldrum

Bygg- og miljøteknikk

Innlevert: juni 2016

Hovedveileder: Tore Kvande, BAT

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Institutt for bygg, anlegg og transport



Oppgavens tittel: Ombygging til blågrønne tak. En undersøkelse av bygningstekniske utfordringer ved å bygge om eksisterende tak til blågrønne tak.	Dato: 21.06.2016		
	Antall sider (inkl. bilag): 145		
	Masteroppgave		Prosjektoppgave
	X		
Navn: Petter Martin Skjeldrum			
Faglærer/veileder: Tore Kvande			
Eventuelle eksterne faglige kontakter/veiledere:			

Ekstrakt:

På grunn av klimaendringer vil vi i fremtiden måtte forvente å se økt nedbørsmengde- og intensitet. Dette vil, i kombinasjon med urbanisering og fortetting, kunne føre til at vann- og avløpssystem i norske byer blir overbelastet. En løsning på problemet kan være overvannshåndtering med blågrønne løsninger, hvor man infiltrerer vann til grunn. En blågrønn løsning, er å bruke vegetasjon på tak både på ny og gammel bebyggelse. Denne masteroppgaven har som hensikt å undersøke om det finnes bygningstekniske utfordringer knyttet til ombygging av tak til blågrønne tak.

Dette gjøres ved studie av case-tak, semi-strukturelle intervjuer av erfarne aktører i byggebransjen, undersøkelser av sjekklister for bygningsteknisk/fysisk prosjektering fra rådgivende ingeniørfirma, litteraturstudie, samt gjennomgang av SINTEF Byggforskseriens historiske arkiv.

En rekke utfordringer er kartlagt. Særlig fremtredende er problematikken knyttet til lastøkningen et blågrønt tak medfører, ivaretagelse av membran under konstruksjon, ombygging og legging av det blågrønne taket, og betydningen av planleggingen av byggingen. Andre utfordringer inkluderer å være klar over hvilke konstruksjonsmessige endringer som må gjøres ved ombygging til et blågrønt tak, og hvilke av disse endringen som er søknadspliktige. Det knyttes også utfordringer til at det kan ha blitt gjennomført endringer på tak som ikke kommer frem i plantegninger av tak.

Som et resultat av arbeidet er det laget en enkel gjennomføringsmodell for ombygging av blågrønne tak som består av fire delprosesser: behovskartlegging, tilstandsvurdering, konseptutvikling- og evaluering og gjennomføring av selve ombyggingen. Momenter og utfordringer man må ta hensyn til videre er beskrevet i en egen sjekklister for ombygging til blågrønne som ble laget under arbeidet med denne masteroppgaven.

Stikkord:

1. Blågrønne tak
2. Ombygging
3. Bygningsteknikk
4. Sjekklister

(sign.)

FORORD

Denne masteroppgaven ble utarbeidet ved Norges Tekniske-Naturvitenskapelige Universitet (NTNU) i Trondheim våren 2016, og er skrevet ved Institutt for bygg, anlegg og transport (BAT), med fordypning i bygnings- og materialteknikk, i samarbeid med forskningssenteret Klima 2050. Oppgavens omfang er 30 studiepoeng.

Bygging av blågrønne tak er mye i media og man ser at flere kommuner og utbyggere vil bruke eldre bebyggelse til overvannshåndtering med blågrønne takløsninger. Da det ikke har blitt gjort noen studier rundt utfordringer dette kan medføre, ble det derfor aktuelt å undersøke dette nærmere. Som et resultat av dette arbeidet har jeg lært ekstremt mye om tak, Byggforskserien, materialer og blågrønne takløsninger.

Tore Kvande har vært veileder for oppgaven, og jeg vil takke for god veiledning, og for at han alltid tar seg tid til en prat om løst og fast, til tross for en meget full timeplan.

Jeg vil gjerne takke alle som har latt seg intervjuet, og som har brukt av tiden sin til å bidra til oppgaven. I tillegg vil jeg takke mine medstudenter på kontor 1-001 for hjelp, gode innspill, og ikke minst; et fantastisk artig, siste-år på NTNU.

Takk til min gode venn Anders Brun-Pedersen for korrekturlesing og for hjelp med det engelske språket.

En spesiell takk må rettes til Sindre Åberg, som har holdt ut meg på overnevnte kontor de siste dagene. I tillegg har han til stor hjelp ved utarbeidelse av sjekklisten for ombygging til blågrønne tak.

Sist, men absolutt ikke minst, vil jeg rette en stor takk til Line Folvik som har stått på hodet i innspurten for å mate meg, lese korrektur og vaske ut av leiligheten vår i Trondheim. Det hadde ikke vært mulig å fullføre oppgaven uten deg.

SAMMENDRAG

Denne masteroppgaven er skrevet i samarbeid med «Klima 2050», et forskningssenter som søker å utvikle kompetanse innen reduksjon av samfunnsmessig risiko knyttet til klimaendringer. En av de nærliggende klimautfordringene Norge vil kunne stå ovenfor er en økning i nedbørmengde (NOU, 2010). Det er i tillegg ventet en befolkningsfortetting i byene med et tilhørende økt behov for bebyggelse, noe som vil minske eksisterende naturareal der regnvann kan infiltrere fritt ned i grunnen. Dette vil gjøre byene stadig mer avhengig av et allerede tungt belastet avløpsnett (NOU, 2010). Blågrønne tak, definert som tak med levende overflate bestående av plantearter, antas å ha egenskaper som kan bidra til å forsinke og redusere regnvannavrenning, og har derfor blitt fremmet som et potensielt tiltak for å håndtere overvannsproblematikk. I og med at brorparten av bygningmassen som står i dag vil stå i år fremover, må man potensielt bygge om disse takene for å maksimere de antatt positive effektene blågrønne tak kan ha.

Målet med denne oppgaven er derfor å identifisere bygningstekniske utfordringer ved ombygging av tradisjonelle tak til blågrønne takløsninger og utarbeide en sjekklister som ivaretar bygningstekniske hensyn under nevnt ombygging. For å oppnå målet har det blitt gjennomført et litteraturstudie, fem semi-strukturelle intervju av erfarne aktører innen bransjen, overfladisk inspeksjon, og gjennomgang av plantegninger av case-tak (henholdsvis Høgskoleringen 7A, 7B og 8 samt Nydalsveien 30A og B), gjennomgang av det historiske arkivet i Byggforskserien og en gjennomgang av bygningstekniske/fysiske sjekklister fra rådgivende ingeniører. Ut i fra disse kildene ble det dannet en gjennomføringsmodell som består av fire delprosesser: behovskartlegging, tilstandsvurdering, konseptutvikling- og evaluering og selve ombygningen. Dette dannet grunnlaget for en sjekklister, hvor momenter og utfordringer man må ta høyde for er ved ombygging til blågrønne tak er systematisert og utdypet.

Utfordringer som er særlig fremtredende og diskutert er blant annet hva takene tåler av tilleggsbelastning, tiltak når det gjelder ivaretagelse av membran under legging av taket som er særlig sårbar ved ombygging til blågrønt tak. Det kan også være en utfordring å planlegge mottak og legging av vegetasjon ettersom vegetasjon sjelden tåler lagring og forsinkelser over tid. Herunder er det derfor viktig å være klar over hvilke konstruksjonsmessige endringer som er søknadspliktige og ta hensyn til eventuell kommunal behandlingstid. Betydningen av å avdekke om det finnes endringer gjort på takene som ikke kommer frem på tegninger før man bygger om er også påpekt. Arbeidet med denne oppgaven avdekket også flere områder med kunnskapshull som det kan være interessant å studere videre, blant annet valg av takkonstruksjonen under blågrønne tak, og det å tallfeste den eventuelle gevinsten av blågrønne tak mot andre fordrøyningsalternativer.

ABSTRACT

This master thesis is written in cooperation with «Klima 2050», a research center that aims to *strengthen Norway's innovation ability and competitiveness within climate adaptation*. A central challenge to the changing climate, especially in Norway, is that of an increase in rainfall. (NOU, 2010). Furthermore, cities are growing and the need for more housing will encroach on the natural areas in cities where rain can freely disperse into the ground. Subsequently, cities are becoming more and more dependent on an already burdened sewer system. (NOU, 2010) Green roofs, defined as roofs with a living surface consisting of plant life, is presumed to have qualities that can help contain and reduce **regnvannavrenning**. It has thusly been promoted as a potential countermeasure to deal with the problem of **overvann**. Considering that the large majority of buildings standing today will be standing for years to come, the need to rebuild these roofs into green roofs might be necessary to maximize their presumed benefits.

The goal of this thesis is then to identify the technical challenges of rebuilding traditional roofs into **blågrønne** roofs and to design a checklist which attend to technical considerations during said rebuilding. To achieve this goal, several things have been done: a literary study, five semi-structural interviews of seasoned actors within the field, a superficial inspection and review of the floor plan of the case-roof (respectively Høgskoleringen 7A, 7B and 8 as well as Nydalsveien 30A and B), a review of the historical archive in Byggforskserien and an review of technical/physical checklists from advisory engineers. From these sources a model for implementation was created, consisting of four subprocesses: charting needs, conditional evaluation, concept development and evaluation, and the rebuilding itself.

The most notable challenges when rebuilding are, among others; the amount of additional weight the roofs can handle, measures when it comes to preserving the membrane during construction as it is especially vulnerable during the rebuilding into a blågrønt roof, the importance of thorough planning of phases seeing as vegetation can rarely handle storage and delays over time. It follows that being aware of what constructional changes need permits and taking the necessary care regarding turnaround is critical. The importance of uncovering undocumented changes to the roofs before building is also mentioned. Several potential solutions for the challenges are proposed and a designed checklist for use during rebuilding into blågrønne roof is presented. While working on this thesis, several areas where there was a lack of knowledge were uncovered, chiefly among them; the choice of structure below the green roofs, drainage, load capacity of older buildings and quantifying the eventual benefits of green roofs compared to alternative retention solutions.

INNHALDSFORTEGNELSE

Forord.....	i
Sammendrag	iii
Abstract	v
Innholdsfortegnelse	vii
Figurliste	xi
Tabelliste.....	xiii
1 Introduksjon.....	1
1.1 Bakgrunn.....	1
1.2 Mål	2
1.3 Avgrensninger	2
2 Metode	3
2.1 Litteraturstudie.....	3
2.2 Inspeksjon og undersøkelse av case-tak.....	3
2.3 Intervju av relevante aktører	4
2.3.1 Intervju som forskningsmetode.....	5
2.3.2 Intervjuguide og fremgangsmåte.....	5
2.4 Gjennomgang av sjekklister fra rådgivende firmaer	6
2.5 Gjennomgang av Byggforskerseriens historiske arkiv	6
2.6 Utarbeidelse av sjekklister for ombygging til blågrønne takløsninger	7
3 Teoretisk grunnlag.....	9
3.1 Tak - Materialer, typer og konstruksjonsdetaljer.....	9
3.1.1 Materialer og hensyn.....	9
3.1.2 Skrå, luftede tak	14
3.1.3 Kompakte tak	16
3.1.4 Lett-Tak takelementer	20
3.1.5 Oppfôret tretak på dekke av betong.....	22
3.2 Vern, lovverk og ombygging.....	24
3.2.1 Kulturminneloven.....	24
3.2.2 Plan- og bygningsloven	25
3.3 Blågrønne takløsninger.....	26
3.3.1 Ekstensive blågrønne takløsninger.....	27
3.3.2 Semi-intensive blågrønne takløsninger.....	27
3.3.3 Intensive blågrønne takløsninger.....	28
3.3.4 Fordeler og ulemper ved blågrønne takløsninger.....	28
3.3.5 Komponenter i en blågrønn takløsning ifølge BKS 544.823	33
3.3.6 Veiledning og krav til blågrønne takløsninger.....	38
3.3.7 Generelle krav og hensyn ved bygging av blågrønne tak	39
3.3.8 Produksjon av blågrønne tak	41
3.3.9 Fordrøyning og vannlagring i blågrønne tak	42

4	Resultater	47
4.1	Byggforskerien	47
4.1.1	Sammendrag fra Byggforskserien.....	49
4.2	Case-tak.....	50
4.2.1	Høgskoleringen 7A.....	54
4.2.2	Høgskoleringen 7B.....	57
4.2.3	Høgskoleringen 8.....	58
4.2.4	Nydalsveien 30 A og B.....	59
4.3	Intervjuer	63
4.3.1	Kriterier for å gjennomføre en ombygging.....	63
4.3.2	Last	64
4.3.3	Taktekking.....	64
4.3.4	Slukløsning	65
4.3.5	Hvordan bygges det blågrønne taket.....	65
4.3.6	Blågrønne tak som en del av overvannshåndteringen	66
4.3.7	Kunnskapshull om blågrønne tak	66
4.3.8	Holdning til blågrønne takløsninger	67
4.3.9	Forslag til ombygging av case-tak Høgskoleringen 8.....	67
4.4	Gjennomgang av sjekklister fra rådgivende firmaer	68
5	Diskusjon	69
5.1	Kriterier for å gjennomføre en ombygging av tak	69
5.2	Konstruksjon av blågrønne tak. Beskyttelse og kontroll	70
5.3	Taktype.....	71
5.4	Takets kapasitet	72
5.5	Takene i Nydalen	72
5.6	Metodikk for ombygging til blågrønne tak og momenter i sjekkliste	73
5.7	Feilkilder	74
6	Konklusjon	75
6.1	Utfordringer ved ombygging av blågrønne tak.....	75
6.2	Forslag til videre studier	76
6.2.1	Utforming av en anvisning i Byggforskserien om ombygging til blågrønne tak	76
6.2.2	Oppbygging av takkonstruksjon under blågrønne tak.....	76
6.2.3	Slukløsninger.....	76
6.2.4	Eldre byggs lastkapasitet	77
6.2.5	Gevinst ved bygging av og ombygging til blågrønne tak	77
7	Referanser	79
Vedlegg	- 1 -	
Vedlegg A. Masteroppgavetekst	- 2 -	
Vedlegg B. Sjekkliste for ombygging til blågrønne tak.....	- 3 -	
Vedlegg C. Notater fra Byggforskserien	- 11 -	
Vedlegg D. Sammendrag fra sjekklister for prosjektering av tak	- 33 -	
Sjekkliste 1. prosjektering bygningsfysikk eks. energi	- 33 -	
Sjekkliste 2. Prosjektering energieffektivitet	- 33 -	
Sjekkliste 3. Prosjektering av bygningsfysikk - prosedyre.	- 34 -	
Sjekkliste 4. Bygningsfysisk prosjektering overordnet	- 34 -	
Sjekkliste 5. Bygningsfysiske kontrollpunkter	- 34 -	

Sjekkliste 6. Kontroll av detaljtegninger fra arkitekt	- 35 -
Vedlegg E. Transkriberte intervjuer	- 37 -
Vedlegg F. Metode	- 39 -
Intervjuguide	- 39 -
Litteratursøk	- 40 -

FIGURLISTE

Figur 1. Asfalttakbelegg. Helsveising av overlagsbelegget til underlagsbelegget i tolagssystem. Foto: Isola AS	11
Figur 2. Konstruksjonsprinsipper for luftede (kalde) tak med utvendig nedløp (Time, 2007)	15
Figur 3. Illustrasjon av rettvendt tak, omvendt tak og duotak (Noreng, 2007)	16
Figur 4. Oppbygging av rettvendt kompakt tak (Noreng, 2007).....	17
Figur 5. Oppbygging av omvendt kompakt tak (Noreng, 2007).....	18
Figur 6. Forslag til håndtering av avrenning fra flate tak (Geving og Thue, 2002).....	19
Figur 7. Skjøting av Lett-tak-takelementer (Lundesgaard, 2000)	20
Figur 8. Komponenter i Let-tak-takelement (Lundesgaard, 2000)	21
Figur 9. Oppbygging av oppfôret tretak. Prinsippskisse (Kvalvik og Noreng, 2010b)	23
Figur 10. Skjematisk fremstilling av verneordninger i henhold til kulturminneloven (Mørk, 2012)	25
Figur 11. Oppbygging av rettvendt kompakt tak med sedum (Noreng, 2013).....	33
Figur 12. Bauder 20 mm drensmatte med 800 gr/m ² duk. Foto: Bergknapp	37
Figur 13. Eksempler på tiltak mot brannspredning på sedumtak. Løsninger mot sluk, gjennomføringer, tilstøtende konstruksjoner og brannseksjoneringsvegger (Noreng, 2013)	40
Figur 14. Eksempler på lokal håndtering av overvann (Hafskjold et al., 2012).....	43
Figur 15. Avrenning fra forsøktak i Oslo. GT1a og GT2 er tak med bergknapp, henholdsvis et drenert og et udrenert. I tillegg viser figuren et referansetak med asfalttekke (Braskerud, 2014) ..	44
Figur 16. Illustrasjon over forskjellen på "gammel" og "ny" løsning for lufting av tak. "Ny" løsning har kombinert undertak og vindsperre (Mangor-Jensen, 1987).	49
Figur 17. Eksempel på detaljløsning for klemming av membran, og bruk av "trekantlekt" for å lage overgang mellom horisontal og vertikal konstruksjon (Norsk byggforskningsinstitutt, 1972).....	51
Figur 18. Konsept 2. Skisse over mulig plassering av bygg i «campus sør». 1 viser Høgskoleringen 7 A, 2 Høgskoleringen 7 B, 3, Høgskoleringen 8(Spilsberg, 2014).....	52
Figur 19. Oversikt over løsmasser for området Gløshaugen syd (NGU, 2015).....	53
Figur 20. Venstre bilde viser aktsomhetskart over NTNU. Høyre bilde viser Situasjonkart over Gløshaugen syd. skravert område viser område med kvikkleire (Trondheim kommune, 2016c)..	54
Figur 21. Bilde over bærekonstruksjon i påbygget på Høgskoleringen 7A. Foto: Petter Martin Skjeldrum	55
Figur 22. Sluk på tak Høgskoleringen 7A. Foto; Petter Martin Skjeldrum	56

Figur 23. Oversiktsbilde av tak Høgskoleringen 7A, samt bilde av "halvetasje" mot vinduer. Foto; Petter Martin Skjeldrum	56
Figur 24. Bilde av taket på Høgskoleringen 7B. Mekanisk innfestet takfolie nærmest nederst i bilde, ballastert tak helt ytterst, mens annenetasjen til venstre er takfolie med "vakuum"-festing. Foto: Petter Martin Skjeldrum	57
Figur 25. Høgskoleringen 8, Driftssentralen. Foto; Petter Martin Skjeldrum	58
Figur 26. Plantegning for ombyggingen av Høgskoleringen 8, Driftssentralen.	59
Figur 27. Bilde av taket på Nydalsveien 30 A. Foto: Petter Martin Skjeldrum	60
Figur 28. Nydalsveien 30 B, vestre del av taket. Foto: Petter Martin Skjeldrum.....	61
Figur 29. Nydalsveien 30B, taktekking øst. Foto: Petter Martin Skjeldrum.....	62
Figur 30. Modell av prosessen for å gjennomføre en ombygging til blågrønt tak.	73
Figur 31. Massivt tak ventilert mellom isolasjon, påstøp og tekking.....	12 -
Figur 32. Eksempler på forskjellige type tak (Torsæter, 1982)	14 -
Figur 33. Skisse over anbefalt konstruksjon av «oppbevaringsrom» ved knevegger	14 -
Figur 34. Illustrasjon over forskjellen på «gammel» og «ny» løsning for lufting av tak. Eldre hus bygdes gjerne med lufting under undertak, mens ny løsning har kombinert vindsperre og undertak	15 -
Figur 35. Varmeisolasjonsplater med ferdig utfreste riller for gjennomlufting	17 -
Figur 36. Prinsipiell oppbygning av skrått tretak med dampsperre og isolasjon i sin helhet over bærekonstruksjon (Time, 1998)	20 -
Figur 37. Detalj av gesims (parapet) med avretningslaget (Norsk byggforskningsinstitutt, 1958).	26 -
Figur 38. Detalj for oppfôret tak over betong. Forankring av tak (Norges byggforskningsinstitutt, 1966)	28 -
Figur 39. Prinsipiell oppbygning av tretak over betong (Juul og Ramstad, 1980).	29 -
Figur 40. Løsning brukt på 1960- og 1970-tallet. Luftingen skjer gjennom gesimsen, og det mangler skjerming og gesimskasse	31 -
Figur 41. Søkehistorikk i Scopus.....	43 -

TABELLISTE

Tabell 1. Hvordan, og hvor brennbar isolasjon må erstattes eller oppdeles på store, flate tak.	13
Tabell 2. Egenskaper ved ekstensive, semi-intensive og intensive blågrønne tak	27
Tabell 3. Fordeler og ulemper med grønne tak. (Braskerud, 2014)	30
Tabell 4. Oversikt over anvisninger i Sintef Byggforskserien som er gjennomgått	48
Tabell 5. Eksempler på søkeord med oversettelser	- 40 -
Tabell 6. Beskrivelse av et utvalg søkemotorer og databaser	- 42 -
Tabell 7. Evalueringskriterier. Hentet fra www.ntnu.no/viko	- 44 -

1 INTRODUKSJON

1.1 BAKGRUNN

Denne oppgaven er skrevet som et ledd i forskningsprosjektet «Klima 2050». Klima 2050 har som mål å «styrke Norges innovasjonsevne og konkurransekraft innen klimatilpasning». Med dette vil Klima 2050, som er finansiert av Norges forskningsråd og partnere i konsortiet, redusere samfunnsmessig risiko forbundet med klimaendringer, økt nedbør og flomvann (Klima 2050).

Norge må i fremtiden forvente å få økt gjennomsnittlig årsnedbør, og muligens en dobling av dager med store nedbørsmengder i store deler av landet (NOU, 2010). I tillegg vil det trolig bli en befolkningsfortetting av byer som en følge av urbanisering og innvandring. Dette fører til at det eksisterende naturarealet, hvor regnvann kan infiltrere ned i grunn, minsker og at regnvannet treffer i stedet ugjennomtrengelige overflater. Konsekvensene av alt dette er at stadig mer av regnvannet i byene må føres bort ved avløp (NOU, 2010).

Som en del av løsningen på overvannsproblematikken i byer har flere sett til grønne takløsninger som et alternativ. Definisjonen av grønne tak til Scandinavian Green Roof Institute er «*A green roof is a living surface of plants growing on top of a roof*» (Scandinavian Green Roof Institute, 2014). Dette kan grovt oversettes til at grønne tak er definert som en levende overflate bestående av plantearter som vokser på tak. Grønne tak antas å ha egenskaper som kan bidra til å forsinke og redusere avrenning av regnvann, som kan bidra til å avlaste et allerede tungt belastet avløpsnett. Dermed betegnes de også som blågrønne tak (Noreng et al., 2012), som også vil være betegnelsen på taktypen i denne oppgaven. Det finnes eksempler på at blågrønne tak allerede er tatt i bruk som tiltak for å redusere flom. København har innført påbud om grønne tak på over 50 % av alle tak, og Oslo kommune har regulert og påkrevd blågrønne tak i noen bydeler, og vurderer også å innføre nye påbud (Seehusen, 2013).

For å maksimere de positive effektene man antar blågrønne tak kan ha i byområder, må man ta i bruk eksisterende bebyggelse. Dette betyr at man må rehabilitere, eller bygge om de eksisterende, tradisjonelle takene til blågrønne takløsninger. Aktører i byggebransjen ser allerede på muligheten for å gjennomføre slike ombygginger og det er derfor ikke usannsynlig at man vil se slike ombygginger framover (Nylund, 2016). Denne oppgaven vil derfor se på utfordringer ved å rehabilitere eldre bygningsmasse med grønne tak, som igjen kan danne grunnlaget for utarbeidelse av en sjekklister som sikrer på å ivareta bygningstekniske hensyn under ombygging.

1.2 MÅL

Målet med oppgaven er å identifisere bygningstekniske utfordringer ved ombygging av tradisjonelle tak til blågrønne tak. Studien skal danne grunnlag for utarbeidelse av en veileder/sjekkliste for ombygging til blågrønne tak.

1.3 AVGRENSNINGER

Masteroppgaven vil avgrenses til å fokusere på bygningstekniske utfordringer ved ombygging med blågrønne tak. Det blir dermed lite fokus på de blågrønne takenes antatte positive egenskaper og grunner til at man bygger disse. I tillegg vil det ikke legges like stor vekt på statiske beregninger og dimensjonering av laster på byggene, da dette er et hensyn som må tas under ombygging uavhengig av taktype og alder på taket.

Under gjennomgang av historiske anvisninger i SINTEF Byggforskserien er det forsøkt å begrense tematikken til tak og ulik takteking, med størst fokus på kompakte tak og asfalt- og folietakteking. Naturstein og takstein av tegl er ikke behandlet. Byggforskseriens anvisninger er forbedret og utvidet over 60 år, og for å følge opp en serie, eller et tema, over disse årene vil man måtte gå igjennom mange anvisninger.

I tillegg begrenses oppgaven ved kun å bruke byggene gitt i listen i kapittel 0 som eksempelbygg, og det fokuseres derfor i større grad på taktypene tilknyttet disse byggene.

Det har blitt utført et begrenset antall intervjuer med entreprenør, arkitekt, rådgiver, eiendomsutviklere og forsker. Resultatet er at svarene er subjektive, og det kan derfor ikke presenteres noe kvantitativ data som følge av dette.

2 METODE

For å oppnå målet med oppgaven, som er å identifisere bygningstekniske utfordringer ved ombygging av tradisjonelle tak til blågrønne tak og utarbeide sjekklister på emnet, har det blitt tatt i bruk flere tilnæringsmetoder. Dette kan kalles datatriangulering (Mathison, 1988). Arbeidet med oppgaven i sin helhet inkluderer blant annet et litteraturstudie, flere intervju av erfarne aktører innen bransjen, gjennomgang av det historiske arkivet i SINTEF Byggforskserien, gjennomgang av bygningstekniske/fysiske sjekklister fra rådgivende ingeniører, overfladisk inspeksjon og studie av et utvalg case-tak. Å bruke en bredde av datakilder er med på å styrke validiteten og troverdigheten til forskningsfunnene (Mathison, 1988).

Hver enkelt del har hatt sin egen arbeidsmetode som vil bli presentert i dette kapittelet. Til slutt i kapittelet vil også metoden for utarbeidelse av selve sjekklisten for ombygging til blågrønne takløsninger bli presentert.

2.1 LITTERATURSTUDIE

Som en del av prosjektoppgaven skrevet høst 2015 ble det gjennomført et litteraturstudie tilknyttet grønne tak og blågrønne takløsninger. Dette har gitt et godt utgangspunkt for videre studie og danner grunnlaget for teorikapittelet som kan finnes i del 3. Fremgangsmåte for litteraturstudiet finnes i vedlegg F, og beskriver noe av fremgangsmåten for å finne relevant litteratur om temaet. Den samme metodikken har blitt overført til søk som måtte gjøres til denne oppgaven. I tillegg har særlig SINTEF Byggforsks Kunnskapssystemer blitt tatt i bruk. Dette har igjen dannet utgangspunkt for flere litteraturfunn.

2.2 INSPEKSJON OG UNDERSØKELSE AV CASE-TAK

For å undersøke mulighetene for å gjøre om et utvalg av takene på campus Gløshaugen, NTNU til blågrønne tak, har det blitt tatt utgangspunkt i tre forskjellige bygg. Hovedårsaken til at disse tre er valgt er at NTNU har et campusprosjekt hvor det er utredet ett alternativ om å bygge ut campus i det de kaller *kompakt retning sør* (Spilsberg, 2014). Hvis dette gjennomføres vil det medføre en fortetting av bebyggelsen rundt den sørlige delen av campus Gløshaugen. Dermed kan det fort bli aktuelt å måtte se nærmere på overvannshåndteringen i området, hvor blågrønne takløsninger kan bli en del av løsningen. I tillegg er disse takene lett tilgjengelig for inspeksjon og er konstruert på noe forskjellige måter (beskrives nærmere i kapittel 4.2) som gjør byggene til gode utgangspunkt for diskusjon rundt utfordringene og mulighetene ombygging av tak vil medføre. Takene på campus Gløshaugen som har blitt studert er:

- Høgskoleringen 7A
- Høgskoleringen 7B
- Høgskoleringen 8A

I tillegg har eier av tak gitt tillatelse til å bruke to tak i Nydalen i Oslo som utgangspunkt for diskusjon. Disse takene er:

- Nydalsveien 30A
- Nydalsveien 30B

For å finne informasjon om bygg anbefaler Grøttheim (2009) i Byggforskserien anvisning «620.016 *Større tiltak i eksisterende bygninger. Planlegging og utførelse*» å gjøre forundersøkelser for å kartlegge rammene bygningene gir for eventuelle tiltak. Mulighetene for å åpne opp konstruksjonene for å kontrollere case-takene har vært begrenset, så det har i stedet blitt gjennomført samtaler med driftspersonell og bygningsansvarlige. I tillegg har tegningsgrunnlag og statiske beregninger for noen av byggene blitt funnet og gjennomgått på Trondheim Byarkiv, men det har ikke vært mulig å oppdrive dette for alle. Derfor baserer noen av opplysningene seg på antakelser basert på egne observasjoner. Observasjonene ble gjort ved overfladisk inspeksjon av de aktuelle takene og det har blitt sett etter typiske mangler listet av Geving og Thue (2002) i «*Håndbok 50 - Fukt i bygninger*», som inneholder momenter man kontrollere i taktekkingen ved inspeksjon. Dette inkluderer alt fra om skjøter i taktekkingen er tette, til om sluk og beslag er i orden.

2.3 INTERVJU AV RELEVANTE AKTØRER

For å identifisere utfordringer knyttet til ombygging av tak, ble det gjennomført fem intervjuer med aktører som har kompetanse om blågrønne tak og/eller erfaring med bygging av dem. Til sammen var det 8 intervjudeltakere, med bakgrunn i arkitektur, rådgivende ingeniør bygningsfysikk og konstruksjon, prosjektleder for entreprenør, forsker, samt eiendomsforvaltere.

Det ble tenkt at å bruke et av byggene som «case-eksempel» kunne danne grunnlag for interessante diskusjoner og refleksjoner. Høgskoleringen 8 ble dermed brukt i diskusjon, men mest i intervju med rådgivere, entreprenør og arkitekt. Dette bygget ble valgt fordi det har et skrått saltak med asfalt taktekking, og en rekke andre egenskaper som gjør det interessant for en ombygging. Ut av dette kunne det muligens trekkes observasjoner som kan overføres til andre bygg og prosjekt, eventuelt generelle slutninger. Høgskoleringen 8 vil bli presentert nærmere i kapittel 0.

2.3.1 INTERVJU SOM FORSKNINGSMETODE

Da hensikten med oppgaven er avdekke utfordringer og muligheter tilknyttet ombygging til grønne tak ble intervju ansikt-til-ansikt av ulike aktører innen bransjen utført. Det ble brukt en semi-strukturell intervjuform som hadde utgangspunkt i utvalgte case-tak og tilpasset det enkelte intervjuobjekt for å dra nytte av deres individuelle erfaringer. Intervjumetodikken brukt i denne oppgaven går inn under kvalitativ forskningsmetode. Kvalitative forskningsintervju er hovedsakelig delt opp i to; intervju som informasjonsinnhenting inspirert av positivistisk tenkning og intervju som meningskonstruksjon inspirert av postmodernistisk tenkning, hvor førstnevnte kjennetegner intervjuene i denne oppgaven. I motsetning til kvantitative intervju så former ikke resultatene av kvalitative intervju rene målbare data, men gir eksplorerende data forskeren samler og gir mening. Det er brukt en strategisk utvalgsmetode der intervjuobjektene er valgt etter deres erfaring med grønne tak i ulike deler av bransjen (Dalland, 1993).

Det ble gitt informert samtykke fra samtlige intervjuobjekt. Av hensyn til konfidensialitet og anonymisering og av intervjuobjektene er arbeidssted og andre personopplysninger ikke offentliggjort eller vedlagt i denne oppgaven. Ønsker man å be om tilgang til de transkriberte intervjuene, eller opplysninger om intervjuobjektene, ta kontakt med Tore Kvande på [tore.kvande\(at\).ntnu.no](mailto:tore.kvande(at).ntnu.no)

2.3.2 INTERVJUGUIDE OG FREMGANGSMÅTE

Når det skal gjennomføres intervju må det gjennomføres en rekke forberedelser. Dalland (1993) lister en rekke punkter man må kjenne til, men de viktigste er muligens «*vite hva den kvalitative forskningsmetoden er, hvordan du kan gå frem for å finne egnede intervjupersoner, vite hva intervjupersonene burde ha av informasjon på forhånd og hvordan du kan ivareta informert samtykke, anonymitet og taushetsplikt, kunne utforme intervjuguide med utgangspunkt i egen problemstilling*» (Dalland, 1993, s.152). Videre listes det punkter om hvordan man kan gjennomføre, analysere og vurdere intervjuet.

Det ble bestemt å intervju aktører fra forskjellige deler av byggebransjen for å få et mer variert datagrunnlag. Arkitekter, prosjekterende, utførende, forsker og utbyggere ble intervjuet. Kontakt med aktørene ble gjort gjennom egne henvendelser og ved hjelp av prosjektarbeidere i Klima 2050.

Som nevnt ble Høgskoleringen 8 brukt i intervjuene for å ha et håndfast eksempel å diskutere rundt. Tegningsgrunnlag og tilstrekkelig informasjon om bygget måtte dermed ligge til grunn for at deltakerne skulle ha anledning til å reflektere og drøfte eventuelle muligheter og problemer

knyttet til ombyggingen. Andre forutsetninger som ble ansett for å være relevant, og som dermed måtte ligge til rette for var for eksempel:

- Byggeår
- Lastøkning som følge av det grønne taket
- Hvilke muligheter de har til å endre bygget
- Fokus på tilleggslaster? Skal man gi dem f.eks 5 kN/m²? Trenger muligens ikke dette.
- Varighet på intervjuet
- Maks antall deltakere; 2-3
- Intervjumal

Med grunnlag i problemstillingen ble det laget en intervjuguide. Intervjuguiden skal være en hjelp for å sikre at man får informasjon som samsvarer med problemstillingen. Noen spørsmål blir stilt til alle intervjuobjektene, men siden deltakerne har forskjellig faglig og profesjonell bakgrunn, ble spørsmålene justert deretter. For eksempel har en arkitekt og en bygningsfysiker ulikt perspektiv på hva som kan være utfordrende med en ombygging, noe som krever at man både er fleksibel og forberedt på å måtte tilpasse spørsmålene underveis (Yin, 2014). Eksempel på intervjuguide finnes i vedlegg F .

2.4 GJENNOMGANG AV SJEKKLISTER FRA RÅDGIVENDE FIRMAER

Sjekklistene ble gitt av to rådgivende firmaer som spesialiserer seg på bygningsteknisk- og fysisk prosjektering. Totalt ble seks sjekklister gjennomgått, og det ble tatt notater av disse som finnes i vedlegg D

Under gjennomgangen ble det sett etter elementer som kunne gjenbrukes i en sjekklister for ombygging av blågrønne tak. Samtidig var det interessant å se hvilke momenter de ulike firmaene la vekt på, og inkluderte i sjekklister sine.

2.5 GJENNOMGANG AV BYGGFORSKSERIENS HISTORISKE ARKIV

Byggforskseriens første anvisninger ble lansert i 1958. 35 anvisninger, eller lølblader, ble solgt gjennom abonnement eller enkeltvis. Serien ble etablert etter at Norges Teknisk-Naturvitenskapelig Forskningsråd ønsket å øke og fremme forskning på bygg i Norge. Målet var å sørge for at resultater fra byggforskning ble kjent i Norge, samtidig som man skulle samarbeide med myndigheter og organisasjoner for å sørge for at forskningen ble nyttiggjort. Et av resultatene fra denne satsningen var altså Byggforskserien, som lever i beste velgående den dag i dag (SINTEF Byggforsk, 2008).

SINTEF Byggforskseriens historiske arkiv ble gjennomgått for å danne et bilde av hvordan tak er konstruert i etterkrigstiden, hvilke materialer man brukte, og om dette kan skape utfordringer ved ombygging. Det ble først besluttet å se på anvisninger relevant for tak og ombygging. Etter hvert som omfanget ble større, ble det kun lagt vekt på anvisningene knyttet til tak, mens ombygging og utbedring heller ble inkludert som egne deler i teorikapitlene ved behov.

Videre er Byggforskseriens arkivert etter årstall de har vært i bruk samtidig som det blir oppgitt i utgåtte anvisninger i hvilken anvisning temaet er videreført i. Dermed ble det greit å manøvrere seg frem i arkivet, men temaer som tidlig i serien ble viet ett, eller to blader, ble etter hvert viet 3-4 nye. Det betyr anvisningene temaer grener seg ut i et slags «slektstre», hvor anvisningene i 1958 er «stamfedrene». I tillegg har nye temaer dukket opp igjennom tidene, som kan komplisere søket ytterligere. Det kunne derfor til tider være kaotisk å «følge» ett tema, men det er i hvert fall gjort et forsøk på dette.

Det ble notert fra anvisningene, noe som kan finnes i vedlegg C. Dette dannet grunnlaget for forsøket på å se utviklingen i byggeteknikk knyttet tak, og det ble sett etter endringer i detaljer, løsninger og materialbruk. Dette er oppsummert i kapittel 0.

2.6 UTARBEIDELSE AV SJEKKLISTE FOR OMBYGGING TIL BLÅGRØNNE TAKLØSNINGER

Et mål i oppgaven er å bruke kunnskapen tilegnet igjennom litteraturstudie og gjennomgang av Byggforskserien, sammen med informasjonen hentet fra intervjuene til å danne en sjekklister med viktige hensyn man må ta ved ombygging til blågrønne tak. Dette medførte at sjekklister måtte utarbeides etter at resultatene og diskusjonen var gjennomført. På denne måten ville det være lettere å få en oversikt over funnene.

For å gjøre sjekklister oversiktlig ble prosessen med å ombygge tak til blågrønne tak delt inn i fire delprosesser: behovskartlegging, tilstandsvurdering, konseptutvikling- og evaluering og selve ombyggingen. Dette utgjør oppsummerer prosessen, og biproduktet av arbeidet var en enkel modell som viser de forskjellige delprosessene man må igjennom ved ombygging. Hver av delprosessene ble tildelt en spesifikk farge i sjekklister for å gjøre det enkelt å se i hvilken delprosess man arbeider i.

Videre består hver enkelt prosess av en del kontrollpunkter, som er forslag til utfordringer man burde adressere, men også forslag til kontrollspørsmål som burde stilles ved tilstandsvurdering, før

valg av takløsning, og under utførelsen av ombyggingen. Dette er altså innholdet i sjekklisten. Oppbygging av sjekklisten er bedre beskrevet i kapittel 5.6, og sjekklisten finnes i vedlegg B.

