

«Robuste løsninger for taktekking med trebord»

Solid solutions for roofing with wooden boards

Trondheim Mai 2021

Studenter:

Harald Hansen

Ole Petter Volden

Petter S. Lervik

Intern veileder:

Bozena Hrynyszyn

Ekstern veileder:

Snorre Bjørkum

Prosjektnr:

2021-32

Rapporten er ÅPEN



Fakultet for ingeniørvitenskap

Institutt for bygg- og miljøteknikk

Problemdefinering, prosjektbeskrivelse og resultatmål

Et tak er kanskje den viktigste delen av en bygning når det kommer til tetting, og lekkasjer i denne delen av bygningen vil ha store konsekvenser. 75 % av alle bygningsskader kommer av fukt, hvor fukt utenifra er en av de vanligste årsakene. Fuktskader og andre skader kan forårsakes av flere grunner, hvor produktfeil, utførelsesfeil og prosjekteringsfeil er de aller største skadeårsakene, med en fordeling på henholdsvis 10 %, 30 % og 60 %. Uavhengig av fordelingen bør det alltid jobbes for å redusere skader i bygninger. Det bør derfor alltid ses på forbedringer i forhold til materialer og løsninger, riktig prosjektering og ikke minst riktig utførelse. (1) (2) (3)

Taket med trebaserte produkter skal være konkurransedyktig med de produktene som er mest brukt i bransjen i dag. Dette gjelder pris, effektivitet, holdbarhet og utseende. For å oppnå dette må man se nøye på alle mulige detaljer som for eksempel takrenne, nedløp, møne og raft. For at løsningene som rapporten kommer frem til skal være så allsidig som mulig, vil det bli tegnet modeller for både med og uten raftekasse og for synlig og innvendig rennesystem.

Taket skal tilfredsstillere funksjonskravene, de tekniske kravene, samt at det skal være estetisk og arkitektonisk preget.

Målet for oppgaven er å legge frem løsninger for bruk av trebaserte yttertak, som kan brukes til å erstatte de materialene som er mest brukt i dag med et betydelig større miljøavtrykk. Prosjektgruppen vil komme med forslag til detaljer og løsninger som Norgeshus og Sintef community (Byggforskserien) forhåpentligvis kan få bruk for videre.

Stikkord:

- Takteking med trebord
- Kritiske detaljer
- Bordprofiler
- Byggteknikk
- Fuktproblematikk
- Undertak

Forord

Denne rapporten er et produkt av en bacheloroppgave utarbeidet av tre byggingeniør-studenter ved NTNU i Trondheim med spesialisering innenfor husbyggingsteknikk. Bachelorgruppa har gjennom våren 2021 samarbeidet med utarbeidelsen av denne oppgaven. Som kjent så har denne våren vært preget av strenge restriksjoner grunnet Covid-19. Dette har ikke påvirket noe for samarbeidet internt i gruppa, men møter med eksterne har måttet foregå på digitale plattformer.

Bacheloroppgaven er en forgrening fra et forsknings og utviklings (FoU) prosjekt som Norgeshus har i samarbeid med Sintef Community og Moelven. FoU-prosjektet omhandler miljøtilpasninger av boliger og bacheloroppgaven skal spesifikt ta for seg optimalisering av oppbygningen av yttertak tekket med trebord.

I prosjektgjennomføringen hadde bachelorgruppen et praktisk forsøk hvor gruppa fikk sponset materialer. Det rettes derfor en stor takk til Blikkenslager Torbjørn Bredesen og Byggmakker Tiller for sitt bidrag.

Bachelorgruppa vil benytte anledningen til å takke Norgeshus, ved Snorre Bjørkum for oppgaven og for god veiledning gjennom prosjektperioden. Det rettes også en takk til Bård Inge Kjelstad og Halvard Nørbech fra Moelven, Lars Gullbrekken fra Sintef Community og Jørgen Young fra Isola. Deres erfaringer og innspill har vært viktige for bachelorgruppen i utformingen av oppgaven. Det rettes også en stor takk til gruppas interne veileder fra NTNU, Bozena Hrynyszyn.

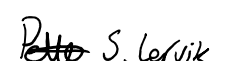
Trondheim 20. Mai 2021



Harald Hansen



Ole Petter Volden



Petter Selvåg Lervik

Sammendrag

Et samarbeid mellom bachelorgruppen, Norgeshus, Sintef og Moelven har resultert i forslag til forbedringer rundt oppbyggingen av et yttertak som er tekket med trebord. Denne rapporten inneholder forslag til forbedringer og tar opp problemstillinger som bør forbedres dersom det skal være mulig å kombinere takbord med et forenklet undertak.

I dagens oppbygging av tak med trebord som ytterkledning er det ifølge Byggforsk anbefalt å benytte seg av et bærende undertak. Dette er en metode som både koster mer og er mer tidkrevende enn om man kunne ha brukt et forenklet undertak. Det vil derfor i denne rapporten vises detaljer og beskrivelser på hvordan man kan sikre seg om at et forenklet undertak er tett nok i samspill med en taktekking med trebord.

I rapporten vil det også være en sammenligning mellom tretak, betongstein og metallplater på både pris og på CO₂-utslipp. I disse sammenligningene er det tatt utgangspunkt i «Dråpen original», som er en modell fra Norgeshus sin huskatalog.

I rapporten er det også forslag til forbedringer for selve takbordene. Disse takbordløsningene er et forsøk på å forhindre vanninntrenging etter eventuell krymp av bordene, samt å redusere opptørkingstiden til takbordene etter endt nedbørsperiode. Detaljene og løsningene som er beskrevet i rapporten er kun forslag til forbedringer som ikke er testet på laboratorium.

Abstract