3 TEORETISK GRUNNLAG

For å finne utfordringer med å konstruere blågrønne tak på eksisterende bebyggelse, må man først vite noe om konstruksjonene de bygges på. I dette kapitlet kalt «Teoretisk Grunnlag» vil derfor teori om ulike takkonstruksjoner, blågrønne takløsninger bli presentert. I tillegg vil man også måtte forholde seg til de lover og forskrifter som gjelder ved ombygging. Dermed er det også inkludert et kapittel som beskriver noen sentrale begrep i ombygging, samt lover og forskrifter knyttet til dette.

Videre skal dette kapitlet skal danne grunnlag for diskusjon rundt bygningstekniske utfordringer ved ombygging av tak.

3.1 TAK - MATERIALER, TYPER OG KONSTRUKSJONSDETALJER

Blågrønne takløsninger kan bygges på både flate tak og skrå tak (Noreng, 2013, Standard Norge, 2015). Dette er også utgangspunktet for oppgaven; at blågrønne takløsninger kan bygges på de fleste takformer så lenge taket tåler lastene. Derfor vil dette kapitlet ta for seg noen av de mest grunnleggende bygningstekniske prinsippene ved et knippe utvalgte takløsninger, samt krav og anbefalinger til fuktsikring og brannsikkerhet. Det er også viktig å vite noe om materialene som brukes i tak, og noen av de vanligste materialsjiktene vil være det første som gjennomgås.

Generelt kan man dele inn tak i to typer; varme og kalde tak. De varme takene er ofte kompakte tak og er ikke luftet under tekningen. Dette medfører at de kan ha flatere takvinkel, men at de må ha innvendig nedløp for regn og smeltevann da det er det kan bli varmegjennomgang og snøsmelting om vinteren. Kalde tak har lufting. Dette er for å forhindre at snø ikke smelter på takflaten når det er temperaturer under frysepunktet, for å fryse i nedløp (Edvardsen og Ramstad, 2006).

3.1.1 MATERIALER OG HENSYN

3.1.1.1 Krav til isolasjon på tak

Isolasjon vil være en viktig del av taket i et kaldt klima uavhengig om det bygges et normalt tak eller et grønt tak. Derfor er det tatt med noen generelle krav og hensyn til isolasjon. Isolasjonens hensikt er å redusere varmetapet igjennom taket. Ved å bruke et materiale med lav varmekonduktivitet, vil transmisjon og konveksjon av varme igjennom isolasjonen reduseres. Vanlige produkter er GLAVA mineralull, eller ROCKWOOL steinull (GLAVA Isolasjon, 2016, Rockwool, 2016).

Krav for U-verdi¹ skal ifølge TEK10 være 0,13 W/(m²K). Som med andre bygningsdeler, kan dette kravet fravikes hvis man kan vise til at andre energiltak kompenserer for økt energibehov (Byggeteknisk forskrift, 2015).

Isolasjonen for kompakte tak må også kunne tåle trykk. Taket må kunne gås på ved inspeksjon, samtidig som det må tåle snølast og liknende. Isolasjon som ligger over membran må også være motstandsdyktig mot fukt, da vann renner forbi eller igjennom isolasjonen på vei ned mot membranen. Bruker man isolasjon som tar opp vann, som for eksempel mineralull, vil U-verdien i taket kunne reduseres (Time, 2007, Geving og Thue, 2002)

3.1.1.2 Dampsperre

Betegnelsen dampsperre brukes om materialer med stor motstand mot fuktdiffusjon (fuktgjennomtrenging). Dampsperrers funksjon er å sikre at innvendig fukt ikke beveger seg inn i isolasjonen og kondenserer, og brukes i dag i de fleste konstruksjoner (Geving og Thue, 2002). Ofte gis materialer en s_d -verdi som forteller hvor tykt et stillestående luftlag må være for å ha samme vanndampmotstand som materialsjiktet. For eksempel, hvis en dampsperre har en s_d -verdi lik 40 m, forteller dette oss at dampsperreren har en motstand mot fuktdiffusjon tilsvarende 40 meter med stillestående luft (Geving og Thue, 2002).

For omvendte kompakte tak er dampsperreren og membranen i noen tilfeller kombinert, i og med at membranen ligger på undersiden av isolasjonen, direkte på betongdekket (Time, 2007). SINTEF Byggforsk anbefaler å bruke 0,2 mm tykk polyetylenefolie (PE-folie) eller bedre. Andre løsninger kan være sveist asfalttakbelegg med sveisede skjøter. Uavhengig av taktype og takform så anbefales det som regel dampsperrer i nye bygg. Tommelfingerregelen er uansett at dampsperreren legges på «varm» side av konstruksjonen for å unngå at det oppstår kondens.

Det skal nevnes at det i dag finnes «smarte» dampsperrer, som endrer sin s_d -verdi avhengig av relativt fuktinnhold. Dette åpner for nye muligheter ved plassering og bruk av dampsperreren (Isola, 2016b).

¹ U-verdi er varmegjennomgangskoeffisienten. Dette beskriver hvor varmeisolerende et materiale er, og angir mengde energi som passerer gjennom en kvadratmeter materiale ved en temperaturforskjell på en grad. (W/m²K). En liten U-verdi vil si at lite varme passerer igjennom materialet NTNU - SINTEF 2007. *Enøk i bygninger. Effektiv energibruk*, Gyldendal Undervisning.

3.1.1.3 Takmembran/Taktekking

Takmembran, eller taktekkingen er betegnelsen som brukes om takets konstruksjonsdel som skal hindre vann i å trenge inn i den underliggende konstruksjonen. Dette kan for eksempel gjøres med et tolags asfalttakbelegg eller 1,5-2,0 mm tykk takfolie, men også med takstein, takshingel eller impregnerte bord. For de sistnevnte, som ikke er like motstandsdyktig mot gjennomtrengning av vann, bruker man gjerne «to-trinnstetting». Det vil si at takkonstruksjonen er luftet i kanaler, med et undertak som også er delvis vanntett eller motstandsdyktig mot vann (Geving og Thue, 2002).



Figur 1. Asfalttakbelegg. Helsveising av overlagsbelegget til underlagsbelegget i tolagssystem. Foto: Isola

For asfaltbelegg finnes det en rekke produkter på markedet. Icopal, Isola og Bauder er noen eksempler (Bauder, 2016, Isola, 2016a, Icopal, 2016). Det finnes flere varianter og typer asfaltbelegg, men fellesnevneren er at det er en «stamme» som fungerer som armering, som blir belagt med asfalt på begge sider. Produktet leveres som regel på rull med en bredde på 1 m, lengde mellom 7 og 12 m, og en tykkelse mellom 2,5 og 5,0 mm. Vekten av produktene varierer avhengig av tykkelse, men er mellom 2,5 og 6,0 kg/m² (Noreng, 2011a).

Tidligere takmembraner ble gjerne kalt «takpapp», og er et begrep som går igjen i de eldre anvisningene i Byggforskserien om takbelegg/taktekking. Dette er asfaltbelegg, men som navnet tilsier ble det laget av resirkulert papir, papp og tekstiler som ble hugget opp i uniforme biter, tørket, fuktet igjen presset til et papp-produkt. Deretter ble det trukket og impregnert i bitumen (asfalt) og strødd med sand (Fürst, 1932).

For at membranen ikke skal løsne som følge av vind, må man forankre, eller feste membranen. Her har man flere alternativer. Man kan feste belegget mekanisk, sikre det med ballast eller klebe membranen direkte til underlaget. Mekanisk innfesting baserer seg på å forankre membranen med skruer eller bolter i bærekonstruksjonen. Ballastering går ut på å bruke last til å holde nede membranen, ved bruk av for eksempel grus og stein (Noreng, 2011a). Klebing gjøres enten ved å smelte varm asfalt til underlaget, men i senere tid har man også tatt i bruk kaldklebing. Dette anbefales ikke i Byggforskserien, men leverandøren Icopal har nå produkter som klebes, og som skal fungere tilstrekkelig (Noreng, 2014, Icopal, 2016).

En annen type takbelegg er takfolie. Dette er takbelegg av plast eller gummi. Takfolie skal tjene samme hensikt som asfaltbelegg, og festes på samme måte som asfaltbelegg. I tillegg har man noe som heter «vakuuminntesting». Dette er en metode hvor ventiler konstruerer undertrykk under selve taktekkingen når det blåser, som «trekker» taktekkingen ned mot underlaget. Denne innfestingsmetoden er for øvrig testet på Høgskoleringen 7B (Noreng, 1998).

All taktekking er også utsatt for nedbør og UV-stråling, noe som over tid vil bryte ned materialet. Dette kan føre til at takbelegg som asfaltakbelegg og folie blir sprø, krymper eller utvider seg, noe som igjen kan føre til rifter, blærer og andre skader (Silseth et al., 2012).

For blågrønne takløsninger er det av stor betydning at ikke takmembranen brytes ned av røttene til vegetasjonen. Det finnes produkter som har tilstrekkelig motstand mot gjennomtrenging av røtter, men i noen tilfeller må rotsperre brukes (Noreng, 2013). Mer om dette i kapittel 3.3.5.6

3.1.1.4 Migreringssperre

I noen tilfeller brukes det et migreringssperre/seperasjonssjikt for å forhindre at «kjemiske uforenlige» materialer som brukes i taket får kontakt. Det finnes stoffer i noen plastmaterialer (PVC) som brukes på tak som kan vandre over og bryte ned polystereneller asfalt. Sperresjiktet kan f. eks. bestå av en glassfilt eller polysterfilt (Time, 2007, Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau, 1982)

3.1.1.5 Branntekniske hensyn på tak

Krav til brannmotstand for de ulike bygningsdelene og konstruksjon er gitt i Byggeteknisk forskrift med veiledning (TEK 10) og følger felles Europeiske brannklasser. Kravene vil dermed variere med tanke på hva slags oppbygging man velger, og etter hvilke brannklasse som er påkrevd. Brannklassen defineres etter hvor stor konsekvens en eventuell brannspredning vil få med tanke på liv, helse, sikkerhet og økonomi (Byggeteknisk forskrift, 2015).

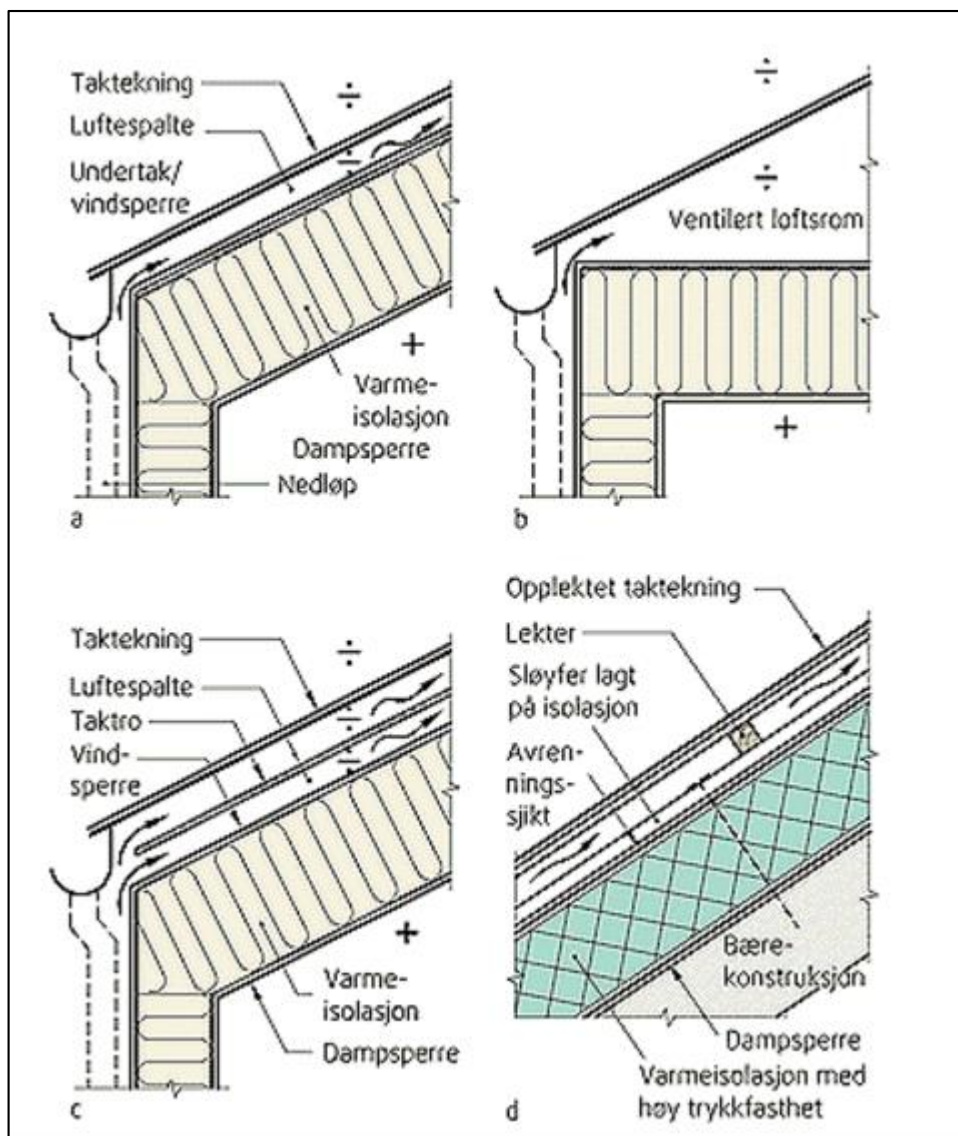
Når det gjelder isolasjonsmaterialer beskriver Noreng (2007) at disse som hovedregel må være ubrennbare, men at brennbar isolasjon kan brukes hvis de enten er tildekket eller oppdelt i arealer på høyst 400 m². I tabell 1 er det listet opp noen tiltak, og hvordan og hvor man må implementere disse.

Tabell 1. Hvordan, og hvor brennbar isolasjon må erstattes eller oppdeles på store, flate tak.

Tiltak	Mulige løsninger
Oppdeling av isolasjon	<ul style="list-style-type: none"> - Maks 400 m² brennbar isolasjon - Deles opp med minimum 2,4 m brede felter med ubrennbar isolasjon - Ingen oksygentilgang fra undersiden
Brennbar isolasjon må erstattes i bredde 600 mm	<ul style="list-style-type: none"> - Mot parapet/gesims eller fasade av brennbare materialer - Rundt alle gjennomføringer - Ved takoppbygg - Der det kan forekomme åpne spalter

3.1.2 SKRÅ, LUFTEDE TAK

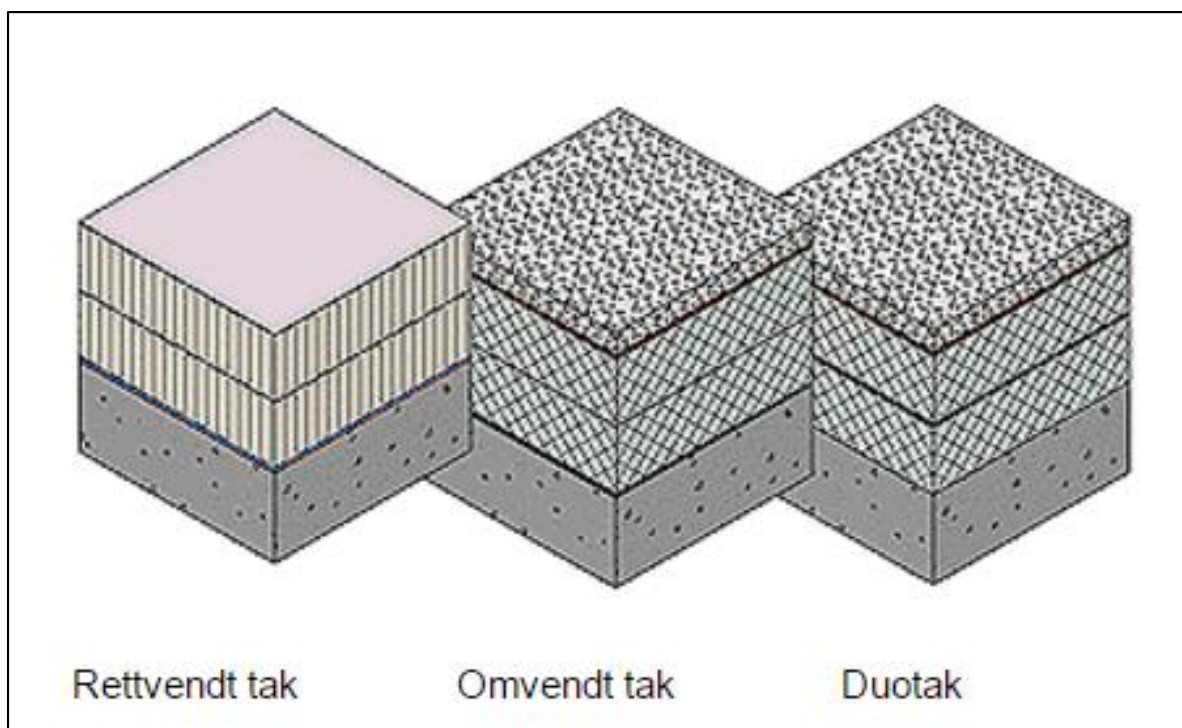
I følge Edvardsen (2016) i byggforskanvisning 725.012. *Bærekonstruksjoner av tre for tak i eldre boligbygninger*, har takkonstruksjoner av tre med helning vært veldig vanlig i bygårder og boligbygninger fram til 1930. Vanlige takformer i Norge ifølge Edvardsen og Ramstad (2006) er saltak, valmtak, halvvalm, pultak, og flate tak, eller varianter av disse. En rekke eldre bygårder i mur ble bygget med skrå takkonstruksjoner over kalde loft, men da som regel med saltak eller pulttak (Bøhlerengen, 1996). Disse konstruksjonene er gjerne luftede, kalde tak som nevnt tidligere. Forskjellige typer lufting vises i Figur 2. Her er a. tak med varmeisolasjon i takflatene og kombinert undertak og vindsperre. B viser tak med kaldt loftsrom, c er tak med varmeisolasjon i takflatene og lufting mellom isolasjon og vindsperre og undertak. D. er tak med varmeisolasjon som er lagt på oversiden av takkonstruksjonen. Disse takene brukes gjerne for mindre bygg for å sikre at de luftingen fungerer. For større tak bruker man gjerne kompakte tak med innvendig avløp beskrevet i kapittel 0 (Time, 2007). Felles for alle takene, som også kan sees i Figur 2, er at det må bygges med dampsperre og tilstrekkelig isolasjon. Man er opptatt av at det ikke skal være varmegjennomgang i taket, derfor må dampsperrer og vindsperrer være tette og klemmes med lekter. Hvis det oppstår varmegjennomgang, skal det være tilstrekkelig lufting, slik at snø som ligger på taket i vinterhalvåret ikke smelter, renner mot den utvendige nedløpene og fryser når de kommer i kontakt med kaldere luft (Geving og Thue, 2002).



Figur 2. Konstruksjonsprinsipper for luftede (kalde) tak med utvendig nedløp (Time, 2007)

3.1.3 KOMPakte TAK

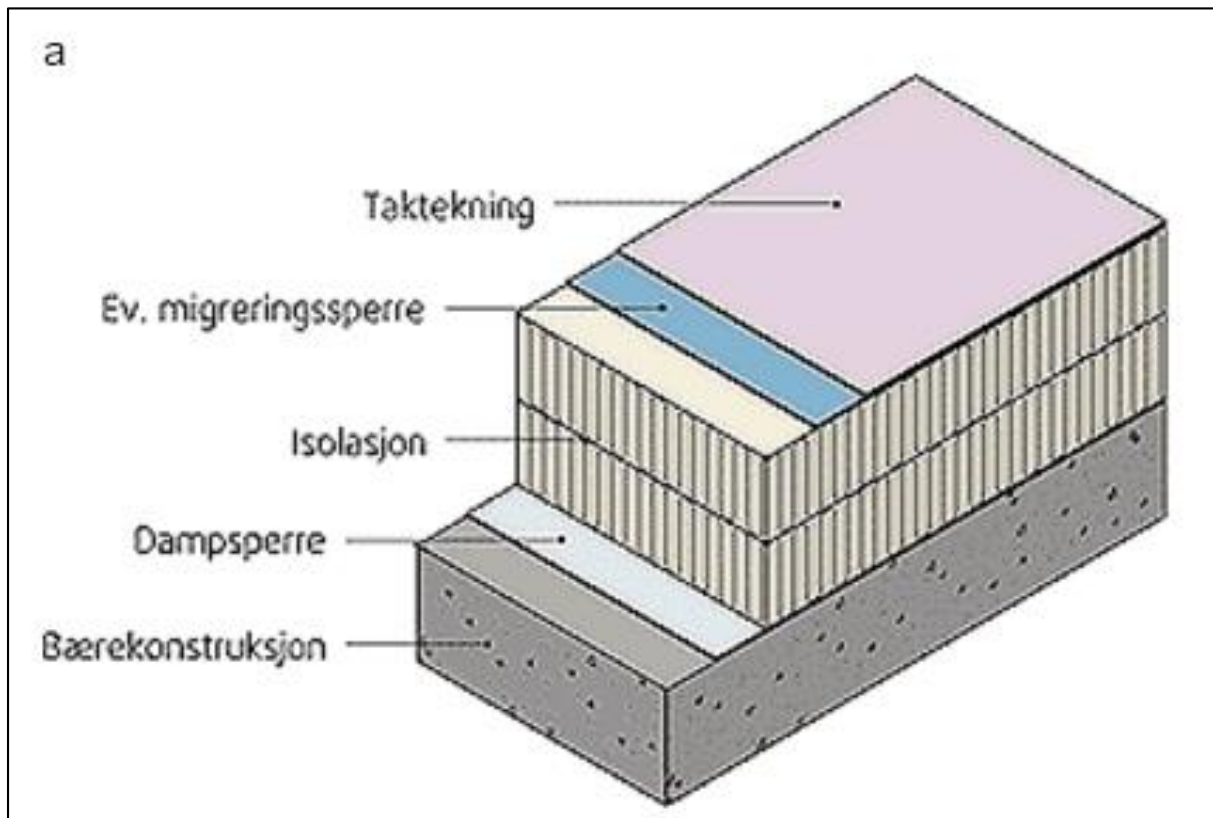
Kompakte tak er en betegnelse som brukes om tak hvor bærekonstruksjonen ligger i bunn. Kompakte tak deles gjerne inn i tre typer. Rettvendte tak, omvendte tak og duotak. (Noreng, 2007). Prinsippene vises i Figur 3, Figur 4 og Figur 5. Den største forskjellen mellom disse takene er at det omvendte taket har den vanntette membranen direkte på bærekonstruksjonen, istedenfor at den ligger over isolasjonen som på rettvendt tak. Konsekvensene av dette er at man for omvendt tak må ha helning på selve bærekonstruksjonen for å håndtere overvann. Duotak er «mellomtingen» hvor membranen er i midten (Geving og Thue, 2002). **Feil! Fant ikke referanseilden.** viser sjiktoppbyggingen i omvendt kompakttak og duotak. Felles for alle takene er isolasjon, dampsperre og at det inneholder en form for taktekkning, som er materialsjikt som blir diskutert i kapittel 3.1.1. For større bygg anbefales i dag kompakte tak. Dette fordi tilstrekkelig lufting på store takflater fort blir vanskelig å oppnå (Time, 2007). Dermed gjelder de samme byggeskikkreglene for grunnkonstruksjonen av blågrønne tak, som for kompakte flate tak med taktekkning.



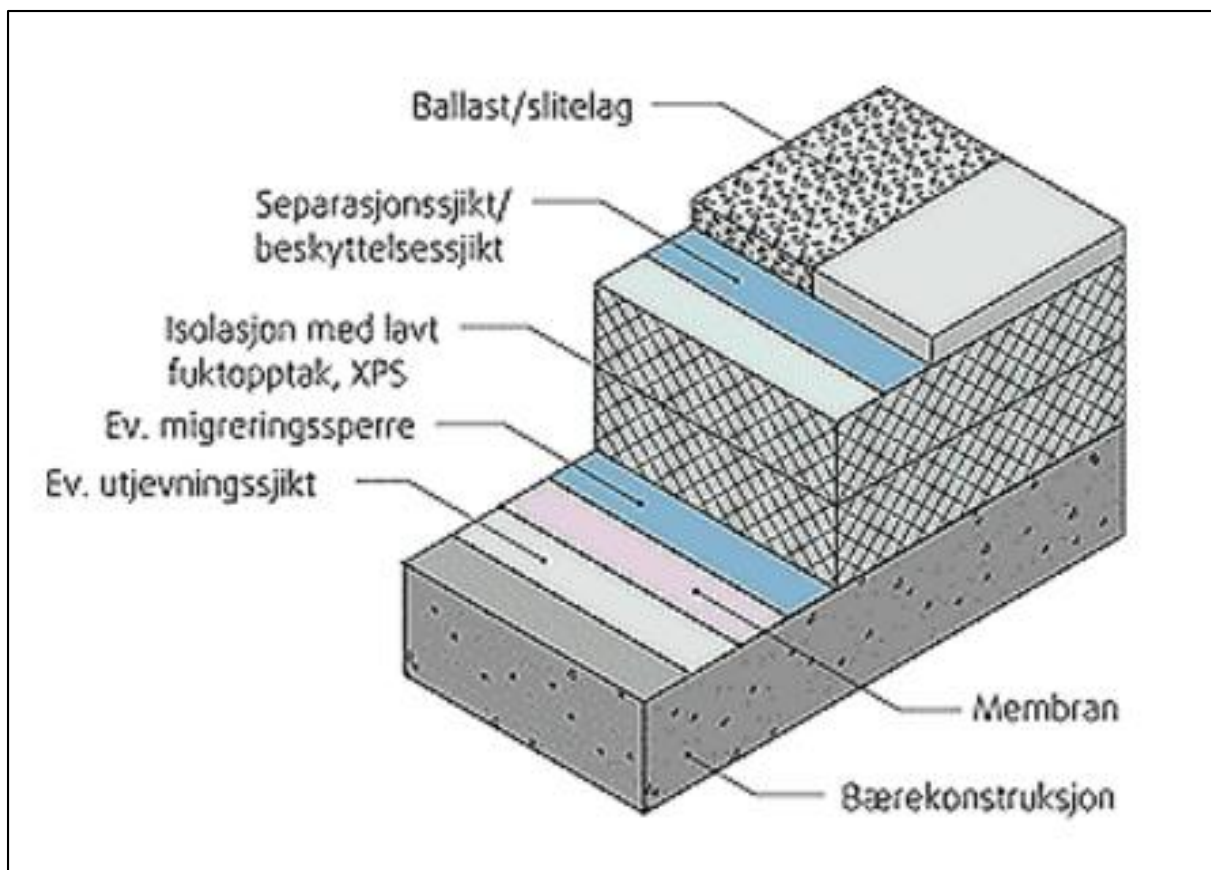
Figur 3. Illustrasjon av rettvendt tak, omvendt tak og duotak (Noreng, 2007)

Komponentene i et kompakt tak består av bærekonstruksjon, dampsperre, isolasjon, migreringssperre og taktekkning, og er vist i **Feil! Fant ikke referanseilden..** For et omvendt kompakt tak legger man gjerne en membran på bærekonstruksjonen, og dette er i praksis en tykk, robust dampsperre eller asfalt takbelegg vist i Figur 5. På toppen av det omvendte kompakte taket

har man dermed et ballast eller slitelag, som gjør at taket tåler mer ferdsel en det rettvendte kompakte taket (Noreng, 2007).



Figur 4. Oppbygging av rettvendt kompakt tak (Noreng, 2007)

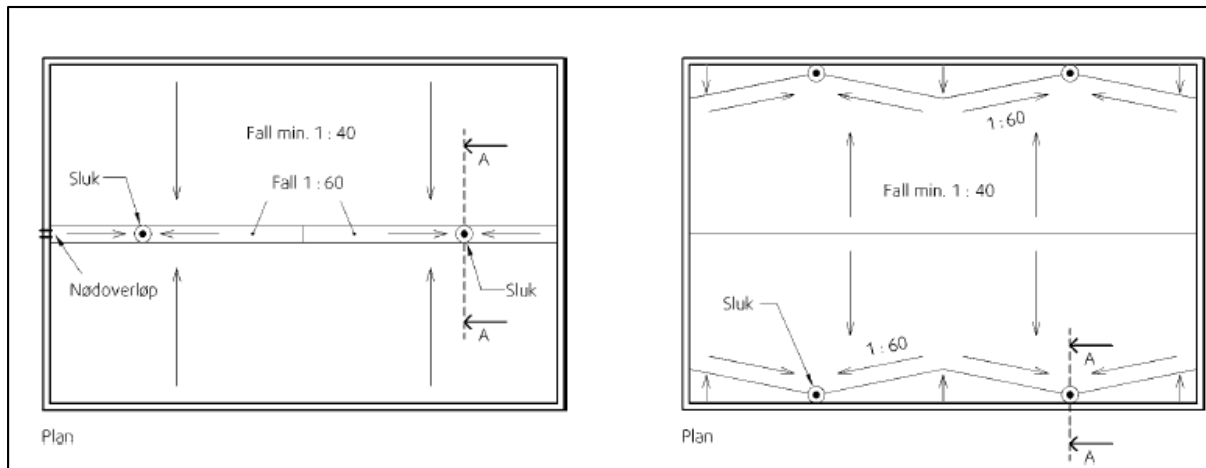


Figur 5. Oppbygging av omvendt kompakt tak (Noreng, 2007)

3.1.3.1 Håndtering av overvann på flate tak

Flate tak kan defineres som tak med fall mindre enn 6 grader (1:10) og bygges i dag gjerne som kompakte tak (Time, 2007). Stående vann på flate tak vil i verste fall kunne føre til vanntrykk på membran eller gesims, og i verste fall føre til lekkasje hvis det oppstår hull som følge av slitasje eller mekanisk gjennomtrengning.

Det anbefales dermed å ha en viss helning mot sluk for å håndtere overvann, samtidig er det et krav i TEK10 at tak har tilstrekkelig fall §13-17 (2) (Byggteknisk forskrift, 2015). Helningen skal være minimum 1:40 for tak, og 1:60 i renner. Prinsipp er vist i Figur 6. Forslag til håndtering av avrenning fra flate tak (Geving og Thue, 2002). Dette fallet kan bygges opp på forskjellige måter. For rettvendte tak, kan fallet bygges opp med skråskårne plater av polystyren eller mineralull, mens for omvendte tak må fallet være i selve bærekonstruksjonen (Geving og Thue, 2002).



Figur 6. Forslag til håndtering av avrenning fra flate tak (Geving og Thue, 2002)

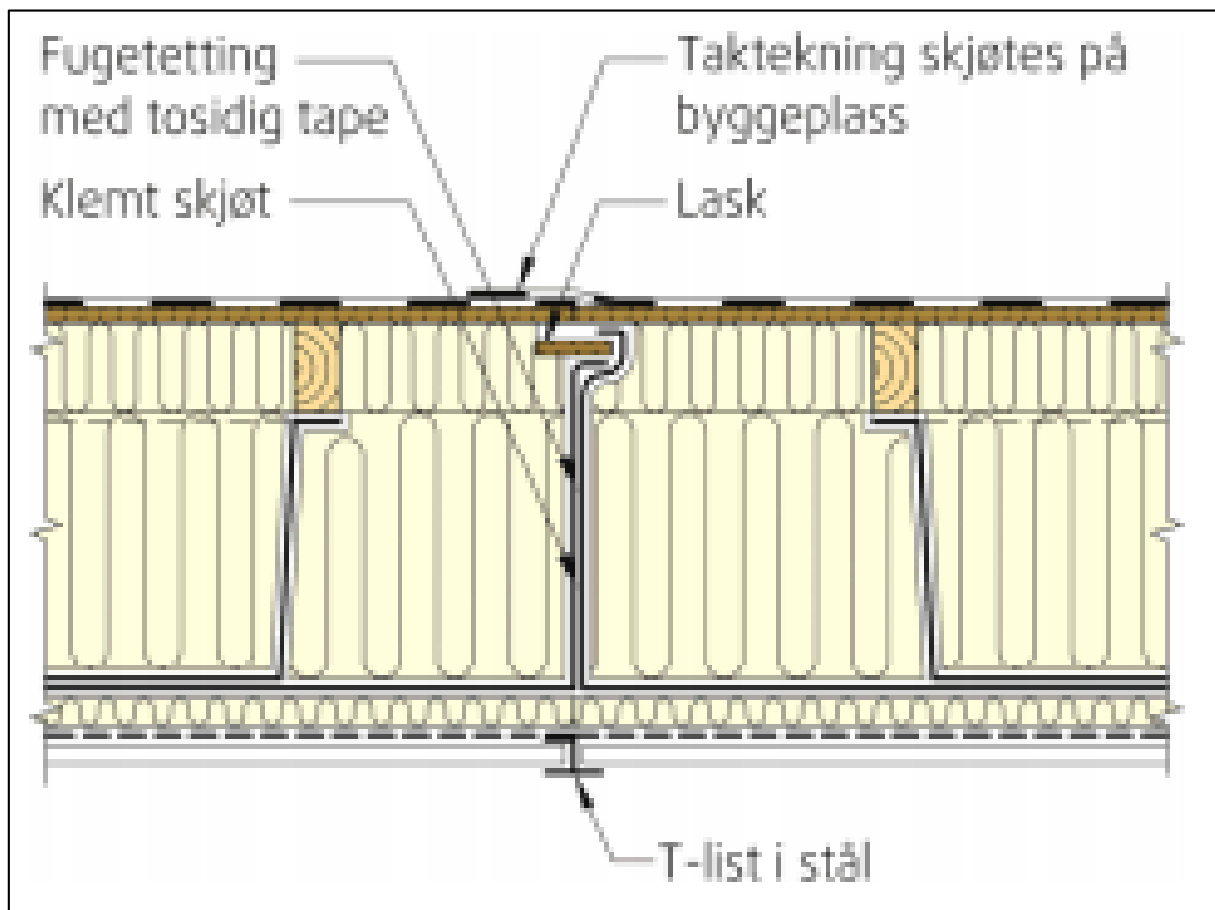
Man må også sørge for at gjennomføringer i takteking og konstruksjonen, som følge av rør eller ventilasjon, plasseres i høybrekk. Hvis de plasseres i lavbrekk vil vann samle seg rundt skjøtene i gjennomføringene. Det motsatte gjelder for sluk, da man vil ha disse i lavbrekk. For å sørge for god drenering, må man altså sørge for at det ferdige taket har korrekt helning mot sluk. Dette er mest kritisk i de tilfeller hvor man tar i bruk isolasjon som kan deformeres ved belastning (Geving og Thue, 2002).

Man må også ta høyde for at det kan bli dannet ringer av is, såkalte issoner, ved gjennomføringer. Om vinteren vil oppvarmede rom under den store takflaten kunne føre til varmegjennomgang, som igjen fører til smelting av snø på taket. Et kjent problem er at utvendige avløp ofte har så lav temperatur at smeltevannet fryser før det når avløpene. Dermed er det anbefalt å konstruere innvendige avløp. Dette for å unngå dannelse av istapper ved gesims og takrenner, som kan forårsake skade hvis de skulle falle. (Geving og Thue, 2002).

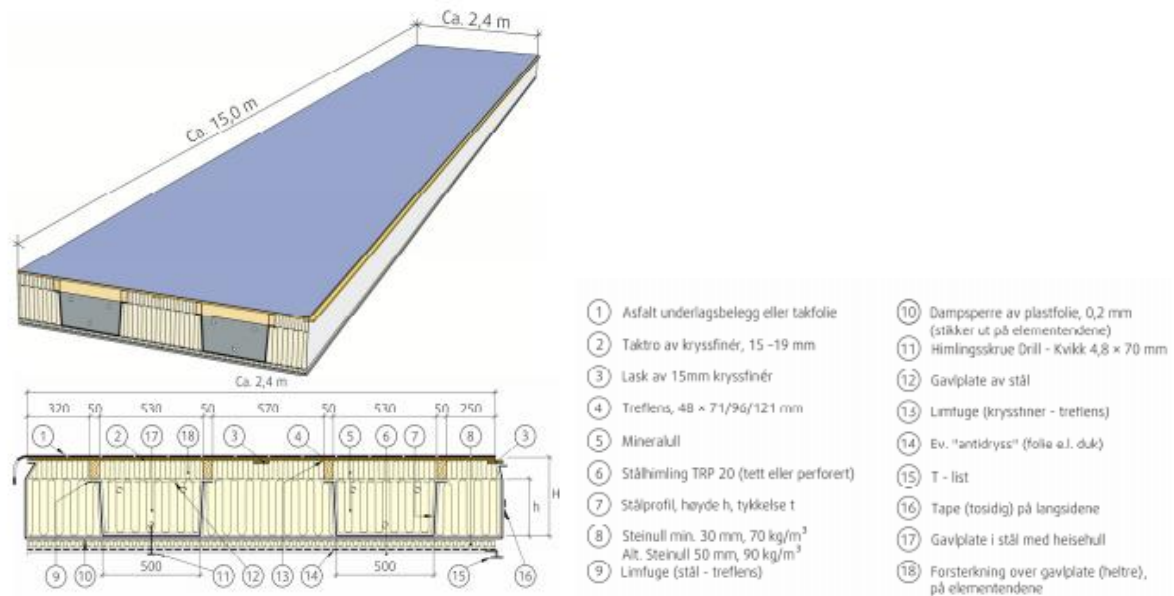
3.1.4 LETT-TAK TAKELEMENTER

Lett-tak takelementer er benyttet i ett av case-eksemplene og vil derfor bli presentert som en del av teorien. Lett-Tak Systemer AS i Larvik har fått SINTEF Teknisk godkjenning for produksjon og bruk av takene.

Takelement er prefabrikkerte metallplater med mineralull, takteking, dampsperre og himling, og er en form for kompakt tak. Detalj er vist i Figur 8. Den maksimale spennvidden avhengig av elementtype og karakteristisk snølast være relevant i denne oppgaven, med tanke på en eventuell tilleggslast en blågrønn takløsning vil medføre. Tåler faktisk takene en tilleggslast, eller må man være forsiktig? I tillegg kan det være verdt å nevne at U-verdien i de forskjellige element-typene ligger mellom 0,11 og 0,18 W/m²K avhengig av metalltykkelse og tykkelse på mineralullen som er benyttet i elementet (Lundesgaard, 2000).



Figur 7. Skjøting av Lett-tak-takelementer (Lundesgaard, 2000)



Figur 8. Komponenter i Let-tak-takelement (Lundesgaard, 2000)

Takelementet skal kun brukes ved visse betingelser. Elementene skal ikke brukes i bygg med høy fuktbelastning, og takene skal bygges med korrekt fall og gode slukløsninger. Har man utvendig nedløp må tekningen ventileres etter samme prinsipper som for kalde, luftede tak. Det er også meget viktig at elementene beskyttes mot fukt under transport, lagring og montasje.

Montasje av elementene gjøres ved at elementene legges opp på bærende bjelker og skjøtes. For å sikre en damp- og vindtett konstruksjon skjøtes disse kontinuerlig ved å trekke disse sammen sideveis, slik at mineralull og plastfolie går i klem langs elementkantene. Man lasker deretter sammen taktroen med kryssfinér (Lundesgaard, 2000).

3.1.5 OPPFÔRET TRETAK PÅ DEKKE AV BETONG

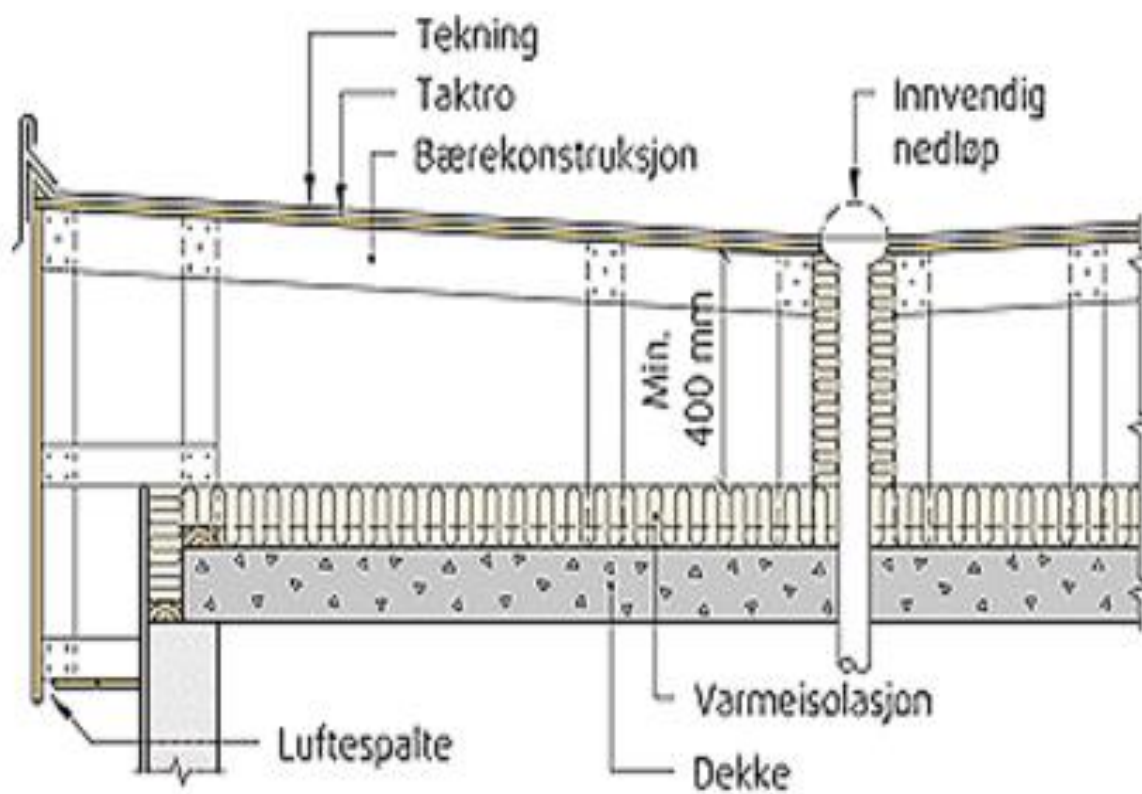
Etter andre verdenskrig ble det vanligere å bygge flate tak da man hadde bedre byggeteknikk som tillot å støpe og bygge i høyden. Istedenfor å tekke taket direkte på betong, kan man bygge det som kalles oppfôret tretak. Fordelene med konstruksjonen er at den er relativt billig og enkel å bygge, samtidig som det er lett bygge et tilstrekkelig takfall. Sist, men ikke minst, lufter taket fukt som kunne oppstå i konstruksjonen. I dag bygges det ikke like mange tak av denne typen (Kvalvik og Noreng, 2010b).

Konstruksjonen er bygget opp med bukker i varierende høyde. Bukker er små stenderverk med topp og bunnsvill. Over dette ligger sperrer (bærekonstruksjon), med en form for panel eller bord som taktro, med en form for tekning. Svillene i bukken² ble gjerne festet med innstøpte båndjern eller ståltråder (Juul og Gåsbaek, 1993).

Figur 9 viser prinsippskisse av oppfôret tretak. Mineralull legges ut som matter på betongdekket, deretter et lag papp. Over dette bygges det et tak av sperrer og åser med den formen som er ønsket, med tilstrekkelig lufting. Luftingen gjøres igjennom gesims (parapet) og må ikke hindres av sperrer eller åser (Kvalvik og Noreng, 2010b).

Typiske feil og skadeårsaker for disse takene er ifølge Byggforskserien anvisning 725.115 *Oppfôret tretak på dekke av betong – Utbedring og ombygging* at det er feil ved varmeisolasjonen, tette sluk, utettheter i tekking eller dampsperre, eller at man har utvendig nedløp i konstruksjonen. Man kan også ha inndrev av nedbør igjennom lufteåpningene, som fort kan føre til skader. Det er en rekke utbedringsmuligheter, som går på å etablere nye lufteåpninger med beslag hvis det trengs, etterisolere og oppgradere gamle materialer med nye, mer robuste materialer, som f.eks. ny taktekking (Kvalvik og Noreng, 2010a).

² Sviller er treverket som festes til bærekonstruksjonen og danner grunnlag for «bukken» som er et lite reisverk, også utført i treverk.



Figur 9. Oppbygging av oppfôret tretak. Prinsippskisse (Kvalvik og Noreng, 2010b)

3.2 VERN, LOVVERK OG OMBYGGING

Bjørberg (2015) lister to forskjellige aspekter ved ombygging og oppgradering av bygninger; de *samfunnsmessige* og *bygningsmessige* aspektene. Kort oppsummert går de samfunnsmessige aspektene på lover og reguleringer, kommuneplaner og samfunnsøkonomi. De bygningsmessige knytter seg mot utfordringer knyttet til det byggetekniske. Dette innebærer at man må stille seg spørsmålene; I hvilke stand er bygget? Hva er konsekvensene av å gjøre endringer? Hva er eierens strategi for bygget på kort og lang sikt? De bygningsmessige aspektene behandles nøye i oppgaven, og derfor presenterer dette kapittelet et par av de samfunnsmessige aspektene man må ta hensyn til

Ved ombygging til blågrønne tak vil man i noen områder ta hensyn til lover for vern av bygg. Grunnene til at man ønsker å verne bygg eller deler av bygg, kan være mange. Mørk (2012) lister en rekke «utvelgingskriterier», hvor bygg og bygningsdeler kan ha aldersverdi, historisk verdi, estetisk verdi m.m. Oppsummert kan man si at bygninger bevares så lenge noen ser verdi i det, og verdi veies ut i fra flere kriterier (Roede og Mehlum, 2010).

Når man bygger blågrønne tak må man muligens ta hensyn til vern og fasade. F.eks. er det kanskje ikke uproblematisk å endre et gammelt tak tekket med naturstein. Derfor vil dette kapittelet vil presentere en kort oversikt over lover og ordninger knyttet til vern av bygg, samt noen generelle prinsipper som må ivaretas ved ombygging av bygninger.

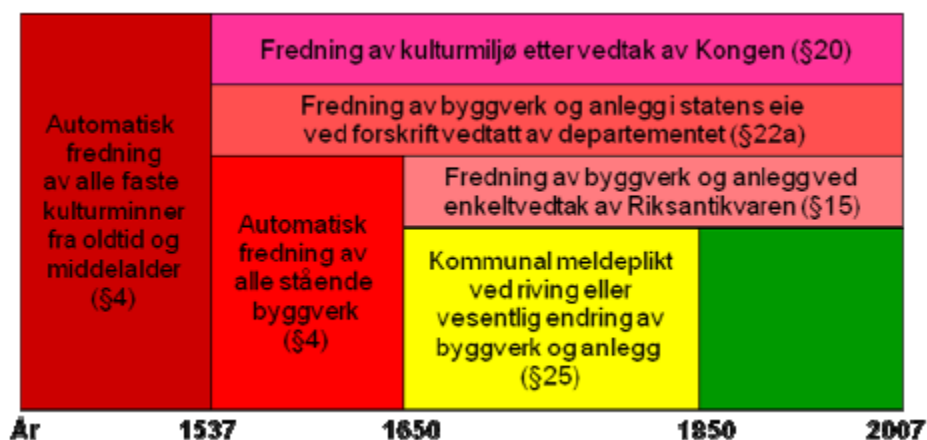
3.2.1 KULTURMINNELOVEN

En av de mest sentrale lovene knyttet til ombygging er «Lov om kulturminner», også kjent som kulturminneloven. Lovens formål er beskrevet i § 1: «*Kulturminner og kulturmiljøer med deres egenart og variasjon skal vernes både som del av vår kulturarv og identitet og som ledd i en helhetlig miljø- og ressursforvaltning.*». Videre defineres kulturminner som «*...spor etter menneskelig virksomhet i vårt fysiske miljø, herunder lokaliteter det knytter seg historiske hendelser, tro eller tradisjon til*» (§ 2) (Klima- og miljødepartementet, 1979). Kort fortalt skal loven verne arkitektoniske verdifulle kulturminner, og dette omfatter altså en del av norsk bygningsmasse. Fredning er det sterkeste juridiske vern en bygning kan få. Det finnes forskjellige måter et bygg kan bli fredet, SINTEF Byggforsk lister tre måter for fredning, hentet fra Kulturminneloven (Kjeldsen, 2005);

- Automatisk fredning gjelder alle kulturminner fra før 1537. Samiske kulturminner eldre enn 100 år er også fredet.
- Fredning ved forskrift. Her kan Riksantikvaren vedta fredning ved forskrift og bestemme konkret hva fredningen skal innebære.

- Midlertidig fredning. Riksantikvar, fylkeskommune og Sametinget har myndighet til å fatte vedtak om midlertidig fredning. Dette blir gjerne brukt for kulturminner som kan være truet for å stanse rivning eller liknende.

Mørk (2012) har visualisert de verneordninger etter kulturminneloven, vist i figur



Figur 10. Skjematisk fremstilling av verneordninger i henhold til kulturminneloven (Mørk, 2012)

For noen bygg kan det dermed være helt uaktuelt å bygge om til blågrønne tak, og det er muligens ikke noe ønske om å bygge om fredede bygninger. En lov som kan være mer relevant for nyere bygningsmasse er dermed plan- og bygningsloven.

3.2.2 PLAN- OG BYGNINGSLOVEN

Plan- og bygningsloven (pbl) åpner for at kommuner i kommuneplanens arealdel kan regulere hensynssoner for bevaring av kulturminner (§ 11-8 pkt. c) (Plan- og bygningsloven, 2008). Man kan også videreføre disse i reguleringsplaner, men det finnes også flere paragrafer som ivaretar vernehensyn i eksisterende bebyggelse. Disse kan ifølge Mørk (2012) anvendes i forbindelse med behandling av byggesøknader og setter krav til at kommunen bevarer bebyggelse. Et eksempel er § 31-1: «Ved endring av eksisterende byggverk, oppussing og rehabilitering skal kommunen se til at historisk, arkitektonisk eller annen kulturell verdi som knytter seg til et byggverks ytre, så vidt mulig blir bevart. § 29-2 gjelder tilsvarende.» (Plan- og bygningsloven, 2008).

Det er også en rekke paragrafer i pbl som skal ivareta bygningers estetiske kvaliteter, samt bygningens form og funksjon. Mange endringer er derfor søknadspliktige. For enklere utbedringer trenger man nødvendigvis ikke å søke kommunen om byggetillatelse, men § 29-4 behandler for eksempel høyde av bygg, og presiserer at dette er søknadspliktig. Maksimal høyde på bygget er et eksempel på noe som kan måtte endres ved ombygging til blågrønne tak., ved at man f.eks. må

endre parapethøyde, eller at dekket rett og slett hever toppunktet på bygget som følge av at man legger et vegetasjonsdekke (Plan- og bygningsloven, 2008).

3.3 BLÅGRØNNE TAKLØSNINGER

Å bruke vegetasjon på tak er ikke noe nytt i Norge. Torvtak var lenge den eneste måten å oppnå et isolerende tak, og kan ha nokså lang levetid hvis det vedlikeholdes på en god måte (Drange et al., 1992). I følge Lawrence Technological University (2015) oppstod moderne grønne tak i Tyskland en gang på 1960-tallet, ettersom man da hadde betongteknologi til å konstruere store, flate tak. I de senere år har man altså sett potensialet av å bruke vegetasjon på større, flate tak, og det er registret en oppsving i bruk av grønne tak både i Norge og resten av verden (Pettersen, 2012).

Det er vanlig å dele grønne tak inn i ekstensive, semi-intensive og intensive tak. I tabell 2 er kjennetegn listet opp. Navnene kommer fra hvor mye vedlikehold og stell takene krever, hvor intensive tak er de som krever mest «intensivt» stell. Inndelingen er brukt i en rekke litteratur som Noreng et al. (2012) og på hjemmesidene til International Green Roof Association (International Green Roof Association, 2015).

SINTEF Byggforsk har i tillegg en kategori som de kaller «hybride tak». Disse takene inneholder alle de tre kategoriene og utnytter takets bæreevne ved at busker, trær og annet som krever større vektstagstykkelse plasseres over bærende konstruksjoner som vegger eller søyler (Noreng, 2013).

Tabell 2. Egenskaper ved ekstensive, semi-intensive og intensive blågrønne tak

Type grønt tak	Ekstensive tak	Semi-intensive tak	Intensive tak
Anvendelse	Økologisk beskyttende lag	Grønt miljølansskap	Park, hager
Vegetasjonstype	Moser, gress, urter	Gress, urter, busker	Plen, flerårige busker og trær
Vedlikehold	Annenhvert år. Luking og gjødsling	Månedlig/ukentlig. Klipp, stell, gjødsling	Ukentlig. Klipp, stell, gjødsling
Vanning	Ingen	Periodisk	Regelmessig
Dybde på substrat/Vekstmedium	60-200 mm	120-250 mm	150-400 mm
Vekt	60-150 kg/m ²	120-200 kg/m ²	180-500 kg/m ²
Kostnad	Lav	Middels	Høy

3.3.1 EKSTENSIVE BLÅGRØNNE TAKLØSNINGER

I motsetning til hva som kanskje er intuitivt, har de ekstensive takene minst vekstlag (heretter kalt substrat). Ekstensiv er ifølge ordboken beskrevet som omfattende, men burde i denne sammenheng forstås som utstrakt (Brattberg, 2015). I følge Weiler og Scholz-Barth (2009) stammer dette fra europeisk definisjon, og selv om det ikke er det mest og best beskrivende navnet, så er det det vanligste. Man ser at begrepet ekstensive tak er i bruk i både Oslo og København og kan sies å være etablert (Noreng et al., 2012). Ekstensive tak er altså den billigste og letteste av de tre variantene, og ofte den som krever minst vedlikehold (Noreng et al., 2012).

3.3.2 SEMI-INTENSIVE BLÅGRØNNE TAKLØSNINGER

Termen semi-intensive grønne tak brukes om grønne tak med større substrat enn ekstensive, men som krever mindre vedlikehold enn intensive tak (se

Tabell 2). Disse har et tykkere vekstlag, og vil kunne tåle større belastninger med tanke på gangtrafikk og generell bruk. Eksempler på semi-intensive grønne tak kan være tak med plen som må klippes og vedlikeholdes jevnlig, men uten større vegetasjon som trær, busker og andre vekster (Weiler and Scholz-Barth, 2009).

3.3.3 INTENSIVE BLÅGRØNNE TAKLØSNINGER

Intensive grønne tak kan kort beskrives som tak hvor det er anlagt park. De intensive takene er gjerne bygget for å tåle opphold av mennesker og vil ha vekstlag med dybde opp mot 400 mm. Den store substrattykkelsen vil føre til at taket vil veie mer enn et vanlig tak, og de vil også kreve mer vedlikehold. Graden av vedlikehold er også en av årsakene til at det kalles intensive grønne tak (Zinco, 2015b, Vital Vekst, 2012).

3.3.4 FORDELER OG ULEMPER VED BLÅGRØNNE TAKLØSNINGER

De estetiske kvalitetene kan være en årsak til å velge grønne tak, men det er også mange andre gode grunner til å velge denne løsningen. For eksempel viser det seg at de fysiske effektene av at mennesker bor i nærheten av vegetasjon er større enn antatt. Et studie gjennomført av Donovan et al. (2015) viser at fraværet av trær i byer faktisk kan føre til en økning i hjertesykdommer hos kvinner. Dette kan muligens knyttes til vegetasjons evne til å binde CO₂ (Aardal, 2015) og støv, noe norske byer har slitt med i senere tid (TV2, 2015).

Sist, men ikke minst, kan blågrønne tak bidra til overvannshåndtering, derav begrepet blågrønne tak. Studier gjennomført i Sverige viser at ekstensive sedumtak har vist seg å ha en fordøyende funksjon, hvor man ser at nærmere 70 % av nedbørsmengdene i løpet av et år, enten fordampes eller samles i takene (Bengtsson, 2005). Ulemper og fordeler er listet i

Tabell 3 Tabell 3, og vil bli presentert i detalj i dette kapittelet, med unntak av takets egenskaper til å håndtere overvann. Dette behandles i et kapittel 3.3.9.

Tabell 3. Fordeler og ulemper med grønne tak. (Braskerud, 2014)

Fordeler	Ulemper
Avrenning fra tak reduseres	Større kostnader enn normale, kompakte tak, grunnet vektøkning og ekstra overbygning
Bymiljøet blir grønnere	Krever ettersyn og vedlikehold, og kostnader knyttet til dette
Svevestøv bindes og reduseres	Mer krevende å finne eventuelle lekkasjer
Biologiske mangfoldet kan øke	Fare for bruk av svartelistede organismer/arter på tak
Inngår oftere som komponent i miljøsertifisering av bygg	For ekstensive tak, kan sedum-mattene blåse av ved mye vind
Takets levetid kan øke	
Vegetasjon gir større friksjon og kan redusere fare for ras	
Kjøler ned taket i forhold til normalt asfaltbelegg, som igjen kan øke effekten på eventuelle solceller	
Støydempende effekter	

3.3.4.1 Takets levetid kan øke

Braskerud (2014) viser til en rekke artikler, blant annet Villarreal og Bengtsson (2005) og VanWoert et al. (2005) som argumenterer for at et grønt tak har lengre levetid enn tradisjonelle tak. Tanken er at det grønne taket skjermer den vanntette membranen fra vind, regn, UV-stråling og snø, som kan bidra til at takets levetid øker. I tillegg har man fordelene av at man ikke trår direkte på membranen hvis man skal inspisere eller ferdes på taket.

3.3.4.2 Større kostnader knyttet til blågrønne tak

Den økonomiske nytten av de blågrønne takene er ifølge Henriksen (2013) negativ. Her er det prøvd å sette kostnadsbesparelser knyttet til CO₂-utslipp, energibesparelser, samt kostnadsbesparelser knyttet til mindre omfattende rørmagasin. Det er ikke tatt høyde for økt levetid for membran eller andre samfunnsøkonomiske og helsemessige effekter. Under intervju

med utbygger kom det frem at de var av motsatt oppfatning, og tror at miljøsertifiseringen, samt muligheten for å benytte seg av de grønne arealene, på sikt vil gi avkastning (**Feil! Fant ikke referanseilden.**).

3.3.4.3 Svevestøv bindes og reduseres

Aardal (2015) har gjennomført et litteraturstudie på miljøeffekter av grønne tak og vegger som masteroppgave fra Norges miljø- og biovitenskapelige universitet. Det skilles mellom grønne taks egenskaper til å fange svevestøv, eller partikulært materiale, og luftforurensninger som O_3 , NO_2 og andre gasser. Ved å studere en rekke kilder, blant annet Speak et al. (2012), viser det seg at samtlige konkluderer med at det er vegetasjon på gateplan som har mest å si for luftkvaliteten. Det antas at årsaken til dette er at vegetasjon med store blader (som trær) tar opp mer av partiklene, jo nærmere de er forurensningskilden. På tross av dette konkluderer flere med at grønne tak og vegger bør brukes i tett befolkede urbane områder som et supplement til den eksisterende vegetasjonen, og «...at de øker luftkvaliteten når de blir etablert i stort antall» (Aardal, 2015).

3.3.4.4 Biologisk mangfold øker

Når det gjelder biologisk mangfold har Aardal (2015) vært viktig for å finne studier som undersøker grønne tak og veggers effekter på biodiversitet. Det nevnes at takene er relativt uforstyrrede som kan gi nye hekkeplasser for fugler, samtidig som de lager grønne lunger for bier og humler. Aardal (2015) drøfter også i hvor stor grad fremmede arter, altså arter som ikke ble plantet/lagt på taket opprinnelig, etablerer seg på grønne tak. Aardal (2015) konkluderer med at litteraturen som ble gjennomgått pekte på at biodiversiteten i byer kan øke ved bruk av grønne tak. Det viser seg også at det som regel er lite biodiversitet i unge substrat på grønne tak, men at det etablerer seg flere og flere arter etter hvert som taket blir eldre. Det poengteres også at de tykkere grønne takene har størst artsmangfold.

3.3.4.5 Isolerende og kjølede effekter

Substratet i blågrønne tak har også en isolerende effekt, og er avhengig av tykkelse og vanninnhold. Et gresk studie på semi-intensive tak, fant at energibesparelsene ved en rekke grønne taktyper var de samme som et normalt isolerende gresk bygg (Kotsiris et al., 2012). De fant også at sammenhengen mellom substratets fuktinnhold og estimert termisk transmisjon var lineær. Det at studien er gjennomført i et land med et annet klima enn vårt gjør det kanskje vanskelig å sammenligne, men poenget er uansett at grønne tak kan være med på å redusere U-verdien for et bygg. I tillegg er det vist at de blågrønne takene kan ha en kjølede effekt. Jaffal et al. (2012) har gjennomført et studie i et fransk, temperert klima, som kommer til denne konklusjonen.

Varmegjennomstrømningen gjennom taket ble faktisk redusert med en faktor på 3, sammenlignet med normale tak. Dette tilsvarte en reduksjon på 2 grader celsius innendørs om sommeren, mens om vinteren så man at varmetapet ble redusert. Hvor mye dette har å si i et kaldere, nordisk klima, er uvisst, og det har ikke lyktes å finne noen gode undersøkelser på dette i Norden.

Det er vist at solcellepaneler har lavere effekt ved høye temperaturer, og på grunn av avkjølingseffekten ved bruk av grønne tak, begynner nå leverandører å tilby løsninger som kombinerer blågrønne tak og solceller (ZinCo, 2015a).

3.3.4.6 Støydempende effekter

Et studie fra England viser at ekstensive blågrønne tak ved gatenivå kan redusere støy i mottakerenden med opp mot 9 dB innen visse frekvenser (Yang et al., 2012). En reduksjon av støy blir også bekreftet i et annet studie utført i Belgia (Van Renterghem og Botteldooren, 2011). Dette kan være med på å øke den akustiske komforten i bebyggelse i nærhet av f. eks tungt trafikkerte veier (Klæboe og Amundsen, 2014).

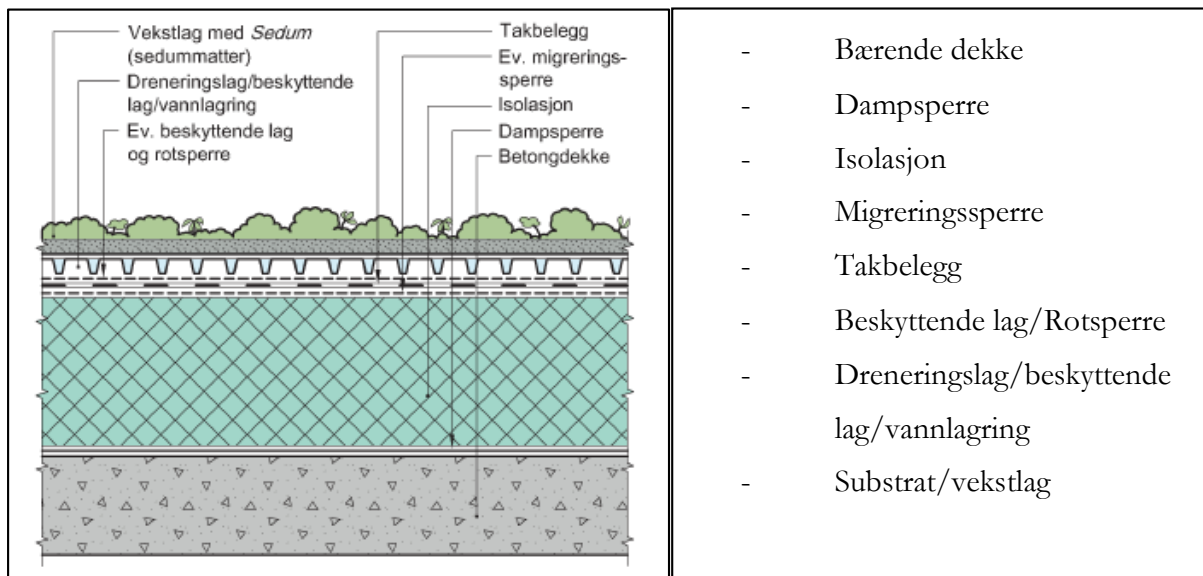
Et norsk eksempel på bruk av grønne tak for å redusere støy, er konserthuset i Stavanger, hvor det ble lagt blågrønt tak for å redusere støy fra regnvann som treffer taket. En annen effekt de ønsket å oppnå var å redusere støy fra den innvendige dreneringen, ved at mengden vann som måtte føres bort ble redusert av det blågrønne taket. Det er derimot ikke undersøkt om dette ga noen effekt (Bergknapp, 2012).

3.3.4.7 Mer krevende å finne lekkasjer

En av de store innvendingene mot å ta i bruk grønne tak er at det kan være vanskelig å finne lekkasjer som måtte oppstå. Dette fordi membranen ligger under substratet, noe som gjør inspeksjon vanskelig (Noreng et al., 2012). Det har i oppgaven ikke lyktes å finne litteratur eller studier som ser nærmere på årsaker til lekkasjer i grønne tak. Noreng et al. (2012) har i sitt kunnskapsinnhentingsprosjekt kun sett 2 av 9 tak med lekkasjer, hvor årsakene ikke er utredet.

3.3.5 KOMPONENTER I EN BLÅGRØNN TAKLØSNING IFØLGE BKS 544.823

Noreng (2013) og SINTEF Byggforskserien anvisning 544.823 beskriver oppbygging av tak med sedum, altså et typisk ekstensivt, blågrønt tak. Komponentene som inngår i et kompakt, blågrønt tak og dets oppbygging er listet og vist i Figur 11, og vil bli brukt som utgangspunkt for hvordan man kan bygge et blågrønt tak. Flere av disse komponentene er behandlet tidligere i kapittel 3.1.1, og vil derfor bare bli beskrevet overflatsk i dette kapittelet.



Figur 11. Oppbygging av rettventd kompakt tak med sedum (Noreng, 2013)

Denne oppbyggingen av ekstensive tak er brukt av flere leverandører av grønne tak, også i andre land. Liknende oppbygging brukes også for intensive tak, men da med et tykkere lag med jord, og eventuelt med mindre isolasjon (ZinCo, 2015c, Bergknapp, 2015). Selv om dette er den anbefalte konstruksjonsoppbyggingen fra SINTEF er det ikke et krav om å bygge slik. Liknende oppbygging kan tas i bruk på skrå, luftede tak, som også er behandlet i anvisningen 544.823.

3.3.5.1 Bærende konstruksjon

Et blågrønt tak vil som oftest veie mer enn et tradisjonelt, «svart» kompakttak. Den ekstra lasten forårsaket av vekstmattene samt vannlagringen i disse, må tas høyde for når man dimensjonerer bygget. Dette gjelder også ved rehabilitering av eksisterende bygg (Weiler og Scholz-Barth, 2009).

3.3.5.2 Dampsperre

Dampsperreren er, som i alle andre tak, hovedsakelig på plass for å sikre at innvendig fukt ikke beveger seg opp i isolasjonen (Geving og Thue, 2002). For omvendte kompakte tak er dampsperre/taksperre det samme (Time, 2007). SINTEF Byggforsk anbefaler å bruke 0,2 mm tykk polyetylenefolie (PE-folie) eller bedre. Andre løsninger kan være sveist asfalttakbelegg med sveiste skjøter. Se kapittel 3.1.1.2.

3.3.5.3 Isolasjon

På tak er det viktig at isolasjonen tåler trykkbelastning. Belastningen kommer fra snø og tråkk, og ikke minst den ekstra vekten av det blågrønne taket. Aktuelle isolasjonsmaterialer for sedumtak er de samme som for vanlig tak: Ubrennbar steinull og skumglass, brennbar isolasjon som ekspandert polystyren (EPS) eller ekstrudert polystyren (XPS) (Noreng, 2007).

Weiler og Scholz-Barth (2009) foreslår en annen oppbygging, hvor man har solid isolasjon over membranen som i et omvendt kompakt tak, hvor membranen legges direkte på betongdekket. Dette isolasjonslaget må inneholde muligheter for å drenere vannet, enten ned på dekkemembranen, eller igjennom isolasjonslaget. Dette igjen setter krav til at bærekonstruksjonen må inneholde den rette helningen for å drenere vekk vannet som nevnt i kapittel 3.1.3.1.

En annen mulighet er å plassere isolasjonen på innsiden av taket og ha substratet med knasteplater, dreneringssjikt eller filtduk direkte på bærekonstruksjonen, kun avskilt med en membran (altså et omvendt kompakttak, med isolasjon på innsiden). For nordiske forhold kan dette være problematisk, da man kan få fuktdannelser på innsiden av bærekonstruksjonen (Geving og Thue, 2002).

3.3.5.4 Migreringssperre

Se kapittel 0, da dette sjiktet har den samme funksjonen som for vanlige tak.

3.3.5.5 Taktekking/takbelegg/membran

Takbeleggets funksjon, som beskrevet i kapittel 0, er å hindre vann i å trenge inn i den underliggende konstruksjonen. Dette kan for eksempel gjøres med et tolags asfalttakbelegg eller 1,5-2,0 mm tykk takfolie. Det finnes produkter som har tilstrekkelig motstand mot gjennomtrenging av røtter, men i noen tilfeller må rotsperre brukes (Noreng, 2013).

Bitumen er organisk og er derfor dårlig egnet til å være i direkte kontakt med røtter og substrat, siden røttene bruker bitumen som næring. Hvor asfaltbelegg brukes må man derfor ha en rotsperre ved bygging av blågrønne takløsninger (Weiler og Scholz-Barth, 2009).

3.3.5.6 Rotsperre

Rotsperren skal hovedsakelig sikre at røtter ikke penetrerer eller bryter ned det diffusjonstette takbelegget når takbelegget ikke har tilstrekkelig motstand mot dette. Rotsperren kan også brukes som beskyttende sjikt etter at membranen er lagt for å sikre den mot penetrasjon. Rotsperren kan for eksempel være et plastsjikt med minimum tykkelse på 0,4 mm. En viktig detalj er at skjøtene må teipes, da røtter har lett for å trenge igjennom hvis man ikke tetter skjøtene tilstrekkelig (Noreng, 2011b).

3.3.5.7 Vekstlag/Substrat

Denne oppgaven har ikke et fokus på plantene og vegetasjonen på blågrønne tak. Allikevel er det på sin plass å nevne noen vanlige plantearter for ekstensive og intensive tak.

Vekstlaget, eller substratet er det vegetasjonen plantes i. Type vegetasjon kommer an på om man har et intensivt eller ekstensivt tak, som igjen fører til forskjellige krav til substrat. For eksempel brukes det i tilfeller sedum-matter på noen ekstensive tak, som krever veldig liten substrattykkelse, og i noen tilfeller bare en filtmatte (ZinCo, 2015c). For intensive tak, vil det som nevnt tidligere, være større planter og i noen tilfeller trær, som setter krav til tykkere substrat (Zinco, 2015b).

Å ha tak som vekstplass er en ekstrem situasjon for en plante, og vekstene som brukes må tilpasses disse betingelsene (Noreng et al., 2012). Man må ta særlig hensyn til at det i perioder kan bli svært varmt på taket som kan føre til tørke, samtidig som man må ta hensyn til at plantene kan bli stående i vann i perioder med mye nedbør. Det er derfor viktig å velge plantetype etter hvor i landet man er, hva slags tykkelse man har på substratet, og hva slags drenering man har på taket (Aardal, 2015).

Ekstensiv tak har som regel liten substrattykkelse. Dette medfører at substratet tørker fort, men også at det ikke skal mye regnvann til før substratet er mettet og at røttene blir stående i vann (Braskerud, 2014). Det har vist seg at Bergknapp, eller Sedum, er en hardfør art som er tilpasset disse forholdene (Noreng et al., 2012). Norsk Standard (NS) 3840 tillegg C lister en rekke arter som brukes på ekstensive blågrønne tak. Denne tabellen inneholder også en oversikt over om planteartene er en økologisk risiko. Samtidig oppfordrer standarden til å ta i bruk lokale, hjemlige arter, som hører hjemme i norsk flora (Standard Norge, 2015).

Intensive tak har tykkere substrat som kan inneholde mer vann enn de ekstensive takene. Dette gjør det intensive taket mindre sårbar for tørke og store regnskyll da det skal mer til for at substratet blir mettet, samtidig som det kan holde på mer vann til eventuelle tørkeperioder. Her kan det benyttes alt fra nytteplanter, urter, gress, stauder, og til og med trær ved tilstrekkelig substrattykkelse (Noreng et al., 2012).

Det finnes for øyeblikket flere leverandører av blågrønne tak i Norge, men kun én aktør som produserer sine egne sedum-matter. De andre leverandørene importerer sine matter enten fra andre land hvor Sverige og Nederland er noen eksempler (ZinCo, 2015c, Bergknapp, 2015).

3.3.5.8 Drenerende og fuktlagrende sjikt

Som nevnt i kapittel 3.3.5.7 kan planter drukne hvis de blir liggende i vann. Det er derfor vanlig å legge et sjikt under sedum-mattene som gir mulighet for overflødig regnvann å renne bort. Her er det for øvrig en balansegang. På den ene siden ønsker man at sedum-mattene ikke skal drukne, men på den andre siden greier ikke det tynne substratet å holde på så mye vann, som gjør at de fort tørker hvis det er lengre perioder med tørt vær. Derfor er systemet som vist i Figur 3 ganske vanlig (Bergknapp, 2015).



Figur 12. Bauder 20 mm drensmatte med 800 gr/m² duk. Foto: Bergknapp

Andre typer materialer har også blitt tatt i bruk. Eriksson et al. (2013) påpeker for eksempel at ekspandert leire (f. eks. leca-kuler) muligens kan brukes som drenerende og fuktlagrende sjikt. Ekspandert leire er porøst, noe som gjør at det kan holde på vann, samtidig som overflødig regnvann vil bli ledet vekk når porene er mettet. Det betyr også at andre porøse materialer kan tas i bruk så lenge de har disse egenskapene.

Det er viktig å huske at det drenerende (og fuktbevarende) sjiktets oppbygning er sterkt avhengig av klimaet i området. Noen steder vil det være større behov for å drenere vekk vannet, mens det andre steder i Norge vil være ønskelig å holde på mer av vannet.

3.3.6 VEILEDNING OG KRAV TIL BLÅGRØNNE TAKLØSNINGER

Det er utarbeidet noe litteratur og veiledere for hvordan man bygger blågrønne tak i Norge. Som det er henvist til tidligere, har Noreng (2013) skrevet en veileder i SINTEF Byggforskserien (BKS 544.823) som kommer med forslag til utformingen av blågrønne tak. For å forstå noe om hvilke utfordringer som kan oppstå ved ombygging til blågrønne takløsninger, er det nødvendig å vite noe om hvordan det anbefales å bygge i dag, både nasjonalt og internasjonalt.

Dette kapittelet vil beskrive løsninger som er beskrevet i forskjellig litteratur. Eksempler på litteratur som er gjennomgått er SINTEFs byggforskserie, den tyske standarden for bygging av blågrønne tak FLL Green Roof Guidelines, Håndbok 50 om fukt i bygninger og Weiler og Scholz-Barth (2009) – Green Roof Systems: A Guide to the Planning, Construction and Design of Landscapes over Structures. I tillegg har Norsk Standard nylig publisert en standard for blågrønne tak. Ettersom det kan antas at den blir viktig for norsk byggebransje ved bygging av blågrønne tak, blir den viet ekstra oppmerksomhet.

NS 3840:2015 går under navnet «*Grønne tak – Planlegging, prosjektering, utførelse, skjøtsel og drift. Ekstensive tak*». Standarden ble publisert desember 2015 med formål om å gi «bestemmelser for planlegging, prosjektering, utførelse, skjøtsel og drift av ekstensive tak». Standarden fokuserer også på å definere terminologi for blågrønne tak i tillegg til å gi målemetoder og retningslinjer for blågrønne tak (Standard Norge, 2015).

Det er fire hovedpunkter i standarden som er viet til henholdsvis termer og definisjoner, planlegging og prosjektering, utførelse (bygging av taket), og skjøtsel og drift. Standarden gir med disse kapitlene føringer på hva man skal kalle de forskjellige komponentene i det blågrønne taket og hvordan det kan konstrueres på en god måte. Dette gjør standarden ved å sette krav til tiltak mot brannspredning, dimensjonering mot vindavblåsning, avrenning, rotbestandighet m.m.

NS 3840 gir derimot ingen reduksjonsfaktor for avrenning ved bruk av blågrønne ekstensive tak. Dette er i kontrast til den tyske motparten FLL som gir en enkel tabell til hvordan man kan redusere den dimensjonerte avrenningen som grunnlag av substratets dybde, og helning på taket (Standard Norge, 2015).

3.3.7 GENERELLE KRAV OG HENSYN VED BYGGING AV BLÅGRØNNE TAK

Det finnes en rekke krav og hensyn som må følges uavhengig av om man bygger et ekstensivt eller intensivt tak. Dette kapittelet vil kort prøve å oppsummere noen av de viktigste momentene som må tas hensyn til.

3.3.7.1 Helning og skrå tak

Flate blågrønne tak må følge de samme prinsippene for helning som listet i kapittel 3.1.3.1. Man ønsker 1:40 helning for flate tak, og 1:60 i renner.

For skrå tak trenger man i større grad et fuktbevarende sjikt, da avrenningen her er større. En leverandør oppgir at de unnlater å bruke dreismatten ved en viss helning (Bergknapp, 2015). Er helningen på skrå, kompakte tak større enn 15° må man vurdere et geonett. Dette er et nett som «binder» substratet sammen og sikrer at det har nok feste og tilstrekkelig tilgang på vann. Geonettet forhindrer også erosjon og avglidning. I tillegg må man bruke profillister og støttebeslag (tradisjonelt kalt Torvhaldsstokk) i takavslutning (Larsen, 2009, Zinco, 2015b)

3.3.7.2 Klimatiske hensyn

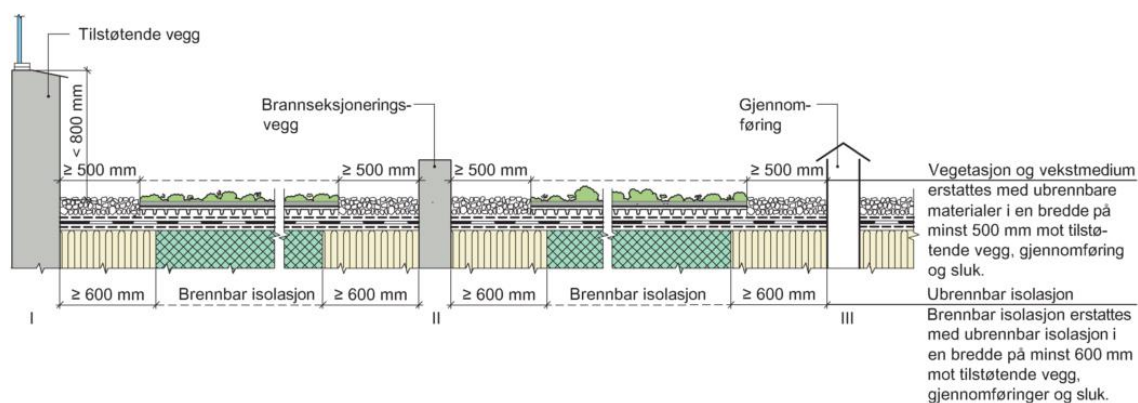
Braskerud (2014) observerer at plantetyper på ekstensive tak kan dø allerede etter 3 dager på grunn av tørke i Norge. Selv om det er relativt mye nedbør i Norge, vil det tynne substratet gjøre ekstensive tak sårbare for tørke. Intensive tak vil være mer stabile, fordi vekstlaget er tykkere og kan holde på mer vann.

Siden man har levende materiale på taket, må man ta hensyn til det regionale, men også lokale klimaet. Dette inkluderer å ta høyde for mengde nedbør, eksponering mot sollys og andre vind og værforhold (Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau, 1982). Det er i Nordisk klima observert at sedum-matter ikke får tid til å etablere rotsystem før vinteren når de legges om høsten. Dette kan føre til at vinteren «tar livet av mattene» eller at de rett og slett drukner, da det kan komme mye nedbør i løpet av høst og vinter visse steder i Norge (Noreng et al., 2012).

3.3.7.3 Branntekniske hensyn

TEK 10 gjelder også for blågrønne tak. Der hvor det er isolert med brennbar isolasjon under vegetasjon og substrat, må den brennbare isolasjonen skiftes ut med ubrennbar isolasjon nær sluk, andre bygningsdeler og andre gjennomføringer (Noreng, 2013). I følge den tyske standarden har sedumtak relativt god motstand mot både gnister og varm stråling (Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau, 1982). I følge Noreng (2013) kan man ofte kombinere sikringstiltak for brann med sikringstiltak mot avblåsning, og dermed slå to fluer i en smekk. Med

intensive tak blir historien en litt annen. Her er det høyere vekster og det kan oppstå tørke over lengre perioder uten regn. For eksempel oppnår ikke torvtak brannklasse BROOF i forskriftene (Larsen, 2009). Så ved intensive tak må det gjøres egne branntekniske vurderinger avhengig av hva slags vegetasjon man har på taket (Noreng et al., 2012).



Figur 13. Eksempler på tiltak mot brannspredning på sedumtak. Løsninger mot sluk, gjennomføringer, tilstøtende konstruksjoner og brannseksjoneringsvegger (Noreng, 2013)

Av hensyn til brannsikkerhet, vekt og porevolum, skal organisk materiale ikke overskride 20 % av substratet for ekstensive tak. Samtidig fungerer dette til å sørge for at sjiktet opprettholder en drenerende funksjon (Noreng, 2013).

3.3.7.4 Sikring mot avblåsning

Et problem i vindutsatte strøk er vindavblåsningsskader på sedumtak. Dette gjelder først og fremst for sedum-matter og tynnere substrat, men kan også gjelde jord, bark eller liknende på intensive tak. Det er gjerne vindsug i rand- og/eller hjørnesoner som er spesielt utsatt. Problemet forsvinner som regel etter hvert som vekstmattene får etablert seg mot filt, eller annet underlag. Tiltak for å sikre mot avblåsning kan være å legge et belte med pukk, eller betongheller i rand- og hjørnesoner. Dette medfører også at man burde ha en parapet med høyde på minst 300 mm, noe som også kan være med på å redusere faren for avblåsning (Noreng, 2007). Eventuelt kan man legge ekstra ballast på sedum-mattene. Geonett kan også være et tiltak som binder mattene sammen, og reduserer risikoen for at matter/ruller blåser av (Noreng, 2013). Den tyske Green Roof Guidelines inneholder også et eget kapittel om vindlast, hvor de setter krav til sikring mot vindlast etter egne, tyske standarder (Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau, 1982).

3.3.8 PRODUKSJON AV BLÅGRØNNE TAK

Produksjon og montasje av blågrønne tak blir behandlet som en egen del i oppgaven, da flere av intervjuobjektene, samt mye litteratur, legger et stort fokus på at det er i produksjonsfasen.

Hvordan man produserer det blågrønne taket avhenger av typen. Ved intensive tak bygges det gjerne større «bed» som fylles med jordarter og beplantes (Zinco, 2015b). Ekstensive tak bygges opp relativt likt, som beskrevet i kapittel **Feil! Fant ikke referanse-kilden.**, hvor leverandør gjerne leverer alle komponentene som legges fra membran og opp (ZinCo, 2015c, Bergknapp, 2015).

Tidligere har Byggforskserien og *544.823 Sedumtak* inneholdt veiledning til hvordan man kan produsere blågrønne tak, men nå blir dette også dekket i den norske standarden for blågrønne tak. Under er det gjort et forsøk på å oppsummere de viktigste hensynene som må tas basert på NS3840 (Standard Norge, 2015)

3.3.8.1 Prosjektering av taket

Igjen er det Noreng (2013) som står for de norske veiledningene til hvordan å prosjektere blågrønne tak. Som nevnt har også NS3840 et eget delkapittel som lister noen momenter man må ta hensyn til under prosjektering (Standard Norge, 2015). Begge peker på viktigheten av å ikke glemme at man skal ferdes på det blågrønne taket for å gjøre vedlikehold, og at korrekt sikkerhetsutstyr må være på plass for å ta hensyn til dette. Tiltak vil innebære at man enten har rekkverk, festekroker og liknende ved kortvarig arbeid, og at man har sikker og god adkomst til taket. Alt i alt er god prosjektering viktig for å sørge for at man ikke får overraskelser i form av uforutsette utfordringer når man skal bygge det blågrønne taket (Noreng, 2013, Standard Norge, 2015).

3.3.8.2 Kontroll

Da det kan være vanskelig og kostbart å inspisere et grønt tak for lekkasjer, grunnet lagoppbygningen over membranen, setter dette krav til at man har gode rutiner for kontroll under produksjon (Noreng et al., 2012). NS3840 skiller mellom «kontroll før oppstart» og «mottakskontroll». Kontroll før oppstart henviser til kontroll av tett tak (kompakttaket). Det burde gjennomføres trykktesting, foreligge dokumentasjon på kvalitetssikring fra takentreprenøren og erklæring fra overtakelse av underlaget eller takbelegget.

NS3840 setter også retningslinjer til visuell kontroll fra takgartneren/leverandør av det blågrønne taket. De må se etter åpenbare mangler i tekking eller sluk og avløp, samt om det ligger gjenstander på taket som kan skade taktekkingen (Standard Norge, 2015).

3.3.8.3 Konstruksjon

Under konstruksjonen av det blågrønne taket gjelder de samme kravene til sikkerhet som for vanlige tak. Man jobber i høyden, så rekkverk og gode rutiner må være på plass (Standard Norge, 2015, Byggteknisk forskrift, 2015). Da det skal anlegges planter på taket er det viktig at det tas forhåndsregler for å sikre at ingen trår i stykker vegetasjonen etter at den er plantet/lagt. Dette kan gjøres ved å etablere gangbaner, eventuelt å ved å sperre av hele taket for ferdsel (Noreng et al., 2012, Noreng, 2013).

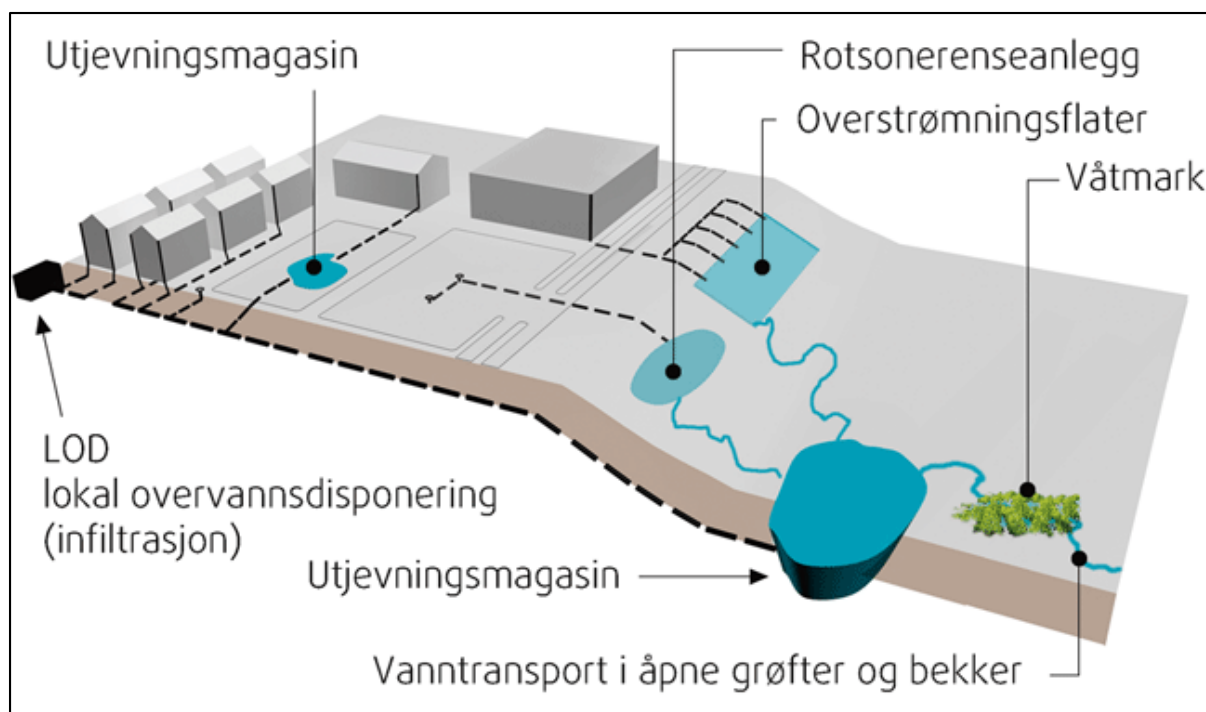
Ved bruk av prefabrikkerte sedum-matter vil tid være av essens når leveransen endelig når byggeplassen. Hvis det er noe som hindrer leverandøren av det blågrønne taket fra å legge mattene, vil det ikke være mulig å lagre sedum-mattene over lengre tid da de fort blir tørre og dør hvis de ikke er lagt ut og får tilgang til luft, vann og sollys (Noreng et al., 2012)

3.3.9 FORDRØYNING OG VANNLAGRING I BLÅGRØNNE TAK

En av de potensielt store fordelene med blågrønne tak er dets evne til å lagre, samt forsinke og fordrøye regnvann. I et klima i endring, vil man i Norge, mest sannsynlig se stadig flere regnskylt med stor intensitet, som vil sprengte kapasiteten på det eksisterende vann og avløpssystemet. Et eksempel er Oslo, som i 2014 opplevde 44 mm nedbør i løpet av en time noe som førte til flom (NRK, 2014). I dette kapitlet er det snakk om fordrøyningseffekten i ekstensive blågrønne tak. Dette fordi det antas at det er disse takene det bygges mest av, som det er gjort mest forskning på, samt at det antas at det tynne substratet vil gi mindre fordrøyningseffekt, som gjør at ekstensive tak antakeligvis blir dimensjonerende med tanke på en reduksjonsfaktor.

3.3.9.1 Overvannshåndtering

Oslo kommune har i sin strategi for overvannshåndtering i Oslo frem mot 2030 bestemt at det skal satses på overvannshåndtering ved bruk av flere åpne løsninger. Tradisjonelt har man løst overvannsproblematikk med å transportere bort vannet. Med åpne løsninger mener de regnbedd (kasser med vegetasjon), blågrønne tak og andre gjennomtrengende overflater som kan forsinke og samle regnvann lokalt (Oslo kommune, 2013, Hafskjold et al., 2012). Prinsippet er som vist i Figur 9, hvor man legger inn en rekke tiltak for åpen og lokal håndtering av overvann, hvor blågrønne tak er et av dem. Forhåpentligvis vil dette være med på å redusere flomtopper, samt skape bedre bomiljø for byens innbyggere.



Figur 14. Eksempler på lokal håndtering av overvann (Hafskjold et al., 2012)

3.3.9.2 Fordrøyning av flomtopper ved bruk av blågrønne tak

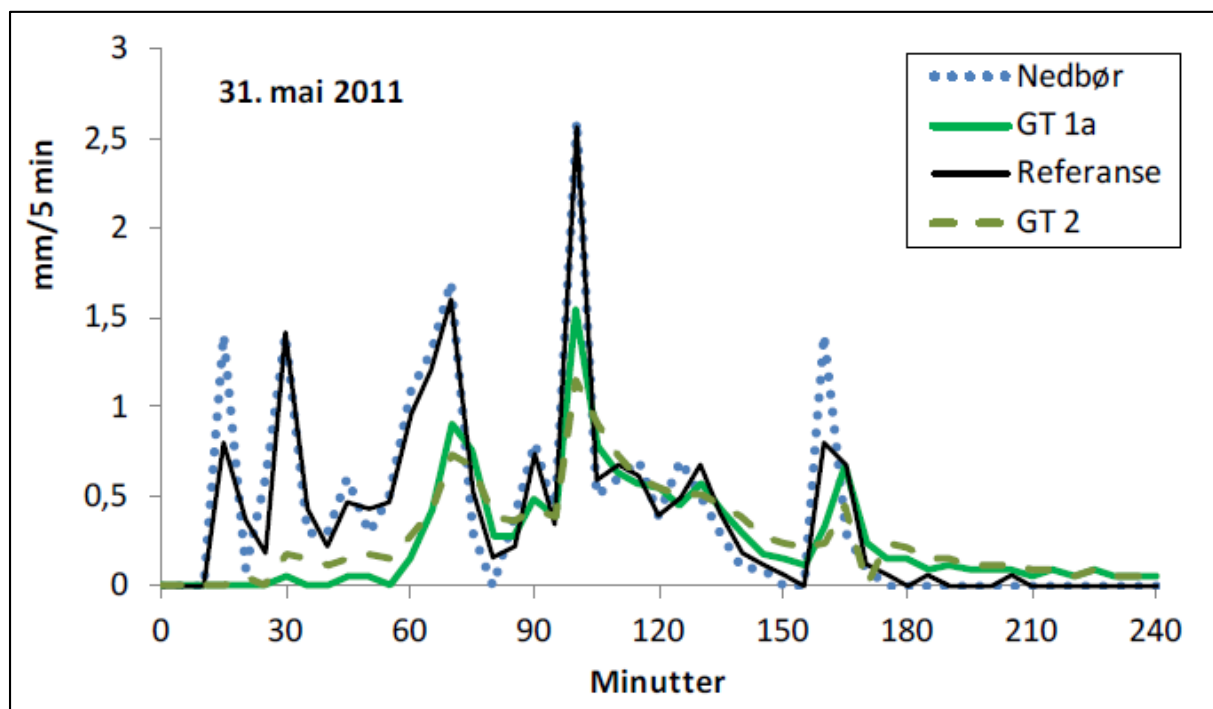
Flomtoppene, eller den største forventede regnmengden som lander på taket, vil være dimensjonerende for et avløpssystem, da dette gir en avrenningstopp. Med avrenningstopp menes det den største mengden vann som renner av taket i løpet av en tidsenhet. Det er derfor interessant å se nærmere på hvilke effekter et grønt tak har på de intense nedbørsmengdene (Braskerud, 2014). Både Braskerud (2014) og Stovin et al. (2012) har studert dette på ekstensive tak. De konkluderer med at de finner en tilbakeholding av regnvann, og at avrenning fra flomtopper reduseres i noen grad i forhold til vanlige tak. Dette støttes også av studier gjennomført av Villarreal og Bengtsson (2005), VanWoert et al. (2005) og Vanuytrecht et al. (2014).

Avrenning fra blågrønne tak er av Braskerud (2014) definert som:

«Avrenning fra blågrønne tak = nedbør - (intersepsjon + transpirasjon fra planter + evaporasjon fra jorda + tilbakeholding i substrat)»

Intersepsjon beskriver mengden nedbør som ikke når bakken, altså hva som blir tatt opp av plantene. Transpirasjon er fordampning av vann fra bladene på vegetasjonen. Evaporasjon fra jorda sikter til fordampning av vann fra jorda. Tilbakeholding i substrat sier noe om hvor mye vann selve jorda, eller substratet, kan holde før det har nådd sin metningsgrad (Braskerud, 2014).

Braskerud (2014) finner i sitt studie i Oslo at ekstensive tak reduserer avrenning ved intense nedbørmengder, noe som vises i Figur 10, hvor GT1a er et ekstensivt grønt tak drenert med filt, mens GT2 er tak med filt uten drenering.



Figur 15. Avrenning fra forsøksstak i Oslo. GT1a og GT2 er tak med bergknapp, henholdsvis et drenert og et udrenert. I tillegg viser figuren et referansetak med asfalttekke (Braskerud, 2014)

Begge takene i Figur 10 ble klassifisert som våte (det hadde regnet i forkant) før det store regnskyellet kom, og viste at avrenningstoppen ble redusert med henholdsvis 41 % og 56 %. I tillegg ser man at avrenningen forsinkes, ved at volumet av regn renner av ved et senere tidspunkt. Stovin et al. (2012) mener at det kan ta opp mot 18 minutter før det renner like mye vann per tidsenhet fra et ekstensivt tak sammenlignet med vanlige tak. Det er en rekke andre studier som ser på det samme. Mentens et al. (2006), Villarreal og Bengtsson (2005), (VanWoert et al., 2005) og (Nawaz et al., 2015) får alle noe forskjellige verdier for reduksjon i avrenningstopp, men de konkluderer med at det blågrønne taket forsinkes og reduserer avrenningen fra tak.

Braskerud (2014) konkluderer med at tilbakeholdelsen av regnvann er avhengig av årstid, men at det meste av regnet faller om sommeren, hvor fordøyningseffekten er på sitt beste. Allikevel er tilbakeholdningen sjeldent dårligere enn 20 %. Som nevnt over er ikke dette tilsvarende med andre studier, da tilbakeholding er avhengig av lokale, regionale og nasjonale faktorer (Wong og Jim, 2015).

3.3.9.3 Reduksjon i årlig avrenning

Bengtsson (2005) har gjennomført et studie på ekstensive tak i Augustenborg i Sverige, som har relativt likt klima man har på Østlandet i Norge. Studien viser at avrenningen fra det blågrønne taket over en periode på 1,5 år, ble redusert med 66 % i forhold til normale tak. Dette samsvarer ikke helt med hva Braskerud (2014) finner, da det her rapporteres en reduksjon i årlig avrenning på ca. 25 % av årsnedbøren. Samtidig påpekes det at effekten muligens blir større ved større takareal, noe som kan forklare forskjellen mellom de to studiene. Mentens et al. (2006) har gjort et studie av en rekke tyske tak, hvor det presiseres at reduksjon i avrenning er avhengig av en rekke faktorer, noe som kan forklare at forskjellige studier får forskjellige resultat.

3.3.9.4 Faktorer som påvirker fordrøynings-effekten

Som vist i ligningen fra Braskerud (2014) i kapittel 3.3.9.2 er det flere faktorer som påvirker det blågrønne takets evne til å fordrøye regnvann.

Det er funnet at grønne taks vannlagringskapasiteten øker hvis substratets tykkelse øker. Dette henger igjen sammen med hva substratet består av, og om det er brukt matjord, lavastein, pimpstein eller brent tegl som er brukt. Forskjellen ligger i hvor stort porevolum substratet har. Porevolumet blir bestemt av fordelingen og størrelsen av partikler i substratet (VanWoert et al., 2005, Mentens et al., 2006, Braskerud, 2014). Det er også gjort studier som viser at takets evne til å holde på regnvann øker med tiden. På et 43 år gammelt tak i Manchester ble det observert at organisk materiale hadde akkumulert i taket, noe som førte til at vannlagringskapasiteten og fordrøyningsegenskapene til taket hadde økt (Speak et al., 2013).

Lokalt klima vil også ha mye å si for takets evne til å holde vann. Når porene i substratet er mettet, vil ikke nedbør fanges opp av substratet. Det er observert at det blågrønne taket fortsatt forsinket avrenningen i noe grad, da vannet må bevege seg igjennom substratet. Dette vil også si at tiden det tar før substratet er tørt har mye å si for vannlagringskapasiteten. Dermed er temperatur, solinnstråling og nedbørsfrekvens- og intensitet, med på å påvirke takets fordrøyningssevne (Noreng et al., 2012, Stovin et al., 2015).

Ikke minst vil plantetypen som brukes på taket ha innvirkning på vannlagringskapasiteten. Transpirasjon fra plantene vil ifølge Braskerud (2014) bidra til å redusere avrenningen fra tak, ved at vann fordampes fra bladene før de treffer bakken. Denne effekten er altså avhengig av størrelsen og høyden på vegetasjonen, men også av temperatur, relativ luftfuktighet, stråling og vind (Stovin et al., 2012).

4 RESULTATER

For å avdekke utfordringer ved ombygging av eksisterende tak til blågrønne takløsninger ble det gjennomført intervju av relevante aktører med erfaring på området, inspeksjon av case-tak, studie av historiske anvisninger i SINTEF Byggforskserien og gjennomgang av sjekklister fra rådgivende ingeniører. Dette kapitlet vil presentere og oppsummere noen av funnene.

4.1 BYGGFORSKERIEN

Frem til 1977 ble serien sortert etter tema med en prefiks satt i klammer, som f.eks. (27).001, hvor 27 var kode for massive tak³. Etter dette og frem til i dag er Byggforskserien bygget opp i tre deler; Planlegging, Byggdetaljer og Byggforvaltning hvor alle har ett 6-sifret nummer. Planlegging har førstesifre 2 og 3, byggdetaljer fra 4 og 5, og forvaltning 6 og 7. Disse tre delene tar altså for seg arbeidet som må gjøres før bygging, hvordan å bygge på en fornuftig måte, samt hvordan å sikre at byggene blir tatt vare på. Løsningene man finner i serien oppfyller også kravene i PBL og tekniske forskrifter. Alle de tre delene har vært relevante for oppgaven, men i størst grad byggdetaljene og byggforvaltningen (SINTEF Byggforsk, 2016b).

Som en del av arbeidet med denne oppgaven har 38 historiske anvisninger i SINTEF Byggforskserien blitt gjennomgått. Dette har blitt gjort av flere grunner blant annet for å øke egen kunnskap om hva som ble ansett som god byggeteknikk i Norge i etterkrigstiden, men også for å se hvilke utfordringer som er knyttet til tak bygget i forskjellige perioder, og se på utviklingen av materialer og byggemetoder. Hovedfokuset er lagt på taktekking, massive tak, samt generelle luftede skrå tak. Tabell 4 lister en oversikt over alle anvisningene som har blitt gjennomgått, og korte notater fra de forskjellige anvisningene kan finnes i vedlegg C.

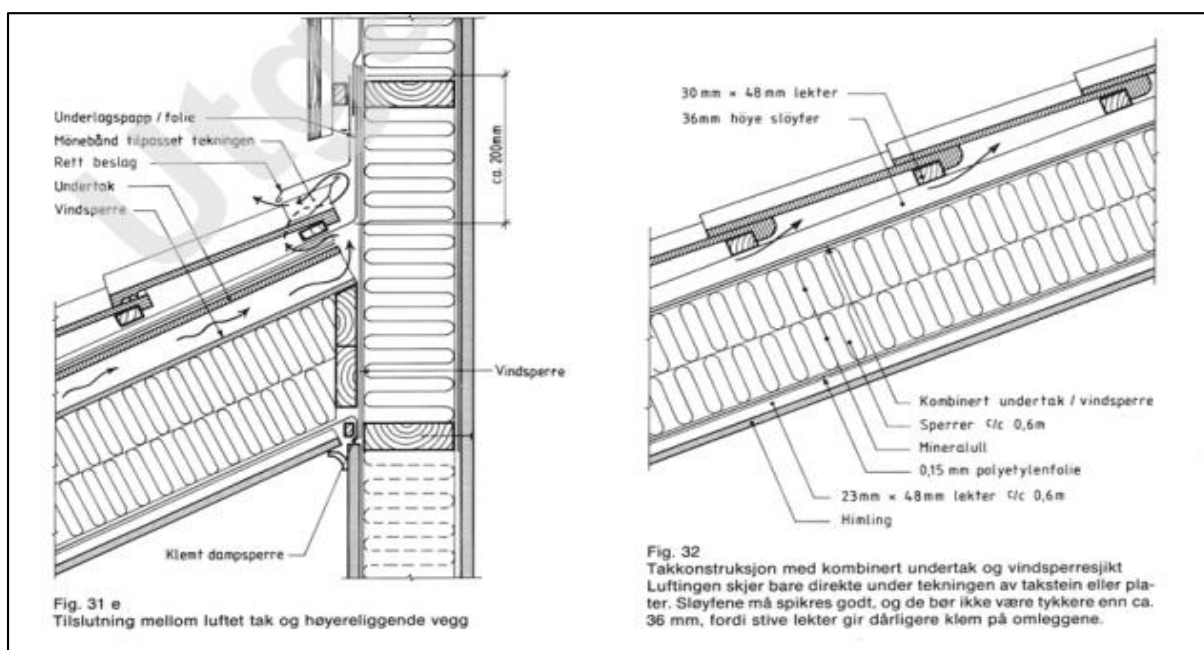
³ I dag kaller vi dette kompakte tak

Tabell 4. Oversikt over anvisninger i Sintef Byggforskserien som er gjennomgått

ÅRSTALL	NR.	NAVN
1958	(27).001	Tak av tre. Varmeisolasjon og gjennomlufting
1964	(27).001	Skrått tak av tre. Dampsperre, varmeisolasjon og gjennomlufting
1967	(27).001	Tak. Typer, problemer og funksjoner
1971	(27).511	Skrått tak av tre. Over oppvarmede rom
1977	525.103	Skrått tak av tre over oppvarmede rom
1982	525.100	Tretak. Varmeisolering, tetting og lufting
1987	525.100	Luftede tretak. Varmeisolering og tetting
1975	(27).513	Tretak med kaldt loft. Himling, sperresjikt, mineralull, lufting
1979	525.002	Generelt. Definisjoner, påkjenninger og valg av taktype
1988	525.002	Tak. Generelt. Definisjoner, påkjenninger og egenskaper
1996	525.002	Takkonstruksjoner. Valg av konstruksjonstyper og materialer
2007	525.002	Takkonstruksjoner. Valg av taktype og konstruksjons-prinsipper
1958	(47).201	Tekking av flate tak. Takform og underlag
1958	(26).001	Massive tak. Gjennomlufting og varmeisolasjon
1964	(26).001.2	Massive tak. Gjennomlufting, varmeisolasjon, dampsperre og generelle detaljer
1958	(26).301	Massive tak. Betongdekke med plasstøpt lettbetong
1958	(26).302	Massive tak. Reperasjon og vedlikehold
1958	(26).305	Massive tak. Betongdekke med sporede varmeisolasjons-plater
1958	(27).301	Oppforet tak. Betongdekke med mineralull
1966	(27).301	Oppforet tak av tre over betong eller lettbetong
1993	525.105	Oppfõret tretak på dekke av betong eller lettbetong
2010	725.115	Oppfõret tretak på dekke av betong. Utbedring og ombygging
1965	(26).305	Massive tak. Uluftede med lette isolasjons-materialer
1973	(27).411	Massive tak. Varmeisolert med ekspandert polystyren
1977	525.203	Kompakte tak med isolasjon av ekspandert polystyren
1985	525.203	Kompakte tak med isolasjon av ekspandert polystyren
1989	525.207	Kompakte tak
1998	525.207	Kompakte tak. Del I og II
2000	525.207	Kompakte tak
2007	525.207	Kompakte tak
1964	(26).307	Massive tak. Ombygging og utbedring av gamle massive tak
1983	525.213	Kompakte tak med profilerte stålplater og overliggende isolasjon og tekking
1958	(47).301	Taktekking. Papp
1968	(47).112	Taktekking. Papp. Takhellinger, takformer, tekkingsmetoder, detaljer
1979	544.203	Tekking med papp. Metoder og tekkebetingelser
1987	544.203	Tekking med asfalt takbelegg. Metoder og tekkebetingelser
1972	(47).111	Taktekking - Papp. Takformer og tekking
1972	(47).112	Taktekking - Papp. Detaljløsninger
2008	544.204	Tekking med asfалttakbelegg eller takfolie. Detaljløsninger

4.1.1 SAMMENDRAG FRA BYGGFORSKSERIEN

Flere av de første anvisningene i Byggforskserien fokuserer på tak. Anvisninger for ulike typer takstoler er viet hele 8 blader (fra (27).101-(27).108) og anvisningene tar for seg ulike typer tak av tre (SINTEF Byggforsk, 2016a). (27).001 behandler «tradisjonelle» tak med lufting og en form for to-trinnstetting. Her var prinsippet at man luftet under takkonstruksjonen for å unngå smelting av snø inne på taket, for at det så kunne fryse ved ender og i takrenner. Anvisning 525.101, som er gjeldende i dag, inneholder mange av de samme poengene, selv om detaljgraden er større, med nye materialer som skal sørge for at det ikke oppstår inndrev av nedbør (Bøhlerengen, 2007). I 1987 i anvisning 525.100 «*Luftede tretak – varmeisolerings og tetting*» så innfører man f.eks. kombinasjon av vindsperre og undertak som vist i Figur 16 (Mangor-Jensen, 1987).



Figur 16. Illustrasjon over forskjellen på "gammel" og "ny" løsning for lufting av tak. "Ny" løsning har kombinert undertak og vindsperre (Mangor-Jensen, 1987).

Fra 1977 var man også klar over problemer knyttet til at det er fare for å ta hull på dampspennen ved bruk av elektrisk anlegg montert i taket, som f.eks. ved bruk av spotlights. I 523.103 «*Skrått tak av tre over oppvarmede rom*» viser dermed et par detaljer om hvordan dette kan gjøres på en god måte (Juil, 1977).

Oppførede tretak på dekke av betong er behandlet igjennom hele Byggforskseriens levetid. Kort forklart er dette et tretak bygget over et betongdekke, og er presentert i teori-kapittelet 0. Etterhvert som nye utgaver av Anvisningen blir utgitt legges det mer og mer vekt på tilstrekkelig lufting, og at lufteåpningene er gode. Detaljløsninger knyttet til dette blir også presentert, og her blir det påpekt

at kanalene i parapet, eller gesims, må være store nok til å ha tilstrekkelig lufting, samtidig som de må sikres mot inndrev fra regn og snø. Dette gjøres på forskjellige måter, men hovedsakelig ved å ha beslag med dryppnese over åpningene. Det siste Anvisningen i serien har tittelen «*Oppfôret tretak på dekke av betong - Utbedring og ombygging*», og som tittelen tilsier så bygges det ikke mange nye tak med denne løsningen, men det finnes en del av dem som kan trenge utbedring og ombygging. Geving og Thue (2002) skriver at taktypen fungerer godt, og at den er enkel å bygge og vedlikeholde, men at den er uheldig med tanke på brann.

Anvisningene om massive tak er forgjengeren til dagens anvisninger om kompakte tak. Disse ble i starten klassifisert som (26).-serien. Det var ikke foreslått noen dampsperre, og materialene som ble brukt til isolasjon kunne være kork og treull, som begge er organiske. Derfor laget man luftespalter i den «massive» konstruksjonen for at byggfukt og eventuell fukt som måtte komme innenfra skulle ha en mulighet til å bli luftet ut av konstruksjonen. I 1977 byttet begrep til kompakte tak og man får et eget blad som behandler kompakte tak med ekspandert polystyren nå med nummer 525.203.

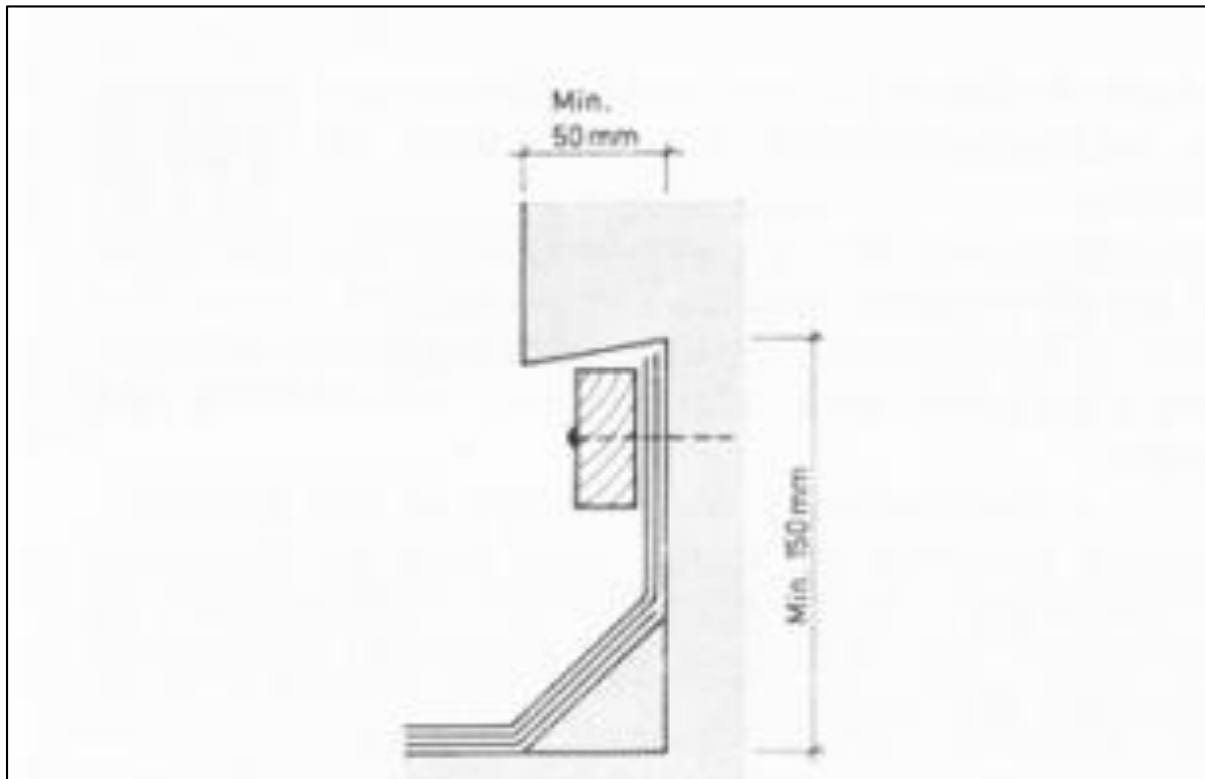
Taktekking er også noe som har utviklet seg igjennom årene. Fra 1958 er det taktekking i papp, takstein og naturstein som er de gjeldende materialene. Papptekkingen har endret seg igjennom tidene. Fra å gå fra et nærmest fullstendig, organisk produkt i cellulose og bitumen, finnes det i dag flere typer, med stamme (kjerne) av glassfiber og polymerere. Asfaltekking er som regel anbefalt for tak med liten helning, og er derfor brukt på de «massive» takene, samt oppfôrede tretak, og de mer moderne utgavene er i bruk den dag i dag.

Festing av taktekking behandles i de aller første anvisning, frem til i dag. Løsningene er nogen lunde de samme med mekanisk innfesting, ballast og klebing. Mekanisk innfesting anbefales, både i 1958 og nå. Dagens utgave for detaljløsninger behandler både folier og asfaltbelegg. Den er meget omfattende, og åpner også for å klebe spesielle typer folie. I tillegg er det nå tatt ut en typisk detalj som har blitt benyttet i anvisningene før. En overgangslekt, som benyttes når man skal ha overgang mellom en vertikal konstruksjonsdel. Et eksempel vises i Figur 17. Her vises forøvrig også en måte å sikre tette overganger på ved hjelp av en nisje, eller en såkalt utsparing, i den vertikale veggen.

4.2 CASE-TAK

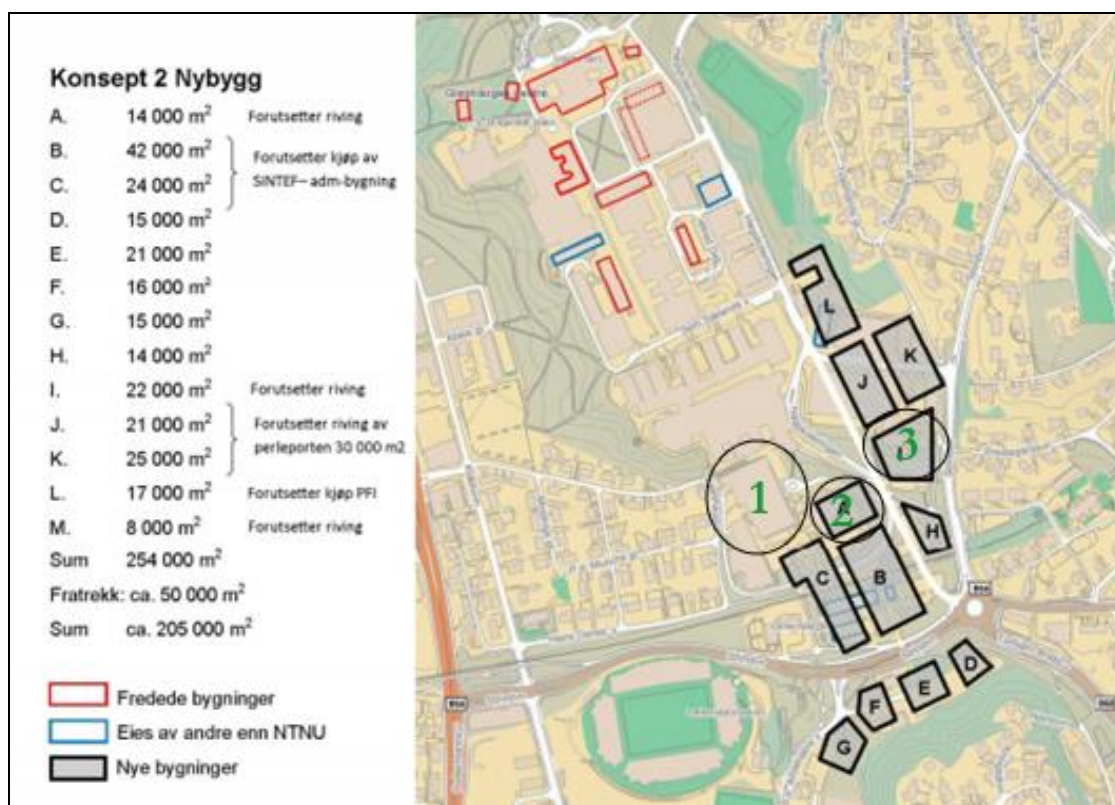
For å undersøke mulighetene for å gjøre om et utvalg av takene på campus Gløshaugen på NTNU til blågrønne tak, har det blitt tatt utgangspunkt i tre bygg i det sørøstre området av campus ettersom NTNU's campusprosjekt har utredet ett alternativ om å bygge ut campus i det de kaller

kompakt retning sør (Spilsberg, 2014). Hvis dette velges vil det medføre en fortetting av bebyggelsen rundt den sørlige delen av campus Gløshaugen. Tradisjonell overvannshåndtering gjøres ved å avlede vannet i rør og fordrøye det i større bassenger hvis nødvendig. Et alternativ er å bruke vegetasjon og infiltrasjon til grunn, men i områder som på Gløshaugen, hvor store deler av bebyggelsen blir fortettet, er ikke dette mulig. Derfor kan vegetasjon på takene, og blågrønne takløsninger være et alternativ til fordrøyningsbasseng (Hafskjold et al., 2012).



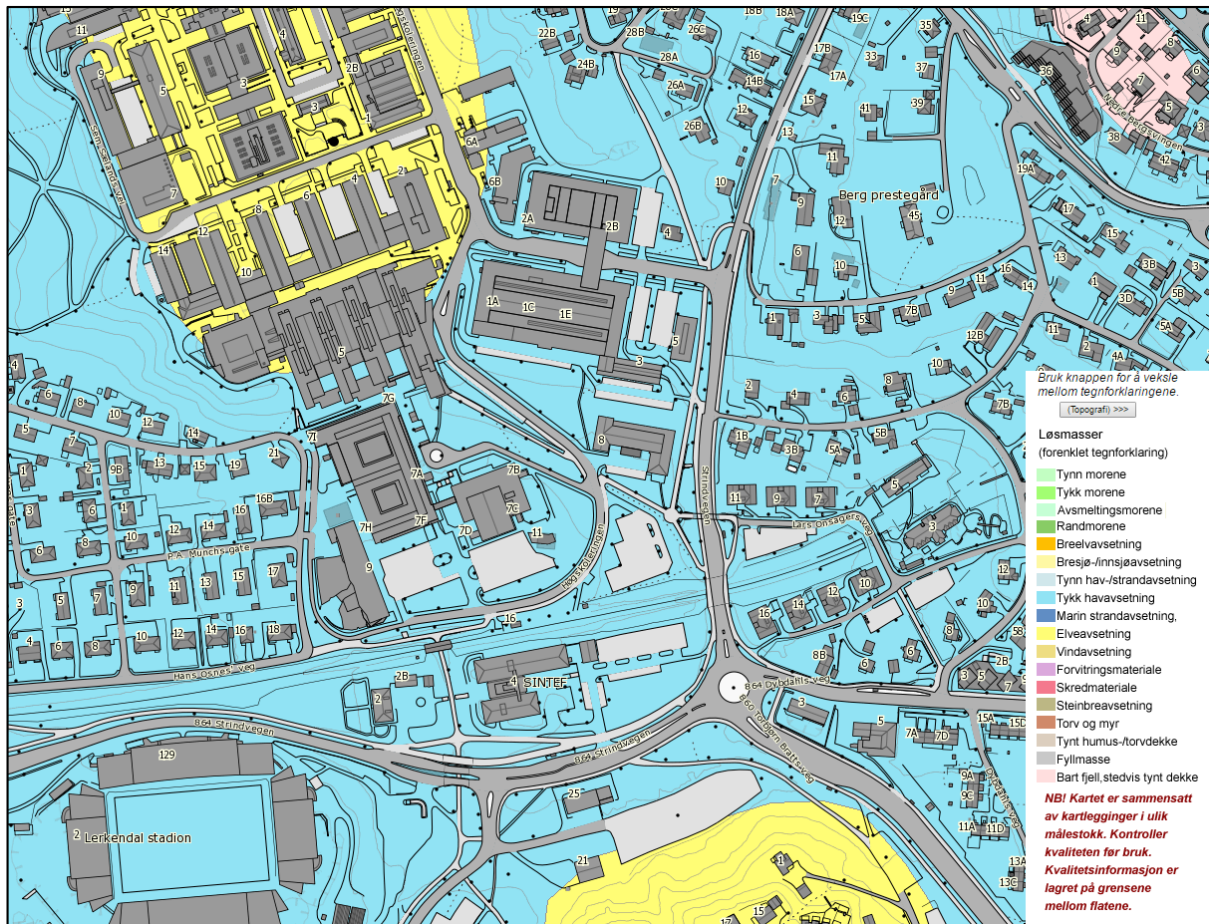
Figur 17. Eksempel på detaljløsning for klemming av membran, og bruk av "trekantlekt" for å lage overgang mellom horisontal og vertikal konstruksjon (Norsk byggforskningsinstitutt, 1972)

Figur 18 viser hvor alternativet *campus kompakt retning sør* muligens skal bygges ut. Her er også case-takene markert. Som det kommer frem av figuren, vurderes det å bygge store flater, til og med i områdene med kvikkleire som vises på Figur 20.



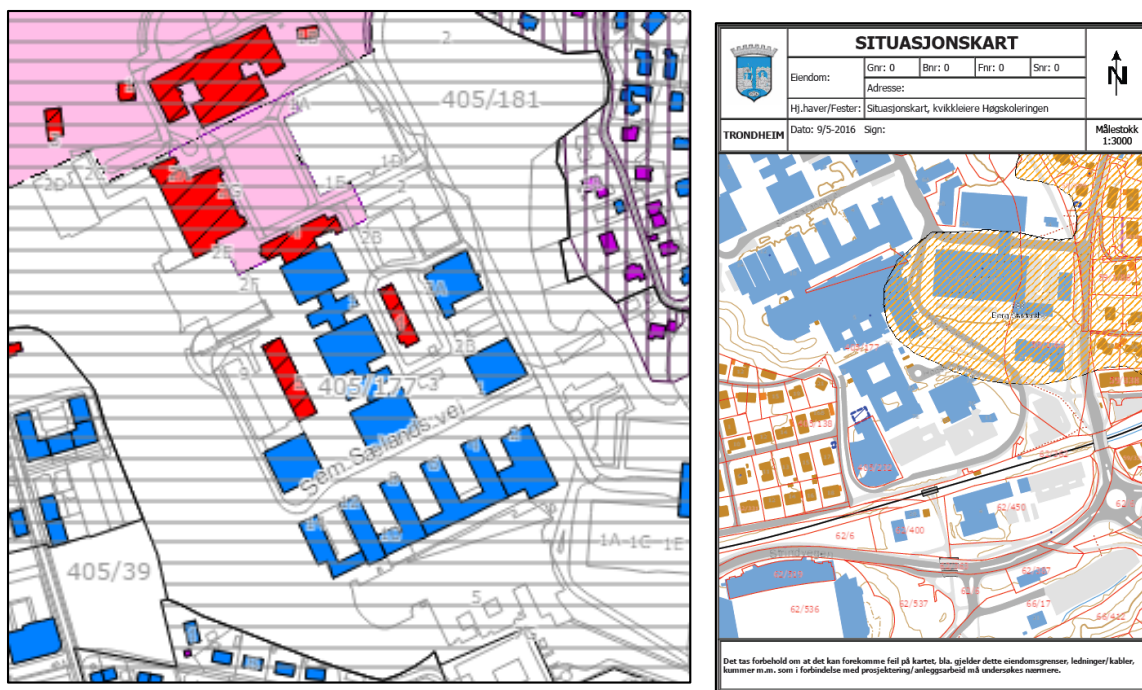
Figur 18. Konsept 2. Skisse over mulig plassering av bygg i «campus sør». 1 viser Høgskoleringen 7 A, 2 Høgskoleringen 7 B, 3, Høgskoleringen 8 (Spilsberg, 2014).

Gløshaugen ligger på elveavsetninger og tykke havavsetninger. Dette vises i Figur 19. I tillegg er det påvist kvikkleire i området rundt campus som vist i Figur 20 (NGU, 2015). Kvikkleire kan gjøre grunnarbeider komplisert, og må i det minste gjøres med stor varsomhet. I tillegg kan det virke som om overvannshåndteringen i dette området ikke har vært god. Laboratoriesjef på SINTEF, har opplevd oversvømmelser og tilbakeslag etter kraftig nedbør i Høgskoleringen 7B. Det måtte gjøres utbedringer og det ble tap av utstyr og materiell. Videre antok han at problemet ble løst ved å bytte ut avløpsrøret i nærheten av Høgskoleringen 7B med en større dimensjon, men alt i alt vitner det om at avløpssystemet i området nærmer seg maksimal kapasitet.



Figur 19. Oversikt over løsmasser for området Gløshaugen syd (NGU, 2015)

En del av bygningene på campus Gløshaugen er vernet. Figur viser aktsomhetskart av kulturminner over Gløshaugen. Den røde skravuren viser fredede bygninger, mens blå farge viser antikvarisk verdi, og den stiplede, lysegrå skravuren viser at hele området er i det som kalles «Hensynssonene» i Kommuneplanens arealdel (Trondheim kommune, 2016a). Hensynssonene er områder med miljøer med kulturhistoriske verdier og skal styrke kulturminnevernet i Trondheim (Trondheim kommune, 2016b).



Figur 20. Venstre bilde viser aktsomhetskart over NTNU. Høyre bilde viser Situasjonskart over Gløshaugen syd. skravert område viser område med kvikkleire (Trondheim kommune, 2016c)

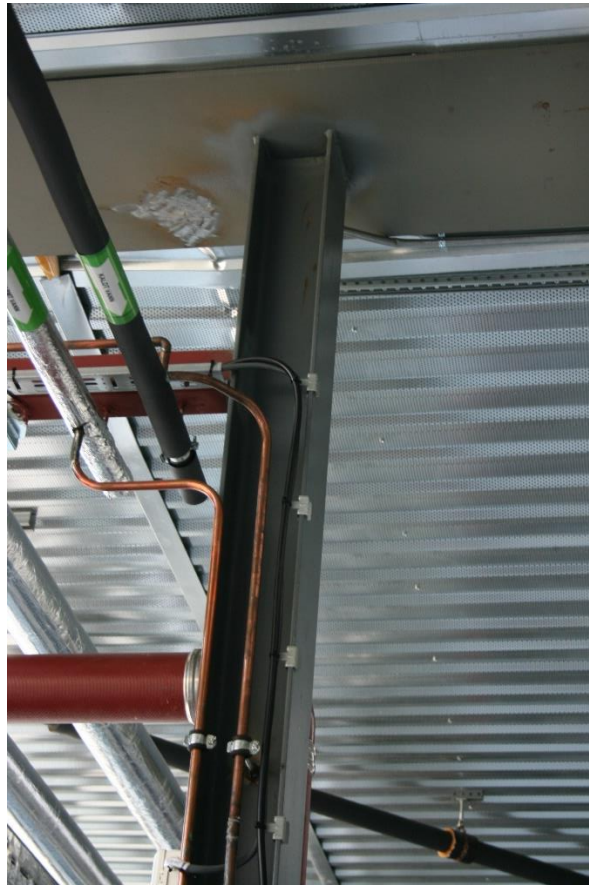
4.2.1 HØGSKOLERINGEN 7A

Høgskoleringen 7A ble oppført i 1975 og tegnet av arkitekt Nils Henrik Eggen (Byggenytt, 2016). Bygget er av funksjonalistisk stil, kjennetegnet ved at bygget skulle være uttrykket som en bruksgjenstand, med enkel geometri (Risåsen, 2011). Bygget ble opprinnelig tegnet med tre etasjer som skulle fungere som lokaler for bygningsingeniører samt laboratorium, men gjennomgikk en ombygging i 1997, hvor det ble bygget en etasje for institutt og studenter (Statsbygg, 1994).

Originalbygget fra 1975 er konstruert med dekkelementer i betong og søyler med avstand vist i Figur 21. For påbygget er bærekonstruksjonen utført i stålrammer, med doble søyler plassert rett over de underliggende betongsøylene. H-bjelker med underflens er brukt som opplegg for lettakementer som danner takkonstruksjonen. Den samme oppbyggingen er brukt på ventilasjonsrommet (3. etasje).

Byggets bæresystem er opprinnelig dimensjonert for laster tilsvarende 7 kN/m^2 . I prosjektingen av byggingen av en ny etasje i 1997 ble nye standarder tatt i bruk. Dette førte til en negativ lastøkning ved byggingen av den nye etasjen. Elvegrus ble fjernet og reduksjonsfaktorer for nyttelast ble brukt for de underliggende etasjene. Etter de nye beregningene får man altså ikke noen økt belastning på den eksisterende bærekonstruksjonen fra 1975, men i teorien fikk man en

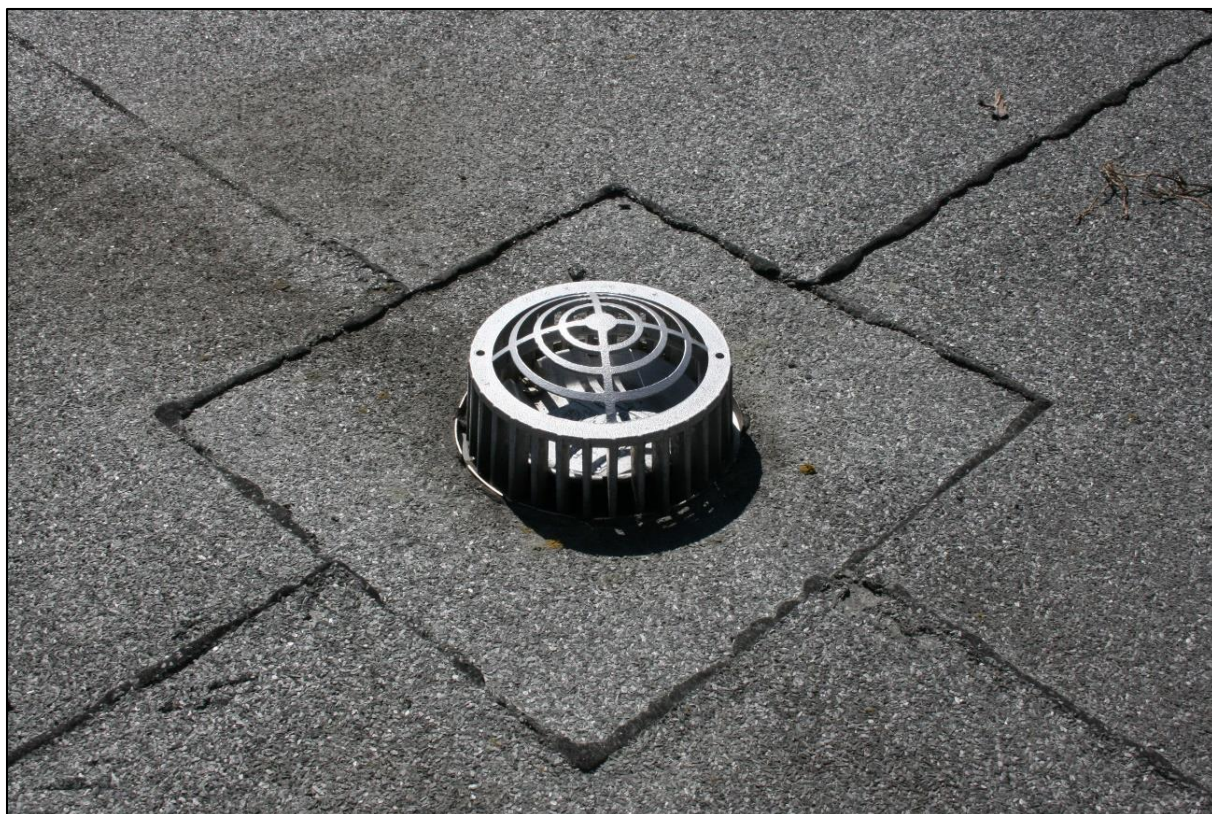
lastreduksjon på 0,55 kN/m². Dette betyr at man har mer kapasitet på det nye taket enn hva man hadde før ombyggingen (Statsbygg, 1994).



Figur 21. Bilde over bærekonstruksjon i påbygget på Høgskoleringen 7A. Foto: Petter Martin Skjeldrum

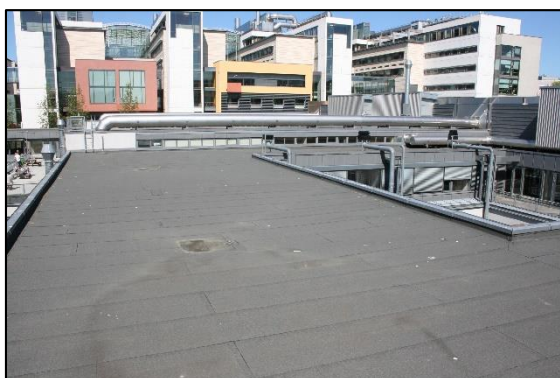
I følge dokumentasjon, funnet på Trondheim byarkiv, er taket av typen DINA-lett-takelementer. Det antas videre at dette er av samme type som i SINTEF Certification. Denne takkonstruksjonen er beskrevet i kapittel 3.1.4.

Etter inspeksjon viste det seg at taket var i god stand. I følge driftsansvarlige blir taket vedlikeholdt jevnlig, opptil 4 ganger i året. Da inspiseres taktekking og sluk renskes. Dette måtte gjøres hyppig da slukene som er brukt har relativ liten avstand mellom den innerste risten og membran, noe som gjorde at de kan gå tett. Figur 22 viser sluk og tekking for utvalgte områder over taket.



Figur 22. Sluk på tak Høgskoleringen 7A. Foto; Petter Martin Skjeldrum

Som vist i er det en rekke «halvetasjer» med vinduer og annet utstyr på taket. Avstanden fra membran til bunn av beslag er målt til ca. 20 cm. Til sammenlikning vil en fullverdig sedumtak-konstruksjon fra leverandøren Bergknapp øke høyden på taket med ca. 5 cm (Bergknapp, 2015).



Figur 23. Oversiktsbilde av tak Høgskoleringen 7A, samt bilde av "halvetasje" mot vinduer. Foto; Petter Martin Skjeldrum

4.2.2 HØGSKOLERINGEN 7B

Høgskoleringen 7B er bygget i 1975, samtidig som Høgskoleringen 7A. Bygget huser i dag SINTEF byggforsk Trondheim med kontorlokaler og en rekke laboratorier. Bygget har i likhet med Høgskoleringen 7A gjennomgått utbedringer og ombygginger gjennom årene, med nytt ventilasjonsanlegg og oppgradering av taktekkning.

Det antas at bygget har samme bærekonstruksjon som 7A, bygget i betongelementer. Taket er derimot av en annen sort. Her er det brukt takfolie som vist på Figur 24. Hvor man også se at det står vann på taket, selv etter at det har vært en periode med tørt vær. Det er derimot ingen tegn til lekkasjer. Taket er festet på forskjellige måter. Bakerst i bildet kan man se at taket er ballastert. Lengst frem i bildet er taket mekanisk festet ifølge intervjuobjektet med kunnskap om taket. Taket på andreetasjen er festet på en spesiell måte - med et «vakuum» -system. Dette fungerer ved at ventilene (som også kan sees på bilde) sørger for at takfolien trekkes ned ved hjelp av sug og undertrykk når det blåser inn mot parapet på taket.



Figur 24. Bilde av taket på Høgskoleringen 7B. Mekanisk innfestet takfolie nærmest nederst i bilde, ballastert tak helt ytterst, mens annenetasjen til venstre er takfolie med "vakuum"-festing. Foto: Petter Martin Skjeldrum

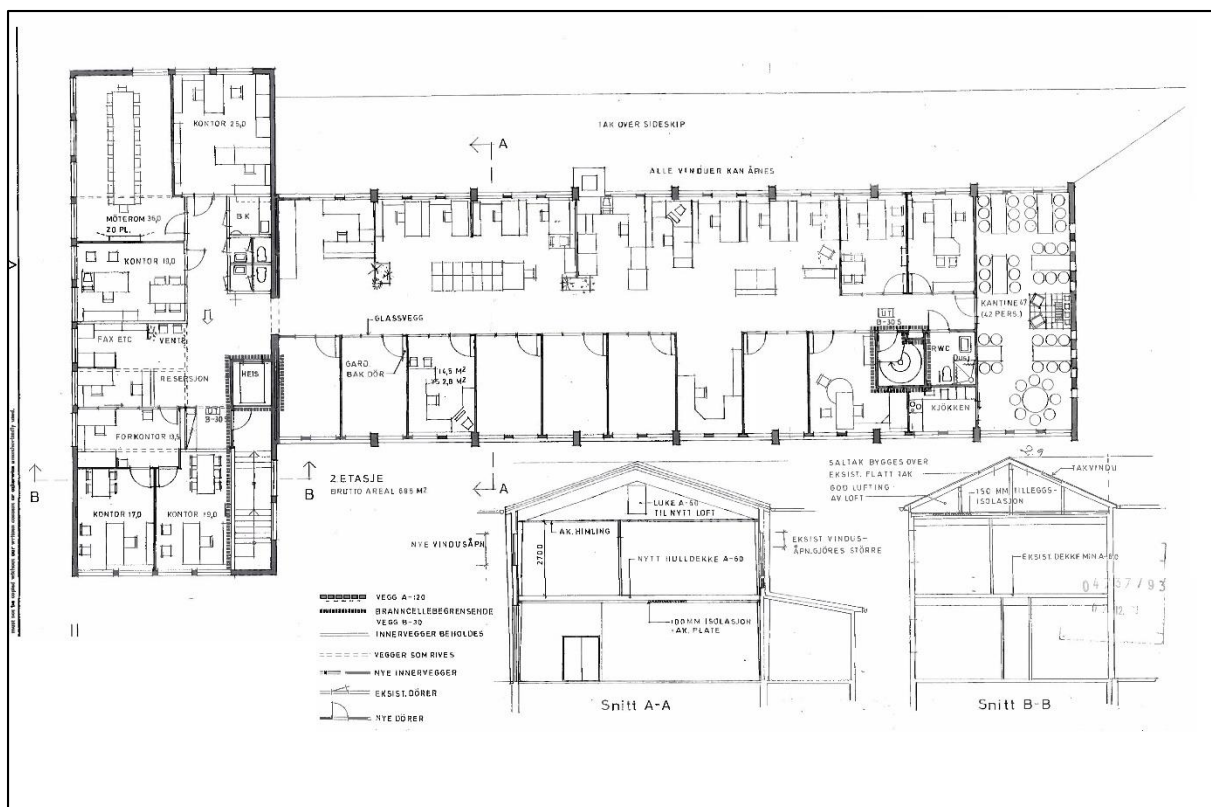
4.2.3 HØGSKOLERINGEN 8

Høgskoleringen 8, kalt Driftssentralen da det huser NTNU's driftsavdeling, er bygget i 1960 tegnet av arkitekt Ivar Aukrust. Bygget er oppført i 1960 i plass-støpt betong og i 1994 ble det gjennomført en større ombygging. I denne ombyggingen ble det, i det som tidligere het «brannlaboratoriet», bygget en ny mellometasje utført med betongelementer med tynnavretting, opphengt på den eksisterende bærekonstruksjonen. Det eksisterende saltaket over hallen ble rehabilitert, men ikke endret i større grad, annet enn at det ble installert en himling som vist på tegningen i Figur 26 (Grøner LBR AS, 1993).

Før ombyggingen av Høgskoleringen 8, hadde sør/nord (kan refereres til som del B-B) delen av bygget et flatt kompakttak. Dette taket antas å ha vært et rettvendt kompakttak. Under ombyggingen ble det bygget et saltak over dette kompakttaket, som nå ble et kaldt, luftet loft. Delen som ligger vest/øst (kan refereres til som del A-A) har også saltak, men med varmt loft med isolasjon i mellom sperrene, hvor det kun er en akustisk himling mellom kontorlokalene og selve takkonstruksjonen. På grunn av de ulike takkonstruksjonene i ett og samme bygg, ble dette bygget brukt som utgangspunkt for diskusjon i flere av intervjuene.



Figur 25. Høgskoleringen 8, Driftssentralen. Foto; Petter Martin Skjeldrum



Figur 26. Plantegning for ombyggingen av Høgskoleringen 8, Driftssentralen.

4.2.4 NYDALSVEIEN 30 A OG B

I tillegg til å se på de utvalgte byggene på Gløshaugen, inkluderes Nydalsveien 30 A og B, som skal bygges om i løpet av 2016 til blågrønne tak. Årsakene til at eiendomsutvikleren velger å bygge om disse takene er flere. I utgangspunktet mener eiendomsutvikleren/utbyggeren at de har et ansvar for å bidra til overvannshåndteringen i området, og at dette kan gjøres med blågrønne tak.

Nydalsveien 30 A er ca. 600 kvadratmeter stort og er bygget i 1934 med ombygginger i 1962, 1991 og 2008. I dag fungerer bygget som kontorlokaler og restaurant/bar. Som vist i Figur 27 er taket i ganske god stand og det har blitt bestemt at man ikke trenger å gjøre noen utbedring av dette taket før man legger det blågrønne taket. Ifølge utbygger har det vært inspeksjon av asfalttekkingen, og taket er velfungerende uten feil. I tillegg ser det ut til at beslag på parapet er i orden. Det er få gjennomføringer og tilsynelatende god helning mot sluk. Det som ikke vises, er om det er noen overløp.



Figur 27. Bilde av taket på Nydalsveien 30 A. Foto: Petter Martin Skjeldrum

Nydalsveien 30 B ble bygget i 1947 med ombygginger i 1974, 1998 og mellom 2014 og 2016. Nydalsveien 30 B vest og øst er henholdsvis vist i Figur 27 og Figur 28. Totalareal er på ca. 800 kvadratmeter. Dette taket er også utført i asfalt takteking, og man kan se av bildet at den østlige delen er eldre enn den vestre. Dette fordi den østlige delen ikke har vært rehabilitert siden 1991, mens delen i vest ble lagt i 2008. Eiendomsutvikleren som eier bygget vil derfor legge ny takteking på den østlige delen før de bygger det blågrønne taket.

Ut ifra bildet, og det man kunne se fra avstand, er det nærmest ingen høydeforskjell mellom parapet og høybrekk i taktekkingen. Ellers virker det som om taktekkingen på den vestre siden er i god stand, noe som ble bekreftet av utbyggeren.



Figur 28. Nydalsveien 30 B, vestre del av taket. Foto: Petter Martin Skjeldrum



Figur 29. Nydalsveien 30B, takteking øst. Foto: Petter Martin Skjeldrum

4.3 INTERVJUER

For å undersøke nærmere hva slags utfordringer som finnes ved ombygging av eksisterende bygningsmasse, kontra å bygge nye tak, ble det gjennomført case-intervjuer med ulike aktører i byggebransjen med ulik kompetanse. Case-arbeid i grupper antas å være en god måte for å komme frem til informasjon man muligens ikke ville fått med tradisjonelle intervjuer. Metoden er beskrevet i kapittel.

Case-objektet var Høskoleringen 8. Bygget ble valgt ut grunnet egenskaper det har som kunne danne et godt grunnlag for diskusjon. Resultater som går konkret på case-takets utførelse er presentert i kapittel 4.3.9.

4.3.1 KRITERIER FOR Å GJENNOMFØRE EN OMBYGGING

Flere av intervjuobjektene presiserer at et av premissene for å kunne ombygge et tak til en blågrønt tak, må være at taket allerede trenger en oppgradering eller rehabilitering. I tillegg nevner rådgivende ingeniør at det må være en klar hensikt med å bygge et blågrønt tak. Hva ønsker byggherre å oppnå? Flere av intervjuobjektene lister en rekke fordeler med den blågrønne takløsningen, som det estetiske og økning i økologisk mangfold, men det er ifølge rådgivende ingeniør de eneste fordelene man kan «selge» inn. For eksempel er ikke dokumentasjon om fordrøyning og besparelser knyttet til dette tilgjengelig i Norge enda. Eventuelt vil man kunne ta utgangspunkt i at taktekkingen får lengre levetid som følge av at den beskyttes av den overliggende blågrønne takløsningen, men også dette er uten dekning i forskning. Å bygge om taket kun for å ha et blågrønt tak vil derfor være for kostbart, og med for få fordeler i seg selv. Skal man bygge om taket bør en derfor se på muligheten for å øke isolasjonsverdien, eller for å få en annen form for gevinst.

Eiendomsutviklerne som ble intervjuet har, som beskrevet i kapittel 4.2.4, to ombyggingsprosjekter underveis. Grunnene deres for å ombygge takene til å ha blågrønne takløsninger er flere. Først og fremst tror de at kommunen og vann- og avløpsetaten ikke kan løse problematikken knyttet til overvannshåndtering alene, da de ikke har hjemmel til å endre eksisterende bebyggelse. Selv om det ikke finnes noen klare tall på fordrøyningseffekten til blågrønne tak, har eiendomsutviklerne tro på at de har en effekt. Derfor tar de selv samfunnsansvar for å bygge om takene som et forsøk, for å se effektene av de blågrønne takløsningene. I tillegg mener de at takets membran vil få lengre levetid, samt at mange vil nyte godt av de estetiske effektene takene gir, da det blir stadig flere høybygg i området eiendomsutvikleren opererer i.

4.3.2 LAST

Etter å ha gjennomført case-intervjuene har lastøkningen en blågrønn takløsning medfører blitt tatt opp. Alle deltakerne legger stor vekt på at en blågrønn takløsning vil føre med seg en lastøkning som det må tas høyde for. Siden en total ombygging av et tak vil være et ganske stort inngrep, vil man måtte dimensjonere etter nye standarder. Eiendomsutviklerne mener at en enkel «omtekking» til å ha ekstensive blågrønne tak, ikke nødvendigvis krever dette, og at lasten er så liten at det ikke vil ha noen konsekvens for dimensjonerende laster.

Både rådgivere og entreprenør foreslår grundig inspeksjon av bygget i forkant av ombyggingen, og i noen tilfeller beregninger for å undersøke om bygget har kapasitet til å øke lastene på konstruksjonen. Noen tak har kanskje ekstra kapasitet, men dette skal man ikke ta for gitt. De rådgivende ingeniørene påpeker at hvis det gjøres endringer som øker lastene på taket, så må man tiltak for å forsterke bærekonstruksjonen, som kan være kostbart. Først og fremst burde man se på byggets alder, da det kan si mye om hva slags laster taket er dimensjonert for. Noen bygg er til og med dimensjonert for at man må måke taket ved store snømengder, og ved disse tilfellene kan det være vanskelig å øke lastene på taket.

4.3.3 TAKTEKKING

I et ombyggingsprosjekt kan taktekkingen på det eksisterende taket, ifølge de rådgivende ingeniørene, brukes som underlag for den blågrønne takløsningen. Det er derimot et par ting man må sjekke. Hva er helningen på taket, er tekkingen i god stand, er taket luftet eller kompakt? Er det et kaldt, eller varmt loft under, og hva slags varmegjennomstrømming vil man få? Man må gjennomføre grundige inspeksjoner på taket hvis man velger å la tekkingen ligge, for det kan bli kostbart hvis det viser seg at det er hull og utettheter i taket man ikke visste om før man la den blågrønne takløsningen.

Forskeren som ble intervjuet er opptatt av at man ikke skal skape nye problemer ved byggingen av den blågrønne takløsningen. En enkel måte, som ofte fungerer, er å inspisere taket. Ser det pent ut, og det ikke er sprøtt, samtidig som man holder det ryddig og pent under utførelse, vil det som regel gå bra. Det påpekes også at eventuelle utbedringer av taktekkning burde helt klart gjøres i forkant av en ombygging. Avhengig av hvor gammelt takbelegget er, så ville det også vært anbefalt med beskyttelsessjikt, i hvert fall i de områdene det skal være mye trafikk.

Ellers nevner samtlige at nøyaktighet under tekkingen og bygging av det blågrønne taket er av aller høyeste betydning.

4.3.4 SLUKLØSNING

Entreprenøren har lagt merke til at det ikke finnes en kommersiell slukløsning som ivaretar behovet som oppstår når de bygger et blågrønt tak med omvendt kompakt tak. Problemet er at man må drenere ved membranen (tekkeplanet), samtidig som man må ha en åpning for sluk på toppen av taket ved vegetasjonen. Med tanke på at høydene kanskje varierer over taket i tillegg må det ofte bygges egenkomponerte løsninger, hvor det bores hull i sluket i det rette nivået. Dette kan igjen kan føre til mindreverdige løsninger enn hvis det skulle vært «hyllevare» fra en leverandør.

Når eiendomsutviklerne ble spurt om de så for seg noen utfordringer med slukløsningene i takene som skal bygges om, svarte de at de ikke så for seg at det skulle være noen større utfordringer med dette. Uavhengig om det skulle oppstå noe, så stoler de på at leverandør gjør de tiltak som må til for at dette skal løses på en god måte, da de var opptatt av at det blågrønne taket skulle fungere optimalt.

I følge forskeren vil den ekstra lasten en blågrønn takløsning medfører gjøre at det kan oppstå nedbøyninger i taket. Dette igjen kan føre til at vann samles der hvor man får nedbøyning, og ikke rundt sluk, som skal være de laveste punktene på taket.

4.3.5 HVORDAN BYGGES DET BLÅGRØNNE TAKET

Entreprenøren har erfaring med å bygge nye, blågrønne takløsninger, både ekstensive og intensive tak. Disse bygges gjerne opp som omvendt kompakte tak, hvor man har en solid takmembran direkte på dekke. De mener at dette er en robust løsning. For å kontrollere taket, så trykktestes taket. Dette er ikke alltid like lett. Har man f.eks. seksjoner på 400 kvadratmeter, med sluk i midten, vil det være ca. 10 meter til det et høybrekk, som tilsvarer en høydeforskjell på 25 cm med et fall med forhold 1:40. Dette gir igjen en stor mengde vann, noe man må ta høyde for under prosjekteringen, samtidig som det er vanskelig å fylle vann helt til toppen av høybrekket, som igjen er der hvor det kanskje er typisk at man får lekkasjer.

En annen utfordring som oppstår under konstruksjon av blågrønne takløsninger, er at mange kan ferdes på takene. Både før man bygger den blågrønne strukturen, og under byggingen av denne. Ved større prosjekter bruker de gjerne beskyttelsesstøp over isolasjon. Denne er ca. 6 cm, med et glidesjikt imellom. Dette gjør også at man lett kan arbeide på taket, utenom å måtte være redd for å ødelegge membranen.

Entreprenøren er også ekstra nøye når man skal lage overganger mellom tak og vegger i membranen. Hvis man fester membran på vegg, samtidig som man får last på membranen som er

festet til taket kan det oppstå rifter og utettheter. Glidesjiktet er også viktig for å ta opp eventuelle bevegelser i bygget som følge av setninger eller liknende.

Entreprenøren som ble intervjuet har vært med på å gjennomføre rehabilitering av boligblokker, men ikke tak. Uavhengig av hvilken bygningsdel man rehabiliterer/bygger om, så har man kanskje et gammelt tegningsgrunnlag som ikke nødvendigvis stemmer med dagens virkelighet. Det er derfor viktig å være grundig ved inspeksjon før man går i gang med bygge om. Forskeren som ble intervjuet foreslår også at man burde snakke med driftsansvarlige før man går i gang med ombygging av tak. De sitter muligens på verdifull informasjon om tidligere problemer, og om det er ting som må utbedres ved rehabilitering. Ting man må kontrollere i taket er om det er åpne skjøter, markerte sår, at beslag er i orden og at de ikke slår i vinden.

4.3.6 BLÅGRØNNE TAK SOM EN DEL AV OVERVANNSHÅNTERINGEN

Samtlige intervjuobjekter tenker at de blågrønne takløsningene kan brukes til å håndtere overvann. Arkitekt nevner at det i strøk hvor det allerede er tett bebyggelse så kan det være utfordrende å bygge fordrøyningsbasseng for å håndtere en økning i nedbør, grunnet at det allerede ligger mye infrastruktur i bakken, samtidig som grunnforholdene ikke nødvendigvis er gunstige. Alternativet er dermed å flytte overvannshåndteringen opp på taket, og det kan kanskje spekuleres i om dette er et rimeligere alternativ i visse tilfeller.

For å stimulere utbyggere foreslår arkitekten å innføre positive intensiver, som reduserte vann- og avløpsavgifter hvis man bygger blågrønne takløsninger, siden man i teorien reduserer avrenning fra eiendommen med et slikt tiltak.

Eiendomsutviklerne påpekte også nødvendigheten av at private aktører bidrar til å løse problematikken med overvannshåndtering, og at blågrønne takløsninger er en del av svaret. I tillegg tror de at kommune og stat vil måtte regulere slik at man krever blågrønne tak for å ta høyde for økt nedbør i fremtiden, og at det derfor er en økonomisk fordel for de som utbygger å være føre var. De tror det er en fordel fordi de sikrer seg kompetanse om blågrønne tak før eventuelle påbud og krav kommer fra kommune eller stat.

4.3.7 KUNNSKAPSHULL OM BLÅGRØNNE TAK

Det ble også spurt om intervjuobjektene mener det finnes hull i kunnskapen om blågrønne takløsninger. Et moment som ble trukket fram var om hvordan sedumen klarer seg på luftede skråtak? Når det blir ekstremt kaldt under sedumen, vil den da dø? På tak man fører forbi yttervegg, så vil det også bli enda kaldere. Det kan være fare for isoppbygging på tak som kanskje ikke hadde

problemer i utgangspunktet når man får et dekke med vegetasjon over den eksisterende, luftede konstruksjonen.

Hvis man legger vegetasjon på en eksisterende boligblokk, kan man ha loftsleiligheter med takvinduer. Dette i seg selv er ikke noe problem, men med en blågrønn takløsning vil man bygge opp taket med et par cm. Det ble stilt spørsmål som; hva slags konsekvenser får dette for vinduene? Blir det mindre sollys, kan man få oppsamling av sand og jord rundt vinduet, som igjen samler vann og skaper råte?

4.3.8 HOLDNING TIL BLÅGRØNNE TAKLØSNINGER

Intervjuobjektene er positive til blågrønne takløsninger. De viser til en rekke fordeler, som også er presentert i teorikapitlene tidligere i oppgaven. De fleste mener at man har kompetanse til å bygge solide blågrønne takløsninger, så lenge man også er påpasselig under konstruksjon av taket. Byggenæringen begynner også å få bedre erfaring med taktypen, og leverandører av takene får stadig bedre kompetanse, men taktypen må fortsatt bygges for å stimulere til utvikling av nye produkter og løsninger.

Både arkitekt og rådgiver opplever at de blågrønne takløsningene velges vekk ved nye prosjekter. Dette er ofte på grunn av de ekstra utgiftene det medfører, og at man muligens tenker litt kortsiktig.

4.3.9 FORSLAG TIL OMBYGGING AV CASE-TAK HØGSKOLERINGEN 8

For Høgskoleringen 8, mener de fleste at det i seg selv ikke vil være noe problem å konstruere et ekstensivt tak her, mens et intensivt så å si vil være uaktuelt. Man skal uansett være forsiktig med tanke på lastkapasitet til taket. Rådgivere presiserer at man vil måtte inspisere taket, og muligens finne gamle tegninger for å gjøre beregninger for å se om bygget tåler lastøkningen et blågrønt tak vil medføre. Den kalde delen (del B-B) er også konstruert på det som tidligere var et kompakt tak. Her er det i teorien mulig å rive saltaket, for å igjen ha et blågrønt tak med en kompakttakoppbygging under, noe som kan frigi litt kapasitet på taket, men dette må undersøkes.

Eventuelt vil man kunne legge det blågrønne taket direkte på den gamle taktekkingen, uten å rive saltaket. Dette gjør at man ikke får noen gevinst med tilleggisolering, og man får «kun» et blågrønt tak. Rådgiverne sier også at det kan være en risiko ved å bygge et blågrønt tak på del A-A, som har et varmt loft, ved at det blågrønne taket kan gjøre at man får større varmegjennomgang.

Andre utfordringer ved ombygging av Høgskoleringen 8 kan være alle «lukene» på taket. Disse kan ha blitt brukt til lufting når bygget var et brannlaboratorie, men det er mulig at det i dag ikke er behov for disse. Kanskje de kan fjernes hvis man bygger om til et blågrønt tak.

Ved ombygging av dette taket må man også etablere sikkerhetstiltak for de som skal utføre vedlikehold på det blågrønne taket. Dette kan gjøres på flere måter, men det mest aktuelle ifølge rådgivere og forsker vil være et system med forankringspunkter hvor de som utfører vedlikeholdet kan feste fallsikringsutstyr.

4.4 GJENNOMGANG AV SJEKKLISTER FRA RÅDGIVENDE FIRMAER

For å se hva slags bygningstekniske kontrollpunkter profesjonelle aktører i næringslivet bruker for å ivareta bygningstekniske prinsipper, ble 6 sjekklister fra 2 ulike firma gjennomgått. Dette kapittelet oppsummerer hva disse listene fokuserer på for å danne et bedre grunnlag for en egen sjekkliste for ombygging av blågrønne takløsninger.

For sjekklisene virker det som om det gjennomgående er hentet elementer fra Byggforskseriens anvisninger knyttet til tak. En av listene, som går direkte på prosjektering av bygningsfysikk, har med mange generelle punkter om hva som er god byggeteknikk. En rekke punkter som tetting rundt gjennomføringer, fall på tak, branntekniske hensyn m.m. er så å si identisk med serien. Noen av listene går i større detalj, og viser i tilfeller også til Byggforskserien.

Det finnes også lister for å kontrollere tegninger fra arkitekt. For tak er de opptatt av fall og det skal også kontrolleres om luftede konstruksjoner er gode, samt om slukene som er dimensjonert er dokumentert og robuste. Her er det også egne punkter for blågrønne tak. De fokuserer på beskyttelse av membran under bygging, at drencsjiktet er tilstrekkelig, men også at det fuktbevarende sjiktet er ivaretatt. Avrenning til sluk er også med, uten at man går nøy i detalj.

Sjekklisene er også til for å sørge at all dokumentasjon i henhold til teknisk forskrift foreligger. Da kontrolleres alt fra om energibehovet er beregnet, til om U-verdier er beregnet og dokumentert.

Hovedsakelig er disse sjekklisene utarbeidet for prosjektering av nye bygg. Det gjorde at mange punkter ikke var særlig relevant for denne oppgaven.

5 DISKUSJON

I dette kapittelet vil funnene som er gjort i oppgaven diskuteres og oppsummeres. På bakgrunn av diskusjonen presenteres et forslag til gjennomføringsmodell for ombygging til blågrønne tak, samt en sjekkliste som kan brukes i sammenheng med denne modellen. Opprinnelig skulle det ikke lages en modell, kun en sjekkliste, men for å strukturere sjekklisten var det en nyttig tankeøvelse å utarbeide modellen.

5.1 KRITERIER FOR Å GJENNOMFØRE EN OMBYGGING AV TAK

Flere av intervjuobjektene mener at det er et par kriterier som må ligge til grunn før man går i gang med en ombygging. Først og fremst må man det oppstå et behov, eller et ønske om å bygge om til et blågrønt tak. Årsaker kan være at man ønsker å redusere avrenningen fra tomten, eller få en estetisk effekt av det grønne taket. Alternativt er det et behov oppgradere eller rehabilitere taket som følge at det er gammelt eller i ustand, og at man i den sammenheng vurderer å bygge et blågrønt tak grunnet fordelene det medfører.

Etter det er etablert et behov må man undersøke hvilke muligheter og utfordringer som finnes. Kan man beholde taktekkingen, eller må den erstattes eller utbedres? I tillegg kan man se på om man kan utbedre problemer man har hatt med taket, og/eller oppgradere taket på andre måter. Vil det være mulig å beholde takkonstruksjonen som den er i dag, eller må man endre form eller type hvis man ønsker et blågrønt tak? For eksempel vil den blågrønne takkonstruksjonen mulgeins overlapp halvetasjene på Høgskoleringen 7A, mens på 7B måtte man vurdert å oppgradere slukløsningen.

En ombygging åpner også for gevinster i form av energisparende tiltak som å bytte takvinduer eller øke isolasjonsmengden. I tillegg burde det vurderes hvilke samfunnsmessige og andre bygningsmessige aspekter og konsekvenser det må tas høyde for under ombyggingen (Bjørberg, 2015).

Etter at behovet er kartlagt, tilstandsanalyse og valg av konsept/taktype er gjennomført, gjenstår selve ombyggingen til det blågrønne taket. I denne fasen må det også tas enkelte hensyn. Disse presenteres i neste delkapittel.

5.2 KONSTRUKSJON AV BLÅGRØNNE TAK. BESKYTTELSE OG KONTROLL

Under selve konstruksjonen av taket påpeker flere av intervjuobjektene betydningen av å ha rene overflater, dvs. fri for skruer og annet rusk, under byggingen. Samtidig vil man ha kontroll over hvem som går på membranen/taktekkingen etter at denne er lagt. Dette er også noe som vektlegges i den Norske standarden for grønne tak, samt i Byggforskerseriens anvisning om grønne tak (Standard Norge, 2015, Noreng, 2013). Det virker som om det er intervjuobjektene og litteratur enige om at det må burde gjøres tiltak på byggeplass for å forsikre at man ikke skader membranen under byggingen av det blågrønne taket. Dette kan f.eks. gjøres ved å legge beskyttende plast eller ved hjelp av en glidestøp/beskyttelsesstøp. Når det gjelder tiltak på mindre prosjekter så kan det være så enkelt som å innføre gode rutiner for ferdsel på taket.

Forskeren som ble intervjuet foreslår også å ha egne lastesoner for materialer på taket. Dette kan være små, forsterkede områder hvor man heiser på plass og lagrer materialer for å unngå at f.eks. pallene disse lagres på inneholder spiker eller ujevnheter som punkterer membranen hvis de settes direkte på denne. Et annet tiltak kan være «gangbaner» for å sikre at ferdsel foregår på forsterkede, angitte områder

Et annet alternativ er å sørge for å ha god informasjon til de som skal arbeide på taket, slik at de gjør kontroll av skosåler før ferdsel, eller bruker andre tiltak for å forhindre at man ødelegger membranen eksempelvis ved bruk av beskyttelsesstrømper på sko.

NS 3840 Grønne tak – planlegging, prosjektering, utførelse, skjøtsel og drift – Ekstensive tak viser også hvordan man kan kontrollere den vannrette taktekkingen på et blågrønt tak (Standard Norge, 2015). Entreprenør sier at dette er noe man gjerne gjør, men at det til tider kan være vanskelig fordi mengden vann som må brukes på taket for trykktesting fort kan bli stor. I tillegg vil kanskje ikke vannet nå opp til det som ansees å være kritiske punkter i taktekking; nemlig i høybrekk og i overganger. Dette er noe man kan dimensjonere for på nye takkonstruksjoner, mens man for eldre tak må gjøre lastvurderinger eller stole på statiske beregninger fra når bygget var nytt.

Ved en lekkasje i tak kan vann lekke igjennom membranen et sted, for å renne langs de forskjellige materiellagene i taket. Det har kommet frem at entreprenøren prøver å avgrense området en lekkasje kan komme fra ved å seksjonere taket ved membranen. Dette kan gjøres med å bruke «lekter» i XPS som legges under taktekkingen på et omvendt kompakt tak. På et rettvendt kompakt er det kanskje vanskeligere å få til dette, men det kan tenkes at man kan gjøre noe med dampspærren, hvor man f.eks. lager «kanter» i dampspærren i et rutenett på 100 m² seksjon. Det er

ikke funnet at dette er anbefalt i noen av Byggforskseriens anvisninger, så det er usikkert hvor utbredt denne praksisen er.

5.3 TAKTYPE

Entreprenøren sier at de som regel bygger omvendte kompakte tak for nye konstruksjoner med blågrønne tak. I motsetning viser SINTEF Byggforsk rettvedte kompakte tak og skråe, luftede tak som underlag for bygging av blågrønne tak (Noreng, 2013). Dette trenger ikke å være motstridende, men det kan være interessant å se hvilke av de to kompakte taktypene som fungerer er mest robust med tanke på lekkasjer og slitasje, eller om det i det hele tatt er noen forskjell. Entreprenøren mener at de omvendte kompakte takene er mer robuste, og at de åpner for beskyttelsesstøp, som også kan bidra til å bevare takmembranen. For ombygging av tak, så har man ikke nødvendigvis denne friheten til å velge taktype, men så lenge

Fra Byggforskserien kan det trekkes fram at man gjennom tidene prøvd å unngå å bygge inn organiske materialer, som tre, i takene. Geving og Thue (2002) skriver også at dette er uønsket, da man kan få innebygd fukt, som gjør at det blir råtedannelse i det organiske materialet. I Byggforskserien, har man også gått bort i fra å ha en egen anvisning om oppfôrede tretak, som har en trekonstruksjon mellom taktekkning og betongdekke. I dag så fokuserer anvisningen i stedet på hvordan man kan utbedre denne typen tak, ettersom man ikke bygger denne typen tak like ofte gjorde før. En potensiell fordel med oppfôrede tretak derimot, er at det er bygget på et dekke av betong. Hvis man ønsker å bygge et blågrønt tak på et bygg med et eldre oppfôret tretak, som har svakheter og feil, kan man muligens rive og bygge det blågrønne taket direkte på betongkonstruksjonen istedenfor å utbedre det oppfôrede tretaket.

Ved gjennomgang av Byggforskseriens historiske arkiv så man at det har vært en utvikling i materialene som brukes i tak, særlig i tilknytning til bygging av kompakte tak. Fra å gå fra asfaltbelegg med papp eller ullfilt som stamme har man i dag polyesterstammer (Noreng, 2004, Fürst, 1932). Det virker som om nye materialer og byggeteknikk gjør det enklere å håndterer fuktbelastningene som påføres taket, men at man kan ha noe problemer med innebygd fukt, selv i nyere tak (Noreng, 2003). Kompakte tak er i dag en anbefalt og fullverdig løsning for tak, mens tidligere versjoner ikke anbefalte å bygge «massive tak», som de ble kalt. Hvis man absolutt måtte bygge kompakte tak, måtte disse luftes på intrikat vis som man kan se i anvisning (26).001 fra 1958. Luftgjennomstrømningen i disse takene kan ha ført til dårligere isolasjonsevne, med større konveksjon i isolasjonslaget, i tillegg til at det kan ha gjort det vanskelig å bygge takene korrekt. Hva slags utslag det vil gi å bygge et blågrønt tak på toppen av et eldre, kompakt tak bygget på

denne måten, er ikke undersøkt, men det kan kanskje være gunstig å kontrollere fuktinnholdet i taket i tillegg til taktekkingen inspiseres, før man bygger om slik at man ikke får ubehagelige overraskelser etter at det blågrønne taket er lagt.

Luftede, kalde tak er noe man har lang erfaring med i Byggforskserien. Med innføring av to-trinns-tetting har «oppskriften» blitt ytterligere forbedret, og tak som har tilstrekkelig lufting har sjeldent problemer, da fukt og varme blir transportert ut av takkonstruksjonen.

5.4 TAKETS KAPASITET

Alle intervjuobjektene har nevnt at det kan forekomme utfordringer knyttet til takets lastkapasitet. Alle tak er dimensjonert for snølast, men hva skjer når man får tilleggslasten et blågrønt tak medfører? Dette er kanskje en av de største utfordringene med å bygge blågrønne takløsninger og kan ifølge eiendomsutviklerne, og rådgivere, lettere tas hensyn til ved bygging av nye bygg. Et eksempel på at man må være på vakt er Høgskoleringen 7A. Her viste det seg at det under påbyggingen ble brukt oppdaterte standarder som tillot å bygge en hel ny etasje på bygget, samtidig som man fikk en teoretisk *reduksjon* i dimensjonerende last på taket. Et annet moment er om selve taket tåler tilleggslasten. Igjen kan man bruke Høgskoleringen 7A som eksempel, hvor det er brukt Lett-tak-elementer. Som vist i kapittel 0, har de en begrenset momentkapasitet, noe som kan føre til komplikasjoner.

Det kommer også fram fra intervjuene at det ikke er helt uvanlig at det har blitt gjort endringer som ikke vises på tegninger, men som må oppdages ved hjelp av visuell inspeksjon. Dette gjør at man må være enda mer på vakt ved ombygging.

5.5 TAKENE I NYDALEN

Takene i Nydalen skal bygges om til sedumtak. Et problem som kan oppstå er oppbyggingen av parapet for å sikre det blågrønne taket mot vindavblåsning. Dette er konstruksjonsmessige endringer som er søknadspliktig ifølge §29-4 i plan og bygningsloven, som viser til at byggverkets høyde skal godkjennes av kommunen (Plan- og bygningsloven, 2008). Hvis man ikke kan sørge for at parapeten er høy nok til å forhindre vindavblåsning, både fra singel og vegetasjon, vil man måtte gjøre andre tiltak. Alternativet er ballastering av det blågrønne taket med singel, eventuelt at man etablerer geonett (Noreng, 2013).

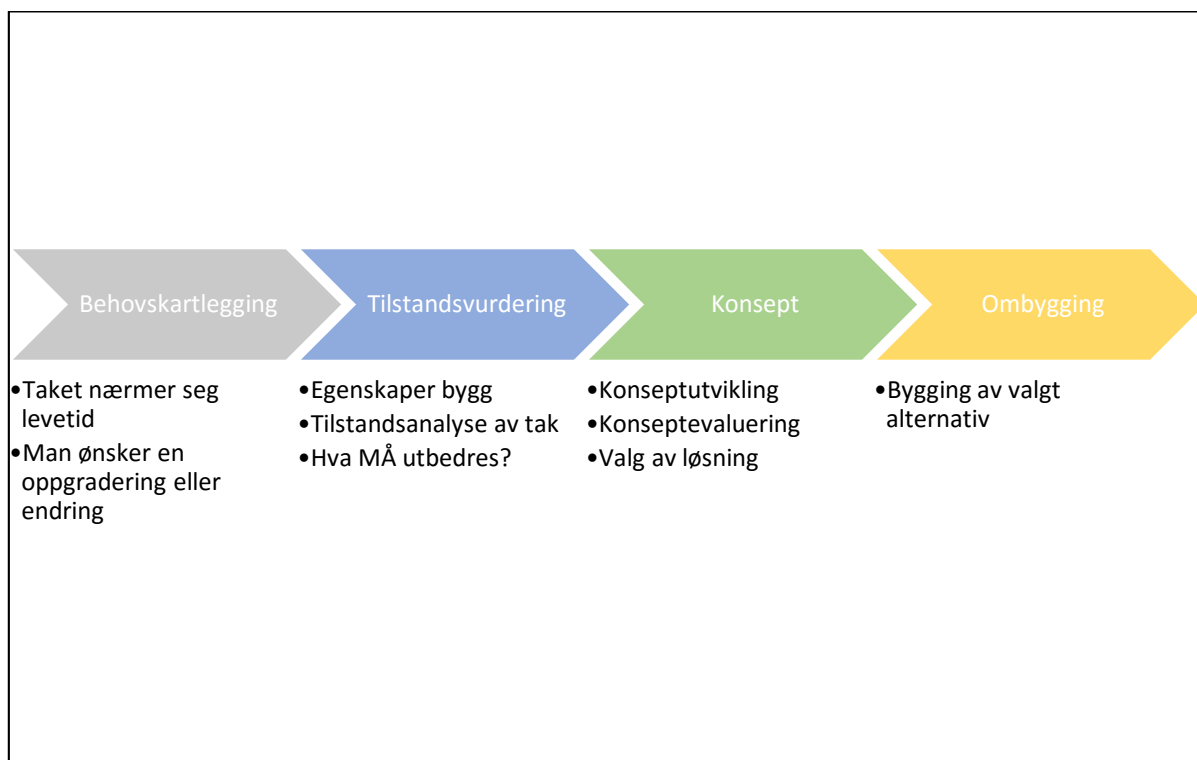
Det er ikke kjent om det er mulig å forankre mattene mekanisk. Uansett vil mekanisk forankring av sedum-mattene vil føre «dobbeljobb». Takmembranen er i de fleste eldre bygg festet mekanisk fra før, så man må også forankre mattene igjennom taktekkingen, som fører til at man må tette

disse med mansjetter, eller rull, noe som helt klart fører til mer arbeid enn hvis man hadde hatt tilstrekkelig høyde på parapet.

5.6 METODIKK FOR OMBYGGING TIL BLÅGRØNNE TAK OG MOMENTER I SJEKKLISTE

Med grunnlag i intervjuene, studiet av case-takene, gjennomgang av det historiske arkivet i Byggforskserien og sjekklister fra rådgivere er det blitt forsøkt å utforme en sjekklister for ombygging av tak til blågrønne tak.

Oppsummert kan det sies at ombyggingen av tak er en prosess som er noe annerledes enn en rehabilitering eller vanlig oppgradering. Ombyggingen starter med kartlegging av behov, fortsetter med informasjonsinnhenting, før man i detalj inspiserer tilstanden til taket, for å deretter bestemme seg for taktype og prosjektere denne. Til slutt bygger man det blågrønne taket. Denne prosessen er visualisert i



Figur 30. Modell av prosessen for å gjennomføre en ombygging til blågrønt tak.

Som det kommer frem av Figur 30 deles ombyggingsprosessen opp i fire deler. Det forutsettes at det er et behov for ombyggingen, enten ved at det er tid for å oppgradere eller utbedre taket eller at eier av taket ønsker et blågrønt tak av estetiske grunner, eller av hensyn til fordrøyning.

Deretter må man ha klart for seg grunnleggende informasjon som kan si noe om utfordringer man kan møte. Man må vite alder på bygget, takets areal, og hva slags taktype det er, hvor tykk isolasjon det er osv. Etter enkel kartlegging vil man måtte inspisere taket i detalj. Noe informasjon har muligens driftsansvarlige, eventuelt vet man det fra tidligere, og det kan være om det har vært lekkasjer eller skader på taket. Videre undersøkelser må deretter gjøres ved inspisering og det vil være ulike utfordringer knyttet til ulik taktype. I tillegg kan det være gunstig å se om det er muligheter for andre utbedringer. Dette kan være tilknyttet slukløsning, eventuelt bedre lufting, bygging av sikringstiltak eller annet. Allerede i denne fasen kan man også kontrollere lastkapasiteten til taket. Hva kan man påføre av tilleggslast.

Etter man har gjort en nøye vurdering av taket må man utvikle konsept. Hva slags utbedringer må man gjennomføre, hvilke tiltak kan det være gunstig å gjennomføre, og hvilke blågrønne takløsninger er aktuelle for dette bygget? Når man har et par alternativer, kan det være mulig å hente inn pristilbud, og med den informasjonen gjøre et reflektert valg basert på hva alternativene vil koste, hva slags kvalitet de vil ha, og hvor lang tid det tar å bygge om til blågrønt tak.

Sist, men ikke minst, vil man bygge det blågrønne taket. Da er det viktig å ha grunnleggende prinsipper i bakhodet, som at det ved behov etableres gode sikkerhetstiltak for drift og vedlikehold av det blågrønne taket, at man beskytter membranen under arbeidet, og at man kontrollerer membran med inspeksjon og trykktesting før man legger det blågrønne dekket med vegetasjon.

Det er utarbeidet en sjekklister hvor alle trinnene i prosessen blir utdypet og systematisert. Denne finnes i vedlegg B.

5.7 FEILKILDER

I denne oppgaven er det blitt gjort intervjuer, undersøkelser og studier av anvisninger. Feilkilder knyttet til intervjuene er at resultatene fra disse er preget av subjektivitet, og at det derfor er vanskelig å generalisere kun basert på intervjuene. Det kunne med fordel blitt gjennomført intervjuer med flere av de samme aktørene for å redusere denne feilkilden. Noe som kan ha redusert feilkildene er at det blitt gjort litteraturstudie og egne undersøkelser for å prøve å sammenlikne teori med erfaring fra intervjuobjektene.

Mye av litteraturen om tak i denne oppgaven er hentet fra Byggforskseriens anvisninger. Dette gir muligens et noe unyansert bilde av hva slags løsninger som finnes. I forsvar knytter oppgaven seg til utfordringer i norsk byggeteknikk, og SINTEF Byggforsk må sies å være ledende på dette området.

6 KONKLUSJON

Et av målene med oppgaven var å undersøke om det finnes særskilte bygningstekniske utfordringer med å bygge om eksisterende tak til å ha blågrønne takløsninger. Dette ble gjort ved å ta utgangspunkt i en rekke eksisterende tak, hvor man så for seg at disse skulle bygges om til blågrønne tak, henholdsvis Høgskoleringen 7A, 7B og 8 samt Nydalsveien 30A og B. I tillegg ble SINTEF Byggforskseriens historiske arkiv gjennomgått for å danne et bilde av hvordan man bygde tak i etterkrigstiden, hvilke materialer man brukte, og om dette kan skape utfordringer ved ombygging. Med grunnlag i funn og diskusjonen er det utarbeidet gjennomføringsmodell som visualiserer prosessen ved ombygging til blågrønne tak. Modellen er delt inn i 4 underprosesser: Behovsdefinisjon, Tilstandsvurdering, Konseptutvikling- og evaluering, og Ombygging. Hver av delprosessene supplementeres ved hjelp av sjekklister for ombygging til blågrønne tak som finnes i vedlegg B.

6.1 UTFORDRINGER VED OMBYGGING AV BLÅGRØNNE TAK

En av de største utfordringen ved å bygge om tak, vil være å ta gode nok forhåndsregler for å ikke ødelegge den vanntette membranen under konstruksjon. Dette støttes av Norsk Standard, Byggforskanvisninger og intervjuobjekter, som alle anbefaler nøye kontroll av taket før og etter bygging, samt tiltak for å sikre at man ikke «trækker» i stykker membran som følge av man arbeider på taket. En annen utfordring er å være ha kontroll over hvilke endringer som må gjøres ved ombygging av forskjellige taktyper, samtidig som man må være klar over hvilke endringer som byggesøknadspliktige. Intervjuene og litteratur peker mot at byggebransjen begynner å få god erfaring med bygging av blågrønne tak, når både entreprenør og utbygger føler seg sikre på at man kan bygge sikre, gode blågrønne tak, både på nye og gamle bygg. Forutsatt at man er nøye under konstruering og ombygging.

Det kan også konkluderes at det kan oppstå utfordringer knyttet til tilleggslastene et blågrønt takkonstruksjon vil medføre. Et dekke med vegetasjon, enten det er ekstensivt, intensivt eller semi-intensivt, vil i de fleste tilfeller veie mer enn den eksisterende taktekkingen. Unntaket kan kanskje forekomme når opprinnelig taktekking var naturstein. Dette må man ta høyde for ved å kontrollere kapasiteten til det eksisterende taket. Ut i fra undersøkelsene gjort i denne masteroppgaven kan man ikke konkludere med at noen takformer, eller taktyper, er mer egnet til å bygge om til blågrønne tak enn andre med tanke på lastøkning. Dette vil variere og må undersøkes fra prosjekt til prosjekt.

6.2 FORSLAG TIL VIDERE STUDIER

Det ble avdekket en rekke andre utfordringer, eller kunnskapshull, i arbeidet med denne oppgaven. Alle er ikke knyttet til bygningsteknikk eller ombygging av blågrønne tak, men kan fortsatt være interessante å studere nærmere. Disse er listet i kapitlene under.

6.2.1 UTFORMING AV EN ANVISNING I BYGGFORSKSERIEN OM OMBYGGING TIL BLÅGRØNNE TAK

I denne oppgaven har en rekke aspekter ved ombygging av tak til blågrønne tak blitt studert og presentert. I tillegg har det blitt laget en modell for ombyggingsprosessen med en tilsvarende sjekklister med momenter man burde undersøke og kontrollere ved planlegging, kontroll og ombyggingen av takene til blågrønne tak. Denne oppgaven kan derfor danne grunnlaget for en anvisning i Byggforskserien om ombygging til blågrønne tak. Dette kan gjøres ved å systematisere, utdype og utvide noen av teamene i denne oppgaven.

6.2.2 OPPBYGGING AV TAKKONSTRUKSJON UNDER BLÅGRØNNE TAK

Hvordan fungerer blågrønne tak med et underlag av omvendt kompakte tak eller rettvendte kompakte tak? Her er det mulig å oppdrive eksempelbygg for å sammenlikne løsningene. Hvilke har flest problemer? I tillegg kan det være interessant å se om, og hvor, vannet fryser i de ulike konstruksjonene ved kaldere temperaturer, og hva dette har å si for isprengning rundt membran osv.

For å redusere arealet man må lete på ved en lekkasje i kompakte tak med blågrønt dekke kan man bruke seksjonering. Det finnes ingen litteratur på hvordan dette kan utføres, så et videre studie kan være knyttet til hvordan man utfører seksjoneringen i praksis, både på nye og gamle bygg.

6.2.3 SLUKLØSNINGER

Det kan være aktuelt å se om eldre slukløsninger fungerer som før, etter at man har bygget om taket til et blågrønt et. I tillegg vil det være aktuelt å se på slukløsninger tilknyttet nye konstruksjoner, da det ble funnet at eksisterende sluk må tilpasses på byggeplass for å ta hensyn til høydeforskjell i takmembran, og de ulike nivåene i materialsjiktet hvor vannet skal ha mulighet til å dreneres.

6.2.4 ELDRE BYGGS LASTKAPASITET

Hvilke typer tak kan tåle vekten av et ekstensivt blågrønt tak? Kan man f.eks. bygge ekstensive tak på bygårder i Oslo med saltak, kun ved å erstatte den eksisterende taktekkingen, eller må man forsterke bygget på noen vis? Her går det kanskje an å kontrollregne flere eksisterende bygg, og gjøre befaringer for å inspisere tilstanden, og prøve å trekke noen generelle konklusjoner ut i fra disse studiene.

6.2.5 GEVINST VED BYGGING AV OG OMBYGGING TIL BLÅGRØNNE TAK

Det er mange fordeler ved å bygge blågrønne tak, noe som er vist i denne oppgaven. Eiendomsutviklere, forsker, og arkitekter, samt teori støtter dette, men det er så langt vanskelig å sette noen tall på fordelene. Derfor vil et studie som poengsetter og vektlegger fordelene ved bruk av livssyklusanalyse eller CBA⁴ (Choosing by Advantages) kunne brukes for å skille blågrønne takløsninger fra tradisjonelle takløsninger, som muligens er billigere.

Videre kunne det vært interessant å se om blågrønne tak kan erstatte fordrøyningsbasseng, hvor man f.eks. kan sammenlikne kostnadene ved å bygge fordrøyningsbasseng i urbane strøk mot kostnadene ved å bygge om til blågrønne tak.

⁴ Livssyklusanalyse ser på mer enn de økonomiske fordelene ved et prosjekt. Det samme gjør CBA som er et verktøy for å velge riktig ved at man sammenlikner verdien av fordeler ved forskjellige alternativer. Dermed kan man lettere kvantifisere fordeler ved å f.eks. bygge om et tak til et blågrønt tak, f.eks. i motsetning til å ikke gjøre det, men bygge andre overvannsløsninger.

7 REFERANSER

- AARDAL, L. H. 2015. Miljøeffekter av grønne tak og vegger ; Environmental effects of green roofs and walls. Norwegian University of Life Sciences, Ås.
- BAUDER. 2016. *Asfalt takbelegg* [Online]. Available: <http://www.bauder.no/no/flate-tak/om-flate-tak/asfalt-takbelegg.html> [Accessed 21.03 2016].
- BENGTSSON, L. 2005. Peak flows from thin sedum-moss roof. *Nordic Hydrology*, 36, 269-280.
- BERGKNAPP. 2012. *Stavanger Konserthus* [Online]. Available: <http://www.bergknapp.no/prosjekter/stavanger-konserthus> [Accessed 19.11 2015].
- BERGKNAPP. 2015. *Oppbygging* [Online]. <http://www.bergknapp.no/produkter/oppbygging>. Available: <http://www.bergknapp.no/produkter/oppbygging> [Accessed 17.11 2015].
- BIBSYS. 2015. *BIBSYS* [Online]. Available: <http://www.bibsys.no/> [Accessed 24.09 2015].
- BJØRBERG, S. 2015. Challenges regarding upgrade of existing buildings.
- BRASKERUD, B. C. 2014. Grønne tak og styrtregn: Effekten av ekstensive tak med sedumvegetasjon for redusert avrenning etter nedbør og snøsmelting i Oslo. www.nve.no: NVE.
- BRATTBERG, E. 2015. *Ekstensiv* [Online]. <https://snl.no/ekstensiv>. Available: <https://snl.no/ekstensiv> [Accessed 15.09 2015].
- BYGGENYTT. 2016. *Med nærhet til stedet og byggeoppgaven* [Online]. <http://s3-eu-west-1.amazonaws.com/byggenyttlager/arkiv/jans/16/eggen.htm>. Available: <http://s3-eu-west-1.amazonaws.com/byggenyttlager/arkiv/jans/16/eggen.htm> [Accessed 05.02.2016 2016].
- BYGGTEKNISK FORSKRIFT. 2015. *Forskrift om tekniske krav til byggverk* [Online]. Available: <http://dibk.no/no/BYGGEREGLER/Gjeldende-byggeregler/Veiledning-om-tekniske-krav-til-byggverk/> [Accessed 20.11 2015].
- BØHLERENGEN, T. 1996. Rehabilitering av gamle bygårder. In: SINTEF BYGGFORSK (ed.).
- BØHLERENGEN, T. 2007. Isolerte skrå tretak med lufting mellom vindspærre og undertak. In: SINTEF BYGGFORSK (ed.).
- DALLAND, O. 1993. *Metode og oppgaveskriving*, Gyldendal Norsk Forlag.
- DONOVAN, G. H., MICHAEL, Y. L., GATZIOLIS, D., PRESTEMON, J. P. & WHITSEL, E. A. 2015. Is tree loss associated with cardiovascular-disease risk in the Women's Health Initiative? A natural experiment. *Health & Place*, 36, 1-7.
- DRANGE, T., AANENSEN, H. O. & BRÆNNE, J. 1992. *Gamle Trebus: historikk, reparasjon, vedlikehold*, Universitetsforlaget.
- EDVARDESEN, K. I. 2016. Bærekonstruksjoner av tre for tak i eldre boligbygninger. In: SINTEF BYGGFORSK (ed.).
- EDVARDESEN, K. I. & RAMSTAD, T. 2006. *Håndbok 53. Trebus*.
- ELSEVIER. 2015. *Scopus* [Online]. Available: <http://www.elsevier.com/solutions/scopus> [Accessed 24.09 2015].
- ERIKSSON, A. O., EMDAL, A. & NORGES TEKNISK-NATURVITENSKAPELIGE UNIVERSITET, F. F. I. O. T. I. F. B. A. O. T. 2013. Water Runoff Properties for Expanded Clay LWA in Green Roofs. Institutt for bygg, anlegg og transport.
- FORSCHUNGSGESELLSCHAFT LANDSCHAFTSENTWICKLUNG LANDSCHAFTSBAU 1982. FLL-"Guidelines for the Planning, Construction and Maintenance of Green Roofing - Green Roofing Guideline". Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau.

- FÜRST, H. B. 1932. *Moderne takteknik*, www.nb.no, Fjeldhammer brug.
- GEVING, S. & THUE, J. V. 2002. *Håndbok 50 - Fukt i bygninger*.
- GLAVA ISOLASJON. 2016. *GLAVA Isolasjon* [Online]. Available: <http://www.glava.no/> [Accessed 07.06. 2016].
- GRØNER LBR AS 1993. Driftssentral UNIT, Ombygging. Plan 2.etasje og snitt. *In: KOMMUNE, T. (ed.). Trondheim Byarkiv*.
- GRØTTHEIM, E. 2009. Større tiltak i eksisterende bygninger. Planlegging og utførelse. *In: SINTEF BYGGFORSK (ed.)*.
- HAFSKJOLD, L. S., NIE, L. & BRUASET, S. 2012. Vann i by. Håndtering av overvann i bebygde områder. *In: SINTEF BYGGFORSK (ed.)*.
- HENRIKSEN, J. 2013. Nytte- kostnadsanalyse av grønne tak ; Cost-benefit analysis of green roofs. Norwegian University of Life Sciences, Ås.
- ICOPAL. 2016. *Asfalt takbelegg* [Online]. Available: <http://www.icopal.no/Produkter/Flate%20tak%20og%20membraner/Asfalt%20takbelegg.aspx> [Accessed 21.03. 2016].
- INTERNATIONAL GREEN ROOF ASSOCIATION. 2015. *Green Roof Types* [Online]. Available: http://www.igra-world.com/types_of_green_roofs/index.php [Accessed 12.10 2015].
- ISOLA 2016a. Asfalttakbelegg. <https://bks.byggforsk.no/DocumentView.aspx?documentId=504§ionId=2>.
- ISOLA. 2016b. *Isola Airguard Smart* [Online]. Available: <https://www.isola.no/produkter/vegg/dampsperrer/isola-airguard-smart/> [Accessed 24.03 2016].
- JAFFAL, I., OULDBOUKHITINE, S.-E., BELARBI, R. & JAFFAL, I. 2012. A comprehensive study of the impact of green roofs on building energy performance. *Renewable Energy*, 43, 157-164.
- JUUL, H. 1977. Skrått tak av tre over oppvarmede rom. *In: BYGGFORSKNINGSINSTITUTT, N. (ed.) SINTEF Byggforsk*.
- JUUL, H. & GÅSBAK, J. 1993. Oppfôret tretak på dekke av betong eller lettbetong. *In: BYGGFORSK, S. (ed.). SINTEF Byggforsk*.
- JUUL, H. & RAMSTAD, T. Ø. 1980. Oppfôret tretak på dekke av betong eller lettbetong. *In: BYGGFORSKNINGSINSTITUTT, N. (ed.) SINTEF Byggforsk*.
- KJELDSSEN, G. 2005. 612.015. Bygningsvern. Lover, aktører og forskrifter. *In: BYGGFORSKSERIEN, S. (ed.). bks.byggforsk.no*.
- KLIMA- OG MILJØDEPARTEMENTET 1979. Lov om kulturminner. <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/1978-06-09-50?q=Kulturminneloven>.
- KLIMA 2050.
- KLÆBOE, R. & AMUNDSEN, A. H. 2014. Støyreduksjon ved hjelp av grønne tak. <http://www.tiltakskatalog.no/e-1-7.htm>; Transportøkonomisk institutt.
- KOTSIRIS, G., ANDROUTSOPOULOS, A., POLYCHRONI, E., NEKTARIOS, P. & KOTSIRIS, G. 2012. Dynamic U-value estimation and energy simulation for green roofs. *Energy and Buildings*, 45, 240-249.
- KVALVIK, M. & NORENG, K. 2010a. Oppfôret tretak på dekke av betong. Utbedring og ombygging. *In: SINTEF BYGGFORSK (ed.)*.

- KVALVIK, M. & NORENG, K. 2010b. Oppôret tretak på dekke av betong. Utbedring og ombygging. *In: SINTEF BYGGFORSK* (ed.).
- LARSEN, H. J. 2009. 544.803 - Torvtak. *In: BYGGFORSK, S.* (ed.).
<http://bks.byggforsk.no/DocumentView.aspx?sectionId=2&documentId=508>.
- LAWRANCE TECHNOLOGICAL UNIVERSITY. 2015. *History of Green roofs* [Online]. Available: http://www.ltu.edu/water/greenroofs_history.asp [Accessed 10.12 2015].
- LUNDESGAARD, J. 2000. Teknisk godkjenning. Lett-Tak takelementer. *In: SINTEF BYGGFORSK* (ed.). SINTEF.
- MANGOR-JENSEN, O. 1987. Luftede tretak. Varmeisolering og tetting. *In: NORSK BYGGFORSKNINGSINSTITUTT* (ed.).
- MATHISON, S. 1988. Why Triangulate? *Educational Researcher*, 17, 13-17.
- MENTENS, J., RAES, D. & HERMY, M. 2006. Green roofs as a tool for solving the rainwater runoff problem in the urbanized 21st century? *Landscape and Urban Planning*, 77, 217-226.
- MØRK, M. I. 2012. Eldre byggeskikk og konstruksjoner. Bygningsvern.
- NAWAZ, R., MCDONALD, A. & POSTOYKO, S. 2015. Hydrological performance of a full-scale extensive green roof located in a temperate climate. *Ecological Engineering*, 82, 66-80.
- NGU. 2015. *Karttjenester* [Online]. Available: <http://www.ngu.no/emne/karttjenester> [Accessed 21.04 2016].
- NORENG, K. 1998. Takfolie. Egenskaper og tekking. *In: SINTEF BYGGFORSK* (ed.).
- NORENG, K. 2003. Fukt i kompakte tak (fase 1).
- NORENG, K. 2004. Tak teknet med takfolie eller asfalttakbelegg. Vedlikehold, utbedring og omtekking. *In: SINTEF BYGGFORSK* (ed.).
- NORENG, K. 2007. Kompakte tak. *In: BYGGFORSK, S.* (ed.).
- NORENG, K. 2011a. Asfaltbelegg. Egenskaper og tekking. *In: SINTEF BYGGFORSK* (ed.).
- NORENG, K. 2011b. Takfolie. Egenskaper og tekking. *In: BYGGFORSK, S.* (ed.).
<http://bks.byggforsk.no/DocumentView.aspx?sectionId=2&documentId=503>.
- NORENG, K. 2013. Sedumtak. *Byggforskserien* [Online].
- NORENG, K. 2014. TPF Informerer. Innfesting av fleksible takbelegg. Dimensjonering og utførelse. *In: FORKNINGSGRUPPE, T.* (ed.) www.tpg-info.org.
- NORENG, K., KVALVIK, M., BUSKLEIN, J. O., ØDEGÅRD, I. M., CLEWING, C. S., FRENCH, H. K. & FORLAG, S. A. 2012. Grønne tak : resultater fra et kunnskapsinnhentingprosjekt. Oslo: SINTEF akademisk forl.
- NORGES BYGGFORSKNINGSINSTITUTT 1966. Oppôret tak av tre over betong eller lettbetong. *In: BYGGFORSK, S.* (ed.).
- NORSK BYGGFORSKNINGSINSTITUTT 1958. Massivt tak. Plasstøpt betong. *In: NORSK BYGGFORSKNINGSINSTITUTT* (ed.) *SINTEFF Byggforsk*.
- NORSK BYGGFORSKNINGSINSTITUTT 1972. Taktekking - Papp. Detaljløsninger. *In: NORSK BYGGFORSKNINGSINSTITUTT* (ed.).
- NOU 2010. Tilpassing til eit klima i endring - Samfunnet si sårbarheit og behov for tilpassing til konsekvensar av klimaendringene.

- NRK. 2014. *Ny regnrekord i Oslo* [Online]. Available: <http://www.nrk.no/ostlandssendingen/ny-regnrekord-i-oslo-1.11801279> [Accessed 15.10 2015].
- NTNU - SINTEF 2007. *Enøk i bygninger. Effektiv energibruk*, Gyldendal Undervisning.
- NYLUND, H. K. 2016. Avantors grønne grep er å flytte bakgården opp på taket. Available: <http://www.itbaktuelt.no/artikkel/893/avantors-groenne-grep-er-a-flytte-bakgarden-opp-pa-taket.html> [Accessed 04.05.2016].
- OSLO KOMMUNE 2013. Strategi for overvannshåndtering i Oslo. *In: AVLØPSETATEN, V.-O. (ed.)*. <https://www.oslo.kommune.no/getfile.php/Innhold/Vann%20og%20avl%C3%B8p/Skjema%20og%20veiledere/Overvann/Strategi%20for%20overvannsh%C3%A5ndtering.pdf>.
- PETTERSEN, B. H. 2012. *Nå satses det på hyttetak* [Online]. Available: <http://www.tb.no/bolig-interior/forbruker/na-satses-det-pa-hyttetak/s/2-2.516-1.7407106> [Accessed 12.12 2015].
- PLAN- OG BYGNINGSLOVEN 2008. Plan- og bygningsloven. Lov om planlegging og byggesaksbehandling.
- RISÅSEN, G. T. 2011. 612.010. Stilarter i arkitekturen fram til etterkrigstiden - hovedtrekk og eksempler. *In: BYGGFORSK, S. (ed.)*.
- ROCKWOOL. 2016. *Rockwool* [Online]. Available: <http://www.rockwool.no/> [Accessed 07.06 2016].
- ROEDE, L. & MEHLUM, S. 2010. 612.012. Bygningsvern. Definisjoner, verneverdier og råd om bygningspleie.
- SCANDINAVIAN GREEN ROOF INSTITUTE. 2014. *Grøna tak* [Online]. <http://greenroof.se/about-green-roofs/>. Available: <http://greenroof.se/about-green-roofs/> [Accessed].
- SEEHUSEN, J. 2013. *Gress på tak kan bli påbudt* [Online]. tu.no. Available: <http://www.tu.no/bygg/2013/09/19/gress-pa-taket-kan-bli-pabudt> [Accessed 22.09 2015].
- SILSETH, M. K., GÅSBAK, J. & BØHLERENGEN, T. 2012. Skader i kompakte tak. Årsaker og utbedring. *In: SINTEF BYGGFORSK (ed.)*.
- SINTEF BYGGFORSK 2008. Byggforskserien gjennom femti år. *In: SINTEF BYGGFORSK (ed.)*. <http://bks.byggforsk.no/PortalPage.aspx?pageid=44>: SINTEF Byggforsk.
- SINTEF BYGGFORSK. 2016a. *Historisk arkiv for Byggforskserien* [Online]. Available: <http://bks.byggforsk.no/HistoricalArchive.aspx?sectionId=2&portalMenuId=168> [Accessed 21.06 2016].
- SINTEF BYGGFORSK. 2016b. *Om byggforskserien* [Online]. Available: <http://bks.byggforsk.no/PortalPage.aspx?pageid=44> [Accessed 15.06. 2016].
- SPEAK, A. F., ROTHWELL, J. J., LINDLEY, S. J. & SMITH, C. L. 2012. Urban particulate pollution reduction by four species of green roof vegetation in a UK city. *Atmospheric Environment*, 61, 283-293.
- SPEAK, A. F., ROTHWELL, J. J., LINDLEY, S. J. & SMITH, C. L. 2013. Rainwater runoff retention on an aged intensive green roof. *Science of The Total Environment*, 461-462, 28-38.
- SPILSBERG, E. 2014. KVU Framtidig lokalisering av Campus NTNU. Konseptvalgutredning. Rambøll.
- STANDARD NORGE 2015. NS 3840 Grønne tak - planlegging, prosjektering, utførelse, skjøtsel og drift - Ekstensive tak.

- STATSBYGG 1994. Påbygg på bygningstekniske laboratorier/NTNU. Søknad om rammetillatelse. In: BYGGESAKSKONTOR, T. (ed.). Trondheim Byarkiv.
- STOVIN, V., VESUVIANO, G. & DE-VILLE, S. 2015. Defining green roof detention performance. *Urban Water Journal*.
- STOVIN, V., VESUVIANO, G. & KASMIN, H. 2012. The hydrological performance of a green roof test bed under UK climatic conditions. *Journal of Hydrology*, 414-415, 148-161.
- TIME, B. 1998. Kompakte tak. Del I og II. In: SINTEF BYGGFORSK (ed.).
- TIME, B. 2007. 525.002 Takkonstruksjoner. Valg av taktype og konstruksjonsprinsipper. In: BYGGFORSK, S. (ed.).
- TORSÆTER, M. O. 1982. Tretak. Varmeisolering, tetting og lufting. In: BYGGFORSKNINGSINSTITUTT, N. (ed.) *SINTEF Byggforsk*.
- TRONDHEIM KOMMUNE. 2016a. *Aktsombetskart kulturminner* [Online]. Available: <https://www.trondheim.kommune.no/byantikvaren/temakart/> [Accessed 18.05 2016].
- TRONDHEIM KOMMUNE. 2016b. *Om aktsombetskartet* [Online]. [Accessed 18.05 2016].
- TRONDHEIM KOMMUNE. 2016c. *Trondheim kommune karttjeneste* [Online]. Available: <https://kart5.nois.no/trondheim/Content/Main.asp?layout=trondheim&time=1464463903&vwr=asv> [Accessed 08.04 2016].
- TV2. 2015. *Alle disse byene har ulovlig dårlig luftkvalitet* [Online]. Available: <http://www.tv2.no/a/6569980> [Accessed 10.10 2015].
- VAN RENTERGHEM, T. & BOTTELDOOREN, D. 2011. In-situ measurements of sound propagating over extensive green roofs. *Build. Environ.*, 46, 729-738.
- VANUYTRECHT, E., VAN MECHELEN, C., VAN MEERBEEK, K., WILLEMS, P., HERMY, M. & RAES, D. 2014. Runoff and vegetation stress of green roofs under different climate change scenarios. *Landscape and Urban Planning*, 122, 68.
- VANWOERT, N. D., ROWE, D. B., ANDRESEN, J. A., RUGH, C. L., FERNANDEZ, R. T. & XIAO, L. 2005. Green roof stormwater retention: Effects of roof surface, slope, and media depth. *Journal of Environmental Quality*, 34, 1036-1044.
- VIKO. 2011. *VIKO - Veien til informasjonskompetanse* [Online]. NTNU. Available: <http://www.ntnu.no/viko/> [Accessed 15.09.2015 2015].
- VILLARREAL, E. L. & BENGTTSSON, L. 2005. Response of a Sedum green-roof to individual rain events. *Ecological Engineering*, 25, 1-7.
- VITAL VEKST. 2012. *Flate tak* [Online]. <http://www.vitalvekst.no/flate-tak/>. Available: <http://www.vitalvekst.no/flate-tak/> [Accessed 17.11 2015].
- WEILER, S. K. & SCHOLZ-BARTH, K. 2009. *Green Roof Systems: A Guide to the Planning, Design, and Construction of Landscapes over Structure*, John Wiley & Sons, Inc.
- WONG, G. K. L. & JIM, C. Y. 2015. Identifying keystone meteorological factors of green-roof stormwater retention to inform design and planning. *Landscape and Urban Planning*, 143, 173-182.
- YANG, H. S., KANG, J. & CHOI, M. S. 2012. Acoustic effects of green roof systems on a low-profiled structure at street level. *Building and Environment*, 50, 44-55.
- YIN, R. K. 2014. *Case Study Research*, SAGE Publications Inc.
- ZINCO. 2015a. *Gronne tak og solenergi* [Online]. Available: <http://www.zinco.no/gronne-tak-system/gronne-tak-og-solenergi> [Accessed 17.11 2015].

ZINCO. 2015b. *Intensive tak* [Online]. Available: <http://www.zinco.no/gronne-tak-system/intensive-gronne-tak> [Accessed].

ZINCO. 2015c. *ZinCo Systemer for ekstensive og intensive taklandskap* [Online]. Available: <http://www.zinco.no/gronne-tak-system> [Accessed 17.11 2015].

VEDLEGG

VEDLEGG A. MASTEROPPGAVETEKST

Etter avtale med veileder Tore Kvande er ikke masteroppgaveteksten inkludert.
Bakgrunn/oppgavetekst og målsettinger finnes i kapittel 1 i oppgaven.

VEDLEGG B. SJEKKLISTE FOR OMBYGGING TIL BLÅGRØNNE TAK

NR	Tema	Sjekkpunkt	Sjekket/Notat
0	Behov: hvorfor ønsker man å bygge om taket?		
1	Tilstandsvurdering		
1.1	Generell informasjon om bygget	Byggeår	
		Er bygget vernet?	
		Har det vært problemer med taket tidligere?	
		Taktype; Varmt kompakt tak (omvendt eller rettvendt), skrått luftet tak, oppôret tretak eller annet	
		Bærevne/lastkapasitet til eksisterende tak	
		Isolasjonsmengde	
		Finnes det system for å arbeide sikkert på taket? Dette kan være forankringsystem for sæle, gjerder osv.	
		Vær klar over at det kan være avvik mellom tegninger og hva som er konstruert i virkeligheten	

1.2	Inspeksjon av for flate, kompakte tak med asfaltbelegg eller folie		
1.2.1	Visuell kontroll av tekking og overflate	Sprekker i overflate.	
		Blærer i overflate.	
		Er inntekking ved sluk i orden?	
		Ser gjennomføringer bra ut?	
		Krymp eller sig i taktekkingen.	
		Er skjøter i god stand?	
1.2.2	Drenering og slukløsninger	Er det stående vann ved sluk eller renner?	
		Har taket korrekt helning mot sluk?	
		Kan det være fare for at tilleggslaster påvirker helning mot sluk?	
		Hvor ofte renses slukene? Er det slik at slukene renses ofte før ombygging til blågrønne tak, så bør man være klar over at et vegetasjonsdekke kan føre til mer plantemateriell løv og skitt.	
		Har taket overløp? Trengs det?	

1.2.3	Parapet, beslag og forankring	Parapethøyde (gesimshøyde). For å sikre blågrønne tak og singel mot avblåsning anbefales en gesimshøyde på minimum 300 mm fra topp av taktekking/det blågrønne taket	
		Fungerer beslag?	
		Hvordan er taket forankret? Mekanisk, ballastert, klebet, annet?	
1.2.4	Andre skader	Dette kan være skader forårsaket av f.eks. vindavblåsning. Dette kommer også an på forankringsmetode.	
1.3	Inspeksjon av skrå, luftede tak		
1.3.1	Lufting	Hvor er taket luftet? I møne eller raft?	
		Er lufteåpningene blokkert?	
		Beskyttes luftespalter mot inndrev av nedbør?	
		Er det tegn til råteskader på kaldt loft? Dette kan skyldes dårlig lufting, eller lekkasje av fukt fra innvendig konstruksjon.	
		Er det isdannelser i takrenner om vinteren for skrå luftede tak over varmt loft? Dette kan være tegn på varmegjennomgang i taket. Alternativt for liten isolasjonstykkelse, eller for dårlig lufting.	
1.3.2	Takvinduer	Er det takvinduer? I så fall, hvordan er beslag rundt disse løsningene? Undersøk om man kan heve høyden på taktekkingen uten å bygge «over» vinduet	

1.4	Oppfôret tretak på dekke av betong		
1.4.1	Lufting	Er konstruksjonen tilstrekkelig luftet?	
		Inndrev av nedbør?	
		Andre tegn på råte, gjennomgang av fukt fra innsiden av bygget eller liknende?	
1.4.2	Taktekking	Er taktekkingen i god stand (se punkter over hvis asfalttekking/folie)?	
1.4.3	Tilstand til betongdekke	Visuell inspeksjon av betongdekket kan gi indikasjon på om det er mulig å legge et blågrønt tak her, ved å rive det oppfôrede tretaket.	
	Notater		

2		Planlegging, utforming og valg av konsept		
		<i>Etter man har kartlagt status på taket må man velge taktype og utbedringer som skal gjennomføres. Denne delen oppsummerer punkter/utbedringer for å gjøre det lettere å få kontroll over disse.</i>		
2.1	Utbedrings- alternativer Denne listen gir oversikt over hvilke punkter man vil utbedre under en ombygging		Ja	Nei
		Skal man øke isolasjonsmengde?		
		Beholde taktekking?		
		Informasjon om ny taktekking		
		Utbedre skjøter i beslag eller taktekking?		
		Endre slukløsninger?		
		Utbedre fall mot sluk?		
		Rive oppfôret tretak?		
		Utbedre lufting av tak (kaldt loft, varmt loft og for oppfôret tretak)?		
		Utbedre eller heve parapet?		
		Utbedre utettheter i dampsperre?		
Andre utbedringer				

2.2	Informasjon om ulike typer blågrønne tak		
2.2.1	Ekstensivt blågrønt tak		
2.2.2.1	Vekt	Varierer vanligvis mellom 60-150 kg/m ²	
2.2.2.2	Vegetasjon	Hva slags type vegetasjon ønsker man? Sedum, annet?	
2.2.2.3	Obs. punkt ekstensive tak	Sørg for at leverandør har en oppbygging som sørger for nok vann, men som samtidig drenerer vekk overflødig nedbør. Dermed unngår man at taket drukner, eller tørker helt. Man vil helst at taket er mer tørt enn vått, slik at ugress og andre plantearter dør.	
2.2.2	Semi-intensive blågrønne tak		
2.2.2.1	Vekt	Varierer mellom 120-200 kg/m ² .	
2.2.2.2	Vegetasjon	Hva slags type vegetasjon ønsker man? Gress, torv, busker, kombinasjon?	
2.2.2.3	Obs. punkt	Semi-intensive tak krever mer vedlikehold enn ekstensive tak. Sørg for at dette tas hensyn til.	
2.2.3	Intensive blågrønt tak		
2.2.3.1	Vekt	Vekt mellom 180-500 kg/m ²	
2.2.3.2	Vegetasjon	Hva slags type vegetasjon? Trær, blomsterbed, kombinasjon?	
2.3	Generelt		

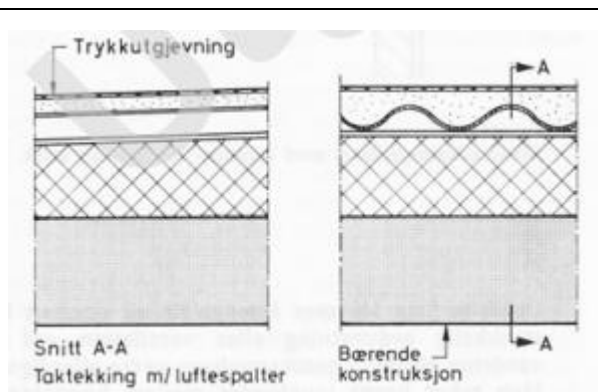
	Brannkrav	Kontroller om leverandør har dokumentasjon på at taket oppfyller brannkrav til tak $B_{\text{Roof}}(t_2)$	
	Notater		

3	Utførelse. Ombygging til blågrønt tak. <i>Ombyggingen vil variere i omfang som følge av taktype, hvilke blågrønt tak man velger, samt hvilke andre utbedringer man eventuelt vil gjennomføre. Dette er generelle punkter man kan velge å ta høyde for under ombygging.</i>		
3.1	Beskyttelses-tiltak som kan vurderes	Lagringplass/losseplass for materialer.	
		Gangsti for bruk under arbeider.	
		Beskyttelsesstøp (for omvendt kompakt tak).	
		Etabler rutiner for ferdsel på taket. Dette kan være å bruke strømper på sko, eller sjekk av såle før ferdsel.	
3.2	Seksjonering	Å vurdere seksjonering av tak kan være fordelaktig hvis det skulle forekomme en lekkasje. Oppdager man en lekkasje innendørs, vil det være avgrenset til et mindre område av taket.	
3.3	Kontroll	Sørg for at underlaget er i god stand og fritt for skruer og annet skitt før bygging av blågrønt tak.	
		Visuell inspeksjon av membran/taktekking/underlag før bygging av blågrønt takkonstruksjon.	
		Vurder trykktesting av membran for flate tak.	
		For blågrønne tak med tynt substrat, kontroller membran etter at vegetasjonen er lagt. Denne kuttes gjerne til på plass, og det er fare for at man også kutter igjennom membranen.	
		Tetter vegetasjonen luftkanaler, åpninger eller liknende for det eksisterende taket?	

VEDLEGG C. NOTATER FRA BYGGFORSKSERIEN

Som en del av oppgaven har det blitt gjennomgått en rekke anvisninger fra SINTEF Byggforsks digitale arkiv. Dette har blitt gjort for å få bedre innsikt i hva slags byggeteknikk som var sett på som god i forskjellige perioder i etterkrigstiden. Figurer i notatene er hentet fra anvisningene de anvisningene de er satt under.

Utgitt/Utgått	Nummer	Tittel	Tema videreført i
1958 /1964	(27).001	Tak av tre. Varmeisolasjon og gjennomlufting	(27).511
<p>Anvisningen er en av de eldste og viser at man allerede har solide prinsipper for lufting av tak. I tillegg er man klar over fuktproblematikk og anbefaler bruk av dampsperre. Anvisningen behandler tak over kalde loft, bratte tak over oppvarmet rom, men også flate tak over oppvarmede rom. De anbefaler å luften mellom isolasjon og takteking. De anerkjenner problemet med at flate tak får dårlig luftstrøm, og det må dermed gjøres ekstra tiltak, som f.eks lufting v. møne.</p>			
1964/ 1971	(27).001	Skrått tak av tre. Dampsperre, varmeisolasjon og gjennomlufting	525.002
<p>Denne utgaven reviderer (27).001, og det virker som om anvisningen har større fokus på detaljer rundt utførelse av dampsperrsjikt og overganger mellom vegg/tak.</p>			
1967/ 1980	(27).001	Tak. Typer, problemer og funksjoner	525.002
<p>Samme prinsipper som i dag, med varme tak og kalde tak. Det påstås at tretak over betong ikke trenger å luftes noe særlig. Dette er et av de første i serien hvor flate tak behandles spesifikt. Anvisningen er ganske omstendelig, og viser mange eksempler på utførelse. Figuren under viser hvordan man kan løse det man kaller ventilerte massive tak.</p>			



Figur 31. Massivt tak ventilert mellom isolasjon, påstøp og tekking

1971	(27).511	Skrått tak av tre. Over oppvarmede rom	523.103
<p>Anvisningen behandler skrått tak av tre, hvor himlingen er festet direkte til undersiden av sperrer eller åser over oppvarmet rom.</p> <p>Videre beskrives det at denne type tak ofte er utsatt for skader, særlig i områder med mye snø. Vann demmes opp av isbarrierer ved takfot (gesims og takrenner), eller kondenserer gjennom taket fra innsiden via utettheter. Anvisningen sikter på å gi gode råd til hvordan å forhindre at skader oppstår.</p> <p>Det beskrives tre viktige steg for å forhindre kondens, råtedannelse og snøsmelting.</p> <ol style="list-style-type: none"> Gjøre konstruksjonen mest mulig lufttett i flere trinn Bruke så mye varmeisolasjon som praktisk mulig Sørge for god utlufting av rommet mellom isolasjon og taktro <p>Dette gjøres ved sperresjikt, og god overlapp mellom skjøter i datidens «dampsperre» eller diffusjonstett papp.</p>			
1977	523.103	Skrått tak av tre over oppvarmede rom	525.100 (1987)
<p>Anvisningen er en direkte videreføring av forgjengeren og beskriver oppbyggingen av skrått tak med himling festet til åser eller sperrer.</p>			

Skader som kan oppstå er som regel fra vannlekkasjer. Oppdemming ved utvendige nedløp osv er årsaken.

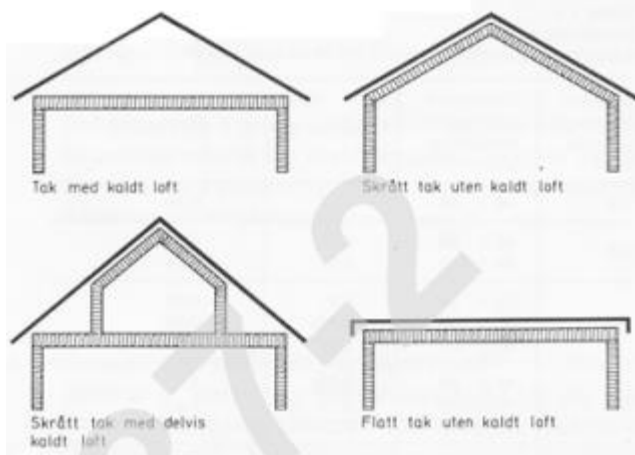
Materialer som kan brukes er sponplater, trefiberplater eller gipsplater som underkledning. Anvisningen nevner at det må fokuseres på å bruke mye varmeisolasjon og ha konstruksjonen så tett som mulig for å unngå varmegjennomgang. I tillegg anbefales det god utlufting mellom isolasjon og taktro.

Det elektriske anlegget kan fort gjøre at man må ta hull på sperresjikt, når elektrisk anlegg monteres i taket. Derfor er det detaljer knyttet til utførelse av dette, utenom å måtte skjære i sperresjikt.

Detaljer knyttet til tetting rundt vegger og dragere er også behandlet. Her legges det vekt på korrekt bruk av mansjetter, og ekstra beskyttelse ved skjøting over f.eks. ståldrager.

1982	525.100	Tretak. Varmeisolering, tetting og lufting	525.100(1987)
------	---------	--	---------------

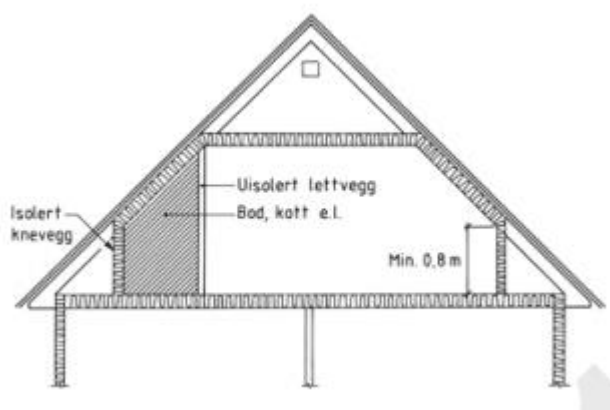
Anvisningen tar for seg luft- og damptetting m.m. av tretak, først og fremst med skrå tak, uten kaldt loft. Anvisningen er veldig likt 523.103. Forskjellene ligger i antall detaljer som er beskrevet. Her er det dryppnese på beslag og detaljer som beskriver lufteåpninger, klemming av sperrer osv. Det er også presentert en rekke tretak. Saltak med delvis kalde loft og varme loft, og flatt tak uten kaldt loft (men også i tre).



Figur 32. Eksempler på forskjellige type tak (Torsæter, 1982)

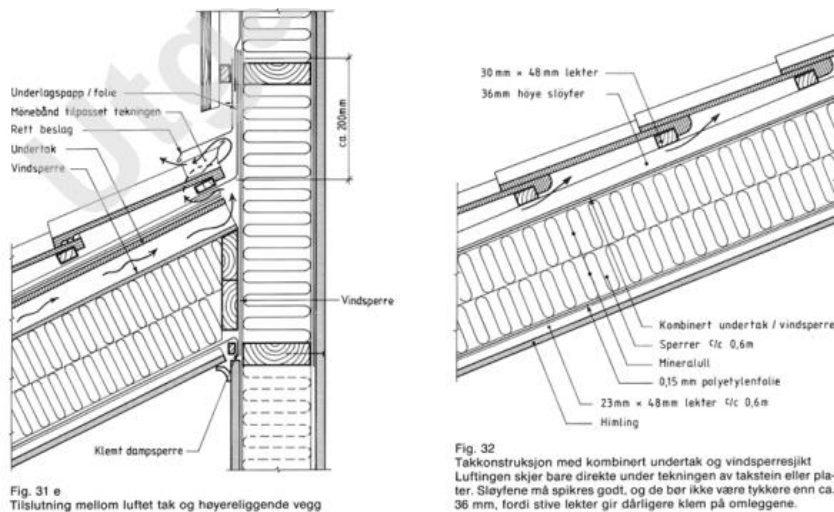
1987	525.100	Luftede tretak. Varmeisolering og tetting	525.106 525.107 525.101
------	---------	---	-------------------------------

Igjen så er det ikke mye som forandrer seg i 525.100 fra forrige utgave. Omfanget av Anvisningen øker igjen, og det er større fokus på tilstrekkelig lufting mellom overganger mellom vegg og tak, og under taktekking.



Figur 33. Skisse over anbefalt konstruksjon av «oppbevaringsrom» ved knevegger

Noe helt nytt i dette Anvisningen er det som kalles «kombinert vindsperre og undertak». Da lufter man kun mellom tekning og undertak, med noe høyere sløyfer enn hva som var vanlig før denne tiden. Tidligere var det vanligere å lufte under undertaket, via taksperre.



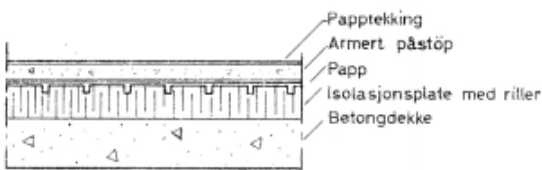
Figur 34. Illustrasjon over forskjellen på «gammel» og «ny» løsning for lufting av tak. Eldre hus bygdes gjerne med lufting under undertak, mens ny løsning har kombinert vindsperre og undertak

1975	(27).513	Tretak med kaldt loft. Himling, sperresjikt, mineralull, lufting	525.101 (2007)
<p>Som tittelen tilsier behandler Anvisningen himling, sperresjikt, isolasjon og generelle byggetekniske tips for å bygge tretak over kalde loft.</p> <p>De lister to grunner til å luften det kalde taket</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Fjerne fukt for å senke relativ luftfuktighet 2. Senke temperaturen på loftet, slik at man unngår at snø smelter som følge av varmegjennomgang innenifra. <p>Man må sørge for at luftåpninger er såpass overdekt at det ikke driver nedbør inn på loftet.</p>			
1979/ 1988	525.002	Generelt. Definisjoner, påkjenninger og valg av taktype	525.002

<p>Denne anvisningen tar for seg en rekke ulike taktyper. Komptakttak både med bærekonstruksjon/nederste lag som betong og korrugerte stålplater blir gjennomgått, de klassiske tre-takene, samt oppfôret tretak. Sistnevnte betegnes i denne utgaven som den sikreste av takene. Det var også verdt å notere at anvisningen nevner en rekke problemer med flate, kompakttak. Eksempler er at takpapp/asfalt sprekker, at takene har ikke tilstrekkelig fall m.m. I tillegg listes det at isolasjon og tekking blåser av i kraftig vind (særlig på stålplater).</p>			
1988/1996	525.002	Tak. Generelt. Definisjoner, påkjenninger og egenskaper	525.002
<p>Anvisningen er enda mer detaljert enn forgjengerne, med detaljerte tegninger og anvisninger til kompakte tak. Her anbefales det også å ha innvendige nedløp.</p>			
1996-2007	525.002	Takkonstruksjoner. Valg av konstruksjonstyper og materialer	525.002
<p>Detaljeringsgraden i dette som kan kalles en revisjon av forgjengeren er stor. Her behandles en rekke taktyper, og det har blitt laget tegninger og detaljer i nytt format. Typiske problemområder rundt overgang mellom vegg tak, arker i skråtak m.m. blir behandlet. Det er også et kort kapittel om prefabrikkerte elementer. Her anbefales det at prefabrikkerte isolerte takelementer med varmeisolasjon plassert mellom bærende komponenter med polyetylenfolie som dampsperre ikke må brukes over rom med stor fuktbelastning. Det er vanskelig å få dampsperran tett.</p>			
2007	525.002	Takkonstruksjoner. Valg av taktype og konstruksjonsprinsipper	
<p>Anvisningen er lik sin forgjenger, men er enda mer utfyllende, men samtidig mer konsis. Anvisningen inkluderer et kort avsnitt om brann. Når man elger taktype må man vite følgende:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Hvilken funksjon bygningen skal ha 			

- Hvilken form bygningen skal ha
- Hvilket klimaforhold bygningen blir utsatt for

Man deler ofte tak inn i to typer; luftede tak (kalde), og kompakte tak (varme).

1958	(47).201	Tekking av flate tak. Takform og underlag	
<p>Tekking av flate tak. Takform og underlag ble utformet så tidlig som i 1958. Her defineres flate tak som tak med et så lite fall at de krever fugefri taktekking. Allerede i 1958 anbefalte byggforsk å ha innvendig avløp. Igjen dukker luftet tretak over betong opp, og det kalles «bordtak».</p>			
1958	(26).305	Massive tak. Betongdekke med sporede varmeisolasjons-plater	(27).411 525.203
<p>Massive tak er det som vi i dag kaller kompakte tak. Denne anvisningen fra 1958 viser hvordan massive tak kan utføres. Det anbefales fall på taket, og at isolasjonen i taket luftes, med sporede «riller». Isolasjonstypene som er anbefales brukt i takene er korkplater, treullsementplater, lettbetongplater, eller skumplast. De har forskjellige bruksområder, hvor treullsement må ha påstøp for gangtrafikk, mens de andre kan brukes uten. Det er verdt å merke at det ikke anbefales dampsperre, kun membran, og at kork og treullsement er av organisk art.</p>			
 <p>The diagram shows a cross-section of a roof assembly. From top to bottom, the layers are: Papptekking (paper covering), Armert påstøp (reinforced screed), Papp (paper), Isolasjonsplate med riller (insulation plate with grooves), and Betongdekke (concrete slab). The insulation plate has vertical grooves for ventilation.</p>			
<p>Figur 35. Varmeisolasjonsplater med ferdig utfreste riller for gjennomlufting</p>			
1965-1/ 1973-1	(26).308	Massive tak. Uluftede med lette isolasjons-materialer	(27).411

Anvisningen behandler massive tak (kompakte tak) hvor man benytter det som kalles «lette isolasjonsmaterialer». Det benyttes prinsipper som i dag, hvor taket behandles som varmt, med innvendig nedløp. De anbefaler også grundig inspisering av tekking prligpå denne taktypen. Det blir vist eksempler med bærende dekke av betong, som vist i figur, og med stålplater. Oppbygging av isolasjonssjikt, med dampsperre er lik.

1973-1/ 1977-2	(27).411	Massive tak. Varmeisolert med ekspandert polystyren	525.203
-------------------	----------	---	---------

Her behandles kompakte tak med skumplast som isolerende materiale. Det anbefales brannseksjonering, som det gjøres den dag i dag, med f.eks. steinull. Anvisningen anbefaler asfaltapp med uorganisk kjerne som sperresjikt (membran). Det anbefales at det brukes en slags membran i asfalt over betongdekket.

1977-1985 OG 1985-1/1989	525.203	Kompakt tak med isolasjon av ekspandert polystyren	525.207
--------------------------------	---------	--	---------

525.203 fra 1977 kan muligens si å være en av forløperne til de mer moderne anvisningene om kompakte tak. Her vises alt fra hvordan man kan feste membran, dele inn i brannseksjoner, samt at det listes ulike materialer man gjerne tar i bruk på taket.

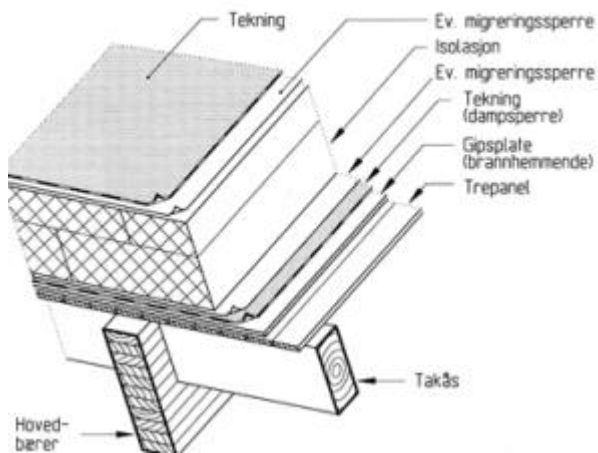
Fra 1985-anvisningen menes det at man ikke trenger dampsperre på tak i plasstøpt betong, noe som er forskjellige fra dagens standarder. Unntaket er når dekket støpes om høsten, og rommene under oppvarmes før dekket får tørke ut.

Anvisningene viser detaljløsninger undt overganger som ved vegg og parapet.

Membranen betegnes ofte som «takpapp», som kanskje var mest vanlig.

Folietekking behandles i eget kapittel (32, 1977) hvor man varmluftsveiser skjøter, mens man fester folien med ballast.

<p>Begge anvisningene beskriver at klebing med asfalt kan være problematisk, da dette krever en del varme som gjør at polystyrenen kan smelte, eller at man ikke tør å varme opp asfalten godt nok, slik at den ikke festes.</p>			
1989	525.207	Kompakte tak	525.207
<p>Anvisningen er omstendelig, og tar for seg alt fra utførelse til krav til brann, og underlag til rettvendte tak (tekning øverst). Omvendte tak behandles i A 525.225. Anvisningen anbefaler, som de før, at man har dampsperre på elementer av betong eller bærende stålplater når damptrykket innendørs er større enn 1200 Pa, tilsvarende 50 % RF ved +20 grader celcius.</p> <p>Det settes krav til ubrennbar isolasjon nær overganger, og vegger, med soner på minimum 600 mm. En rekke detaljer knyttet til rørgjennomføringer og overganger. Det anbefales at man ikke kleber med asfalt når det brukes polystyrenplater.</p> <p>Avrenning fra taket burde være inne på taket, og ikke i takrenner.</p>			
1998	525.207	Kompakte tak. Del I og II	525.207
<p>I denne anvisningen kombineres rettvendte, omvendte og duotak for kompakte tak. I tillegg er det større detaljer knyttet til skrå, kompakte tak.</p> <p>Mye av teorien fra de forrige utgavene videreføres, men detaljeringsnivået blir enda større. Her kommer det også med detaljer for kompakte tak med beplantning, separasjonssjikt, glidestøp m.m. Det er altså i del II hvor mye av detaljene vises.</p>			



Figur 36. Prinsipiell oppbygning av skrått tretak med dampspærre og isolasjon i sin helhet over bærekonstruksjon (Time, 1998)

2000	525.207	Kompakte tak	525.207
<p>I likhet med sin foregjenger, behandler denne anvisningen nå flere typekompakte tak. Duotak, omvendt og rettvendt.</p> <p>Fallforhold på de flate, kompakte takene er det også gitt retningslinjer for. Nå med 1:40 helning på tak, med 1:60 i renner. Krav til isolasjon oppgraderes, trykkfasthet på isolasjon, fremgangsmåte til legging og branntekniske forhold er også med. Tekning er viet et eget kapittel, men behandles spesielt i gruppe 544.</p> <p>Det vies ikke en egen figur til takløsninger med vegetasjon i denne versjonen.</p>			
2007	525.207	Kompakte tak	
<p>Denne anvisningen er gjeldende og har altså erstattet alle de foregående. Mange av de bygningstekniske prinsippene er like her som i forgjengerne. Omvendte, rettvendte og duotak er gitt egne kapitler.</p> <p>Det presiseres at isolasjon med lukket cellestruktur og lavt fuktopptak må brukes når isolasjonen ligger under membranen.</p>			

1964-2/ 1972-1	(26).307	Massive tak. Ombygging og utbedring av gamle massive tak	Kan spekulere i at den er videreført i gule anvisninger?)
<p>Denne anvisningen (eller Anvisningen) beskriver man kan utbedre og ombygge massive, flate, tak som har vært galt konstruert.</p> <p>Det listes tre årsaker, eller tilfeller hvor det er aktuelt å bygge om.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Tak med magerbetongavretting som frosses i stykker, hvor det ligger organisk varmeisolasjon i underkant. Dersom det mangler papplag over isolasjonen må den fornyes. 2. Tak med lekkasjer i tekking, som ligger på organisk isolasjon, kan føre til at isolasjonen blir ødelagt 3. Man kan måtte bygge om tak i byer hvor gesimshøyde er nøyaktig bestemt <p>Det foreslås at det er mulig å slå hull på betongdekker hvor isolasjonen er våt. På denne måten kan man tørke isolasjonen ned i bygget.</p> <p>Videre listes det alminnelige regler for utførelse.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. All gammel tekking fjernes 2. Hull meisles i eventuell påstøp 3. Taket bør få tørke før isolasjon legges ut. Bruk teltak 4. Ny varmeisolasjon legges ut som om den gamle ikke eksisterte <p>Det gis også noen eksempler på utbedring.</p>			
1983	525.213	Kompakte tak med profilerte stålplater og overliggende isolasjon og tekning	
<p>Anvisningen behandler kompakte, flate tak med bærekonstruksjon av trapesprofilerte tynnplater av stål med varmeisolasjon og tekning på oversiden. Det anbefales at det brukes</p>			

<p>tung mineralull eller ekspandert polyestere som varmeisolasjon. Noen av disse takene kan være utført uten fuktsperre! Når innvendig damptrykk om vinteren er større enn 1200 Pa skal det være fuktsperre. De bruker papp og fester det mekanisk og med ballast? Det kan også merkes at veggavslutningen på taket (Fig. 53 b) kanskje ikke er helt etter dagens standard.</p>			
1958	(47).301	Taktekking. Papp	(47).112
<p>Anvisningen viser hvordan man kan tekke tak i det som kalles asfaltpapp. Materialene som brukes er asfaltløsning, asfaltklistermasse, armeringsduk, underlagspapp og takpapp. Asfaltløsningen er det som smøres på betongflatene for å sørge for at tekkingen fester seg til underlaget, deretter kommer underlagspappen, før den påføres asfaltklistermasse og det øverste laget med papp. Takpappen klistres med asfaltklistermassen, og skjøtes med overlapp.</p> <p>Videre er det en rekke detaljer knyttet til hvordan å tette tekkingen mot takrenner, gesims (i dag parapet) og sluk og andre overganger. Som det kommer frem av figuren, så klemmes kun underlagspappen mot sluket, mens takpappen tilsynelatende klemmes ved hjelp av løvrysten.</p>			
1968	(47).112	Taktekking. Papp. Takhellinger, takformer, tekkingsmetoder, detaljer	
<p>Prinsippene for helning er ganske like de vi ser i dag. Tekkingen anbefales med enten to eller tre lag. Nederste papp stiftes, så klebes så helklebes med varm asfalt. Shingel kan legges direkte på tretak med ett lag underlagspapp. De visste at det er vanskelig å få tett mot vanntrykk og at man må være skeptisk til det. Taktekkingen er(47 Noen av løsningene for å avslutte mot gavler er tvilsomme. Særlig fig 63. b.</p>			
1972	(47).111	Taktekking – Papp. Takformer og tekking	
<p>Anvisningen omhandler takformer for flate tak som egner seg for tekking med papp. Det dekker også skrå tak.</p>			

Typer asfaltpapp blir ikke beskrevet i dette Anvisningen. Det nevner kun at det finnes forskjellige typer. De nevner derimot kunstgummifolier, som muligens kan sammenliknes med dagens PVC. De anbefaler å bruke den i kombinasjon med asfaltpapp, som en forsterkning.

Her anbefales også å plassere sluk i områder som effektivt drenerer både når tak er belastet og ubelastet, som ofte vil si momentmiddelpunktet. Overløp er også anbefalt. Det nevnes også at når man har flate tak, så må man avslutte disse mot vertikale flater med en overgang på 45 graders helning Dette er for å forhindre issprengning.

Tekkingen skal utføres på tørt underlag, og helst ikke i lufttemperaturer under null grader.

Det anbefales forskjellige utførelse for horisontale tak og flate tak, hvor det er strengere krav til de horisontale takene, med to til tre lag med papp med uorganisk stamme (kjerne), eventuelt det som de kaller vanntrykkplast, som er f.eks. gummiasfaltmatte.

1979	544.203	Tekking med papp. Metoder og tekkebetingelser	
<p>Anvisningen tar for seg ulike materialer og krav til underlag når det skal tekkes med papp. Her deler, i henhold til norske standarder, pappen inn i tre klasser; overlags-, underlags- og vanntrykkpapp. Felles for alle er at de er asfaltbelagt og impregnert. Det som impregneres er enten ullpapp, polyesterfilt eller mineralfiberfilt. For underlags- og vanntrykkpapp brukes gjerne glassvev, polyesterfilt, eller noe som kalles spesialstamme.</p> <p>Innfesting kan gjøres mekanisk med skive og ekspansjonsbolt til underlaget.</p>			
1987	544.203	Tekking med asfalt takbelegg. Metoder og tekkebetingelser	
<p>Anvisningen inneholder, i motsetning til sin forgjenger, en liste over terminologi. Asfalt overlag er her beskrevet som takbelegget som skal tåle sollys, mens underlag ikke trenger dette. Vanntrykkbelegget er tett mot vann under trykk. Stamme er bærende og armerende del inni et asfaltbelegg.</p>			
1972	(47).112.2	Taktekking – Papp. Detaljløsninger	544.204

<p>Skader på papptekking er som regel forårsaket av at det er mangler og feil hvor tekningen skal sluttes inntil andre konstruksjonsdeler Anvisningen er mindre generell enn (47).111, og går direkte på utfordringer knyttet til overganger og rundt gjennomføringer. For sluk skal pappen (taktekkingen) føres ned til sluket og klemmes mekanisk med klemring.</p> <p>Det er også en detalj som går ut på å lage en utsparing (en nisje) i betongveggen som taktekkingen skal skjøtes mot. Deretter brettes taktekkingen opp og inn i nisjen, før den klemmes med lekt.</p>			
1980	544.204	Tekking med papp og folier. Detaljløsninger	
Anvisningen inneholder veldig mange likhetstrekk med sin forgjenger			
1987	544.204	Tekking med asfalt takbelegg (takpapp) og takfolier. Detaljløsninger	
I denne utgaven ser man enda flere detaljer. Nye detaljer rundt lyrer, platekledde vegger m.m.			
2008	544.204	Tekking med asfalttakbelegg eller takfolie. Detaljløsninger	
<p>Denne anvisningen er fortsatt i bruk og erstatter de med samme nummer. Den er utrolig detaljert, og bygger på foregående kunnskap. Merk at «overgangslekten» nå ikke er beskrevet på noen av detaljene. Det er enda større fokus på overlapp på takbelegget i overgang mellom konstruksjonsdeler. Anvisningen viser løsninger for både flate- og luftede tak.</p> <p>Løsninger for tetting rundt lyrer, som sørger for god lufting er også behandlet. Her anbefales det doble beslag for å skjerme mot inndriv.</p>			
1958	(26).001	Massive tak. Gjennomlufting og varmeisolasjon	(26).001-2, 1964

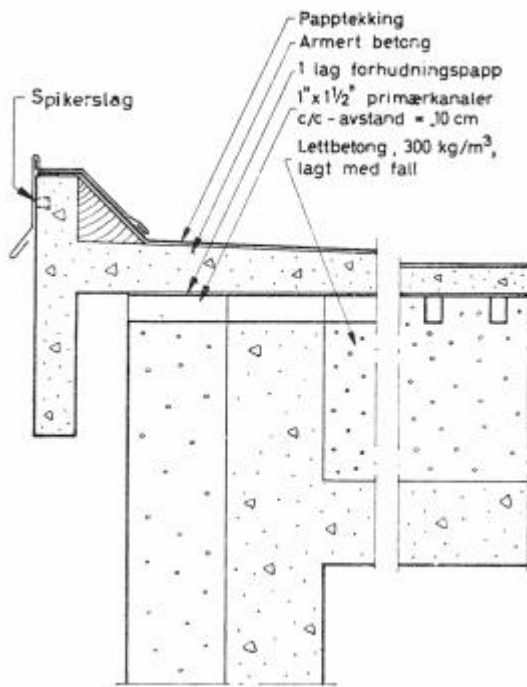
Anvisningen er utarbeidet for å vise hvordan man kan bygge opp massive tak. Typisk oppbygging er et dekke av betong, deretter et «varmeisolerende» sjikt med grus, lettbetong eller sporede isolasjonsplater, slik at konstruksjonen blir luftet. De har listet 4 generelle forbehold som må følges.

1. Elementene må være tørre, de må beskyttes under lagring, montasje og transport
2. Det skal ikke være damptett sjikt mellom takelementene og romluften
3. Takets varmeisolasjonsevne må være så god at man ikke risikerer kondens på undersiden av taket
4. Vanndamptrykket i rommet under taket bør aldri overstige 9 mm Hg

Luftesystemet, eller ventilasjonssystemet fungerer ved at man har små primærkanaler som er riller eller porer i eller over varmeisolasjonsmaterialet. Disse samles og forbindes i samlekanaler eller lufteåpninger i vegg som er åpninger som går til friluft. Eventuelt bruker man lyrer med mulighet for utlufting.

1964	(26).001.2	Massive tak. Gjennomlufting, varmeisolasjon dampsperre og generelle detaljer	
<p>I Anvisningen som erstatter (26).001, (26).301, og (26).303 fra 1958 så er detaljnivået på utlufting redusert. Man har her ikke med det som heter samlekanaler, men nevner heller lyrer, åpning i gesims, og lufting ned i det underliggende rommet ved hjelp av nedfôret himling. Anbefalte isolasjonsmaterialer er kork, polystyren, lettbetong og grus. Datidens krav gjorde at tykkelsene på varmeisolasjon ble ganske store.</p> <p>Dobbel papptekking er fortsatt det foretrukne tekkematerialet.</p>			
1958	(26).301	Massivt tak. Plasstøpt lettbetong	

Den plasstøpte lettbetongen fungerer som varmeisolasjonssjikt, som også er kategorien til anvisningen. Oppbyggingen er enkel, hvor lettbetong ligger over et tyngre betongdekke, med luftekanaler i lettbetongen for å lufte ut fukt i materialet. Over lettbetongen er det «forhudningspapp», som ligger under en dekkestøp med armert betong med papptekning på toppen. Detalj kan sees i figuren under.



Figur 37. Detalj av gesims (parapet) med avretningslaget (Norsk byggforskningsinstitutt, 1958).

1958	(26).302	Massive tak og papptekking. Reparasjon og vedlikehold	
<p>Anvisningen er i serien om varmeisolasjonssjikt og beskriver hvordan man vedlikeholder og reparerer papptekking. Årsaker til skader er flere. Hvis man ferdes på taket under vedlikehold, måker snø eller liknende, så vil man kunne lage hull i tekkingen.</p> <p>Ellers listes det måter å reparere tekkingen på. Man fester løse omskjøter ved å varme papp og gammel klistermasse, for å deretter presse den ned over tid med sandsekker.</p> <p>Det viktigste er at taket inspiseres og vedlikeholdes regelmessig. Sluk inspiseres og renskes to ganger årlig.</p>			

Et eget kapittel vies til reoperasjon av gamle, uluftede massive tak. Skader kan være at varmeisolasjonsmaterialet har blitt vått, slik at det må få tid til å luften ut. I visse tilfeller anbefaler man også å etterisolere.

Det nevnes noe som heter singelmakadam, hvor man legger ut stor singel (grus) som et gjennomluftingssjikt. Deretter sprøyter man asfalt på singelen, slik at de hefter de øverste kornene. Etter dette støpes det med armert betong på toppen, som tekkes på vanlig måte

1958	(27).301	Oppfôret tak. Betongdekke med mineralull og bordtak	(27).301 (1966)
------	----------	---	--------------------

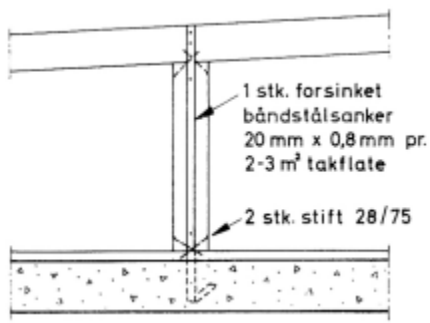
Anvisningen nummerert (27).301 viser en konstruksjon som har blitt noe brukt i Norge. De kaller det gjennomluftet, dobbelt tak. Kort forklart er dette et tretak bygget over et betongdekke. Mineralull legges ut som matter på betongdekket, deretter et lag forhudningspapp. Over dette bygges det et tak av sperrer og åser med den formen som er ønsket, med tilstrekkelig lufting. Luftingen gjøres igjennom gesims (parapet) og må ikke hindres av sperrer eller åser.

1966	(27).301	Oppfôret tak av tre over betong eller lettbetong	525.105 (1993)
------	----------	--	-------------------

Som sin forgjenger behandler Anvisningen oppfôret tretak over dekke av betong eller lettbetong. Denne anvisningen er mer detaljert og viser også forankring, noe den forrige utgaven ikke gjorde. Det anbefales dampspærre på toppen av betongdekket, da dette medfører små kostnader og kan være med på å sikre mot skader. Det presiseres at dekket må få tørke inn i konstruksjonen, og at man ikke må ha innvendig dampspærresjikt her for å forhindre dette. Maling må f.eks. være diffusjonsåpen.

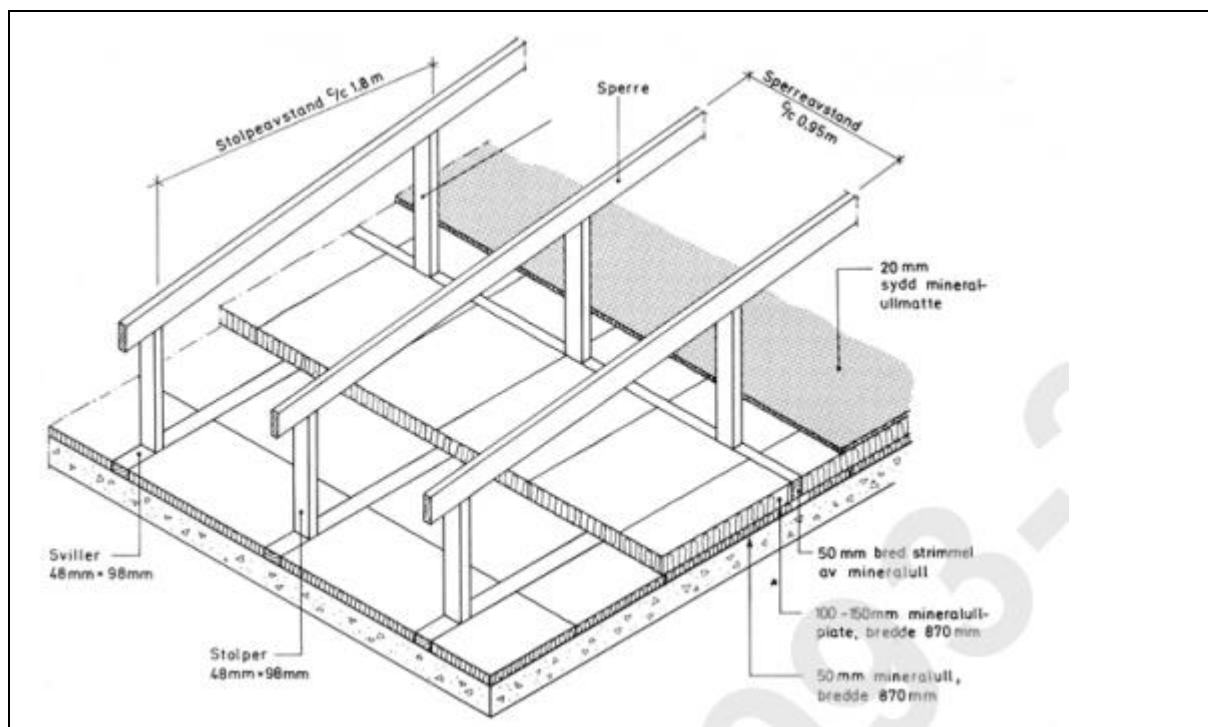
Dekket isoleres deretter med isolasjon med forhudningspapp, før bordtaket bygges over. Det presiseres at luftingen må være god, og det må tas hensyn til at det kan drive og fukke snø inn i hulrommet. Det anbefales derfor en langsgående luftespalte i gesims (parapet).

Taket forankres med sinkede båndjern som støpes inn i dekke, med ett båndjern for hver 2-3 m². De burde være såpass lange at de går helt opp langs stolpene opp til sperrene. Dette er vist i figur



Figur 38. Detalj for oppfôret tak over betong. Forankring av tak (Norges byggforskningsinstitut, 1966)

1980	525.105	Oppfôret tretak på dekke av betong eller lettbetong	525.105
<p>Dette Anvisningen erstatter (27).301 og er langt mer utfyllende enn de tidligere versjonene. Anvisningen er delt inn i 4 kapitler; generelt, materialer, utførelse og referanser.</p> <p>Oppbyggingen av taket er lik de foregående, men moderne materialer erstatter de gamle. Takfall og slukløsninger blir også foreslått, og det er detaljerte anvisninger knyttet til hvordan å utføre renner. En detaljert figur viser også oppbyggingen av tretaket over dekket.</p> <p>Lufting er gitt et eget underkapittel, hvor det er fokus på tilstrekkelig lufting langs langsiden, og det vises detaljer knyttet til lufting i gesimskasser (parapet).</p>			



Figur 39. Prinsipiell oppbygning av tretak over betong (Juul og Ramstad, 1980).

Det er også veiledning knyttet til branntekniske utfordringer. Her anbefales det at tretaket brannseksjoneres i flater på 400 m². Brannskillet kunne føres opp til undersiden av taktekkingen, men det har vist seg av erfaring at brann kan spre seg i takpappen.

1993	525.105	Oppfôret tretak på dekke av betong eller lettbetong	725.115
525.105 viser oppbygging, dimensjonering og forankring av oppfôrede tretak. Det inneholder mye av de samme detaljene som sin forgjenger. I kapittel 02 Egenskaper – erfaringer, nevnes det at man har gode erfaringer med taktypen. Det er enkelt å lage fall, og de er enkle å reparere. Ulempene er derimot at de kan være utsatt for snôinndrev, at de har stor takhøyde, og at de er svake mht. brann.			
2010	725.115	Oppfôret tretak på dekke av betong. Utbedring og ombygging	

Løsningene med oppfôret tretak ble benyttet mye i en kort periode, noe som poengteres i 725.115. Det ble benyttet i mellomkrigstiden og perioden etter krigen, men etter 1980 har det vært lite av det. Hensikten med lufting var å fjerne fukt som kom fra innsiden av bygget, da man ikke brukte diffusjonstette membraner over bærende dekke.

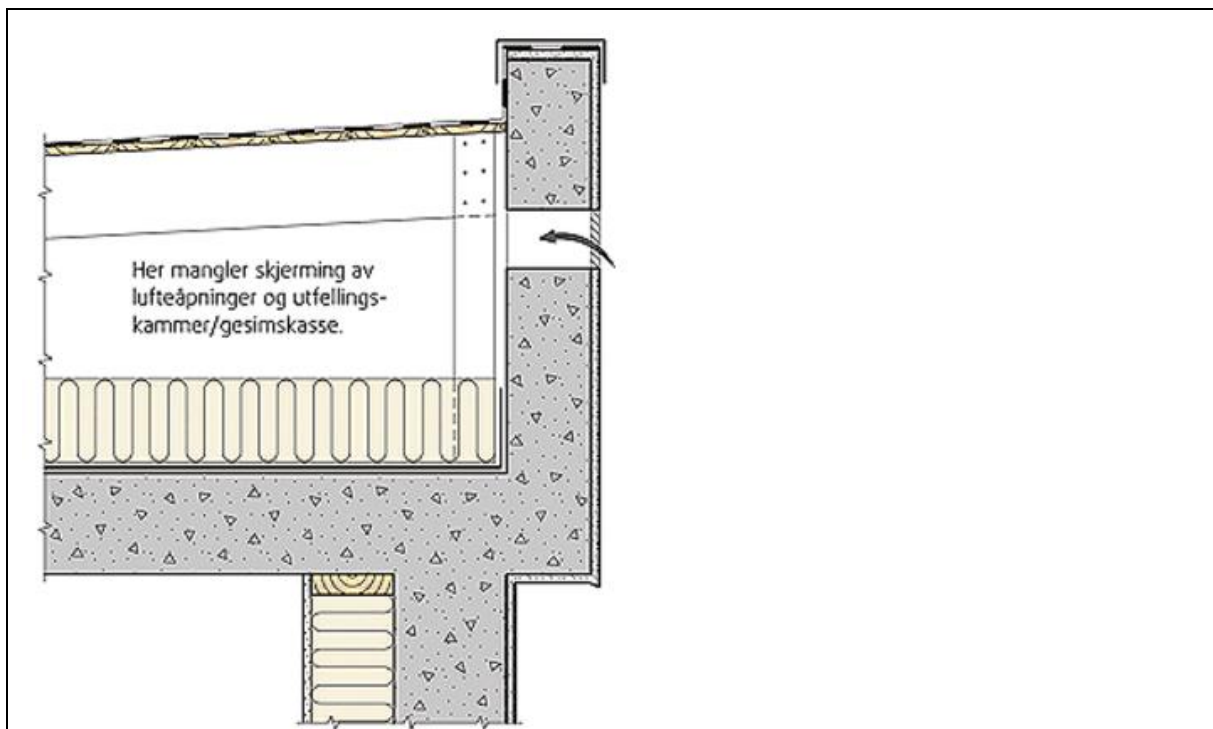
I kapitlet «Ettersyn» listes det hvordan man kan gjennomføre tilstandskontroll. Forhold som bør registreres, annet enn lekkasjer, er

- Hvordan luftingen av taket er ivaretatt
- Om taket har innvendige eller utvendige nedløp
- Hvordan de branntekniske forholdene er
- Varmeisolering
- Forankring

Takene har vist seg å være gode og sikre, dersom de ble riktig bygd. Det vil si dersom de ble luftet godt, og det ikke var rot og uregelmessigheter i oppforingen som holdt på vann. Tretaket blir luftet igjennom gesimsen, eller gesimskassa. Typiske skader er:

- Utettheter og ev. tette sluk
- Feil utført i lufting av taket
- Feil ved varmeisolering
- Bruk av utvendig nedløp for denne type tak
- Utilfredsstillende forankring
- Dårlig sikkerhet mot brannspredning

Veilederen foreslår en rekke måter å utbedre disse takene på. Særlig er det fokus på skjerming av luftkanaler, så det ikke blir snø og regndriv, og tetting av utettheter. For etterisolering skal man sørge for at det legges på rene underlag og at det ikke blir tråkket ned, eller at det oppstår utettheter under isolasjonen.



Figur 40. Løsning brukt på 1960- og 1970-tallet. Luftingen skjer gjennom gesimsen, og det mangler skjerming av gesimskasse

1989, rev. 2010	612.012	Bygningsvern. Definisjoner, verneverdier og råd om bygningspleie.	
<p>Anvisningen inneholder forklaringer på definisjoner og begrep innenfor bygningsvern og har som formål å vise hvordan en kartlegging av verdier i gamle hus kan brukes til å velge ut hvilke bygninger som skal bevares, samt hvordan de skal tas vare på.</p> <p>Anvisningen definerer som nevnt en rekke begrep. Et av de mest sentrale for denne masteroppgaven er definisjon på «byggeskikk».</p> <p>A: folkelig, regional byggetradisjon med gjentatt bruk av visse materialer, tekniske løsninger, former og plantyper</p> <p>B: det som faktisk bygges; fellestrekk ved bygninger fra samme tid og sted.</p> <p>Begge definisjoner brukes oppgaven.</p> <p>(Roede, 1989)</p>			

1982	525.100	Tretak. Varmeisolering, tetting og lufting	525.106, 525.107, 525.100, 525.101, 525.102
------	---------	--	---

Anvisningen behandler tretak og temaer som lufting, damptetting, isolering, vindtetting og lufting. Anbefalingene innebærer to-trinnstetting, klemming av sperrer (både vind og dampsperrer), samt detaljer til skjøting rundt gjennomføringer og legging av isolasjon. Hvordan å feste taket (mekanisk) er også tatt med, med utføring av taktro, lekter og sløyfer. Snøfangere og innfesting er også tatt med.

Anvisningen har også med et kapittel om flatt tak uten kaldt loft. Her anbefales en luftet løsning, hvor kanalene minimum må være 50 mm. Det luftes gjerne ved gesims. Sluk og takløsninger er relativt likt som dagens norm, med 1:40 på takflate og 1:50 i renner.

VEDLEGG D. SAMMENDRAG FRA SJEKKLISTER FOR PROSJEKTERING AV TAK

Det er hentet inn sjekklister fra 2 aktører i byggebransjen som omhandler prosjektering bygningsfysikk og bygningsteknikk. Disse listene gjelder hovedsakelig for nye bygg og behandler ikke ombygging. Av disse listene er det utarbeidet sammendrag, og da med fokus fra delene som tar for seg viktige bygningstekniske og bygningsfysiske hensyn man må ta ved prosjektering av tak. Hensiktene med å studere disse sjekklister er å få innspill til utarbeidelse av liknende sjekklister som behandler ombygging av tak, og ikke nye konstruksjoner.

SJEKKLISTE 1. PROSJEKTERING BYGNINGSFYSIKK EKS. ENERGI

Hensikten med denne listen er å ivareta (god) prosjektering av bygningsfysikk for bygninger. Listen skal sikre at prosjekteringen iverksetter krav i regelverk, hovedsakelig PBL og Byggeteknisk forskrift (TEK10).

Listen har et eget punkt for generell prosjektering og utførelse. Her kontrolleres det om produksjonsleder har vært med i prosjekteringsmøter samt om oppstartsmøte for produksjon er holdt. I tillegg kontrollerer man om tilstrekkelig arbeidsunderlag og detaljering er tilgjengelig. De har til og med et eget punkt for klimatilpasning av materialer, løsninger og detaljer.

Et eget punkt om klimatilpasning inneholder hva slags bygningsform, og i tillegg til hva slags plassering og orientering bygget har med hensyn til vær, sol og vind.

Fuktsikkerhet i tak, terrasser og inngangsparti er også viet et eget punkt. Vann skal ikke renne i skjøter, fuger og overganger til andre bygningsdeler. Parapetbeslag er nevnt og samsvarer med Byggforskseriens anbefalinger (20 mm dryppnese, 1:5 i fall inn mot tak). Flate tak skal også følge Byggforskseriens anbefalinger. Rettvendt tak; dampsperre legges mellom bærekonstruksjon og isolasjon, membran mellom isolasjon og slitelag. Omvendt tak; membran mellom bærekonstruksjon og isolasjon. Plastfolie eller filt mellom isolasjon og slitelag (dampsperre ikke nødvendig). Skråtak er viet et eget punkt hvor det er nevnt viktige trekk fra Byggforskserien.

SJEKKLISTE 2. PROSJEKTERING ENERGIEFFEKTIVITET

Hensikten med denne sjekklister er å ivareta energieffektiv prosjektering. Med dette menes det at bygningsmassens og dets installasjoner prosjekteres mest mulig robust slik at energieffektivitet opprettholdes over tid.

Sjekklisten inneholder en rekke kontrollpunkt. Den tar for seg alt fra U-verdier i det som kalles «hovedkonstruksjon», altså vegger, tak, terrasser osv, til at man må kontrollere og dokumentere energiberegninger. Sjekklisten er omfattende, men ikke nødvendigvis relevant for denne masteroppgaven.

SJEKKLISTE 3. PROSJEKTERING AV BYGNINGSFYSIKK - PROSEDYRE.

Sjekkliste 3 er i mindre grad en sjekkliste, og i større grad en prosedyre, eller saksgang som må følges. Dokumentet skal også sørge for at prosjektering innen bygningsfysikk blir ivaretatt på en god måte i henhold til forskrifter og lover.

Dokumentet er av mindre betydning for oppgaven da det beskriver rutiner for egenkontroll, prosjekteringsmøter, systematisk kontroll og hvordan å håndtere endringer og avvik. Hvordan man rapporterer og arkiverer beskrives også.

SJEKKLISTE 4. BYGNINGSFYSISK PROSJEKTERING OVERORDNET

Sjekklisten er utarbeidet for å oppfylle ansvarsområdet Bygningsfysikk i Forskrift om byggesak (SAK 10). Dermed lister sjekklisten en rekke hensyn man må ta ifølge TEK og byggedetaljblader fra SINTEF Byggforsk. Denne overordnede oversikten viser heller til vedleggene, som kan vise seg å være mer relevant for oppgaven.

SJEKKLISTE 5. BYGNINGSFYSISKE KONTROLLPUNKTER

I følge innledningen i sjekklisten, skal denne brukes i alle oppdrag for firmaet har tatt rollen som ansvarlig prosjektering bygningsfysikk.

Som sjekkliste (NR) lister nr. 5 en rekke kontrollpunkter, men er mer omfattende og detaljert. Her anbefales det f.eks. å plassere hovedbæresystem innenfor klimaskallet, at man skal oppgi krav til materialeegenskaper, forslå materialer som har kjente langtidsegenskaper mht. fukt m.m. Sjekklisten setter også krav til alt fra lufttetthet, kuldebroer og damptetthet.

Videre har listen det de kaller «kontrollspørsmål». Her listet det en rekke krav, som at f.eks. kanaler og armatur er på varm side av installasjonsspalte, som man både må gjennomføre egenkontroll og sidemannskontroll på.

Det finnes også et eget kapittel for tak og terrasser. Det deles inn i «Generelt», «Flate kompakte tak» og «Skrå luftede tak». Vanlige bygningstekniske «regler» blir listet opp. Det er verdt å merke at sveisearbeider i tekking anbefales å kontrolleres visuelt med kroksyl og, eller ved uttak av prøver.

For omvendte ballasterte tak på terrasser hvor tekning skal støpes inn setter også sjekklisten krav til å prøve tettheten til membran før innbygging. Det antas at dette er fordi en eventuelt utbedring vil bli svært dyr. Vil noe liknende vil være aktuelt for grønne tak?

Videre er det et stort fokus på å tetting rundt gjennomføringer, både for skrå og flate tak.

SJEKKLISTE 6. KONTROLL AV DETALJTEGNINGER FRA ARKITEKT

Denne sjekklisten mener selskapet at bør benyttes i alle oppdrag hvor selskapet har ansvar som prosjekterende bygningsfysikere. Sjekklisten brukes til å kontrollere detaljtegninger fra arkitekter, slik at de overholder god, bygningsfysisk og bygningsteknisk standard. Her er det både sidemanns- og egenkontroll.

Listen setter en rekke krav til materialegenskaper, og viktige hensyn til god lufting og fukthåndtering. Det er en rekke punkter knyttet til tak, men de dekker mye av det samme som i sjekkliste 5.

I denne listen derimot, er det egne punkter for grønne tak. Her listes:

- Beskyttelse av membran
- Drenssjikt
- Fuktbevarende sjikt
- Avrenning til sluk

Dette er altså det selskapet mener er minimumskrav av innhold i tegninger fra arkitekt.

VEDLEGG E. TRANSKRIBERTE INTERVJUER

De transkriberte intervjuene er ikke lagt ved i oppgaven for å ta hensyn til intervjuobjektens krav til anonymitet. Transkripsjonene kan fås ved å kontakte undertegnede veileder, Tore Kvande på tore.kvande@ntnu.no.

VEDLEGG F. METODE

INTERVJUGUIDE

Da intervjuene har blitt gjennomført med grunnlag i et tenkt case-tilfelle, har spørsmålene som har blitt stilt intervjudeltakerne variert, både med tanke på deltakerne bakgrunn, og med tanke på hva slags resonnement og kommentarer de kom med. Derfor har det vært viktig å forberede både case og intervju med hver enkelt deltakers kompetanse i bakhodet. Dette vedlegget inneholder utdrag fra noen av forberedelsene gjort til hvert enkelt intervju.

Spørsmål som ble stilt de fleste intervjuobjekter:

- Har dere opplevd noen problemer knyttet til ombygging?
 - o Hva kan være praktiske utfordringer møter man på?
 - o Hvilke utfordringer kan man møte på i prosjekteringen?
- Hva slags hensyn må man ta i tilknytning til bygningsvern?
 - o Medfører dette utfordringer?
- Kan man legge et blågrønt tak direkte på et saltak?
- Hva er grunnene til at man bygger blågrønne takløsninger

Intervjuet var semi-strukturelt, noe som betyr at det oppstår nye spørsmål basert på hva intervjuobjektet svarer. Dermed ble det gjennomført unike forberedelser til hver intervju. Arkitekt fikk spørsmål om de har tegnet detaljløsninger for blågrønne tak, og hva de tenker om estetikken. Entreprenør fikk flere spørsmål om bygging av blågrønne tak. Rådgivere fikk en rekke spørsmål angående bygningsfysisk prosjektering osv. Basisen for alle intervjuene var hovedsakelig den samme: finnes det utfordringer ved å bygge om eldre tak til blågrønne tak.

LITTERATURSØK

I tilknytning til prosjektoppgaven ble det gjort litteratursøk knyttet til blågrønne taks egenskaper til å fordrøye regnvann. Dette brukes som eksempel på hvordan databaser og søketjenester har blitt brukt til å finne litteratur mer litteratur om blågrønne takløsninger. Rapporten «Grønne tak – Resultater fra et kunnskapsinnhentingsprosjekt» (Noreng et al., 2012) har også vært et viktig utgangspunkt for å finne mer relevant litteratur. I Tabell 5 er det listet eksempler på søkeord som er brukt i tilknytning til oppgaven.

Tabell 5. Eksempler på søkeord med oversettelser

Søkeord (Norsk/Engelsk)	Begrunnelse for valg
Fordrøyning/Retention	Fordrøyning er et begrep som beskriver hvor lang tid et medium kan oppholde vannet, før det går ut i avløpssystemet. Mye brukt i litteraturen, og blir derfor et viktig søkeord.
Grønne tak/Green roof	Vil kunne generere mange treff som omhandler fordrøyning.
Overvannshåndtering/Stormwater management	I en større sammenheng er grønne tak, og dets egenskap til å samle og fordrøye vann, en del av overvannshåndteringen.
Avrenning/Runoff	Tanken er at avrenning som begrep kan kombineres med andre søkeord
Ekstensive tak/Extensive Roof	Konkret takløsning som kan gi en del treff.

Sedumtak/Sedum roof

En selvfølge

Temperate Climate

Ble brukt senere i prosessen for å prøve å avgrense søkene

Søkeordene er videre iterert og en etter en søkeprosedyre med prøving og feiling ble søkene mer og mer spisset og begrenset. Et eksempel er gitt i kapittel 7.1.1.2.

7.1.1.1 Søkeverktøy – Søkemotorer og Databaser

For å finne litteratur kan man benytte seg av elektroniske søkeverktøy. Noen eksempler er Oria, Google, eller Google Scholar. Søkeverktøyene vil tråle internett, eller tilgjengelige databaser med litteratur. Skillet mellom tjenestene går ofte på hvor detaljerte søk man kan utføre, samt hvordan søkemotoren. Forskjellige databaser har blitt bruk igjennom Oria, men i Tabell 6 er de som er mest brukt i denne oppgaven listet. Dette for å gi et inntrykk av hvordan de er bygd opp og fungerer.

Tabell 6. Beskrivelse av et utvalg søkemotorer og databaser

Søkemotor/Database	Beskrivelse
ORIA	<p>Oria er en del av Bibsys. Bibsys er et forvaltningsorgan underlagt Kunnskapsdepartementet (BIBSYS, 2015). Søkemotoren kan dermed ansees som svært pålitelig. Oria gir tilgang til mange av universitetsbibliotekene i Norge. (BIBSYS, 2015). Databasene funnet via Oria, kan ansees for å være pålitelige. Det antas at Oria vil være mest aktuell for å finne relevant litteratur. Oria søker kun i sammendrag, tittelfelt og nøkkelord.</p>
Scopus	<p>Scopus er en av mange databaser som inneholder vitenskapelig litteratur, og er en av de som har blitt brukt i dette litteratursøket. Scopus er en av de største databasene med «peer review litterature», altså kvalitetssikret og vitenskapelige kilder (Elsevier, 2015). Databasen kan ansees som å være pålitelig.</p>
Google	<p>Google er tatt med for å gi et eksempel på en søkemotor som ikke egner seg spesielt godt til litteratursøk. Som nevnt opererer Google med andre søkealgoritmer som gir brukertilpassede søk. Dette, i tillegg til at google er en fulltekst søkemotor, gir utrolig mange treff, uten særlig god søkeordtilpasning. Google kan derimot brukes til å kryssjekke søk, forfattere, universitet, eller søkeord, og kan være et nyttig verktøy.</p>
Google Scholar	<p>Google Scholar er Googles akademiske søkemotor. Her kan man spesifisere søkene i større grad, men som i Googles vanlige søkemotor, vil treffene rangeres etter hvilke relevans Google mener treffene har for deg. Google Scholar er en fulltekst-søkemotor, som kan gi mye støy i forhold til f. eks Oria.</p>

7.1.1.2 Eksempel på søkeprosedyre

Søkeprosedyrene har først og fremst blitt oppbygd i Scopus, men det gir et tilstrekkelig eksempel på hvordan flere av databasenes søkeverktøy fungerer. Under er det listet et eksempel på hvordan søkeprosessen har blitt iterert.

18.09 ble det gjennomført et søk i Oria på «Green roof retention», som er en kombinasjon av søkeordene nevnt tidligere. Dette gav 541 treff. Det er litt for mange å gå igjennom, men Oria gir mulighet for å sortere søkene etter databaser med flest treff. Dette viste seg å være Scopus med ca. 170 treff. Videre ble det prøvd å avgrense søket ytterligere ved å ta i bruk Scopus' muligheter til å bruke nærhetsoperatører og AND/OR funksjon. Dermed ble teksten: «*Green w/1 roof AND retention*» brukt. Dette ga faktisk flere treff; 184. Søket ble videre iterert til «*Green w/1 roof w/1 retention*». Dette gav 26 treff, noe som ikke er uoverkommelig å gå igjennom. For å redusere alternativene i enda større grad, ble treffet sortert etter kilder med flest siteringer, og disse ble lastet ned. Forskjellen på de to søkene kan ses i Figur 41.

Det er viktig å bemerke at man alltid må se siteringer i sammenheng med når litteraturen er utgitt. Nyere litteratur vil ha hatt mindre tid til å bli sitert, og trenger dermed ikke å være en dårlig kilde.



Search history	Combine queries... e.g. #1 AND NOT #3.	Search	Help
2 TITLE-ABS-KEY (green W/1 roof W/1 retention)			
1 TITLE-ABS-KEY (green W/1 roof AND retention)			

26 document results

184 document results

Top of page ▲

Figur 41. Søkehistorikk i Scopus

7.1.1.3 Evalueringskriterier

I Tabell 7 er det listet opp hva det sees etter når man vurderer en kilde (VIKO, 2011).

Tabell 7. Evalueringskriterier. Hentet fra www.ntnu.no/viko

Kriteria	Hva det er sett etter
Troverdighet	<ul style="list-style-type: none">- Kunnskapsrik og anerkjent forfatter- Kvalitetskontroll
Objektivitet	<ul style="list-style-type: none">- Objektiv og balansert kilde- Fravær av interessekonflikt
Nøyaktighet	<ul style="list-style-type: none">- Oppdatert kilde- Omfattende, detaljert og eksakt- Dokumentasjon og støtte i andre kilder
Egnethet	<ul style="list-style-type: none">- Relevant informasjonsbehov

Troverdigheten til en kilde evalueres ved å se på forfatterens bakgrunn og meritter. Man ser også etter om det er gjennomført kvalitetskontroll. Objektivitet handler om artikkelen/forfatteren har et bias eller agenda. Det sees etter om forfatteren har som hensikt å overtale eller selge noe, og om publikasjonen er skrevet i samarbeid med organisasjoner eller bedrifter som kan ha interesse av resultatene. Nøyaktighet vurderes ved å se om informasjonen i publikasjonen er oppdatert, saklig og støttet av andre kilder. Nøyaktighet vurderes også ved å se på om publikasjonen er profesjonelt bygd opp, med saklig og konsistent argumentasjon. Egnethet går ut på om litteraturen er relevant for oppgaven (VIKO, 2011).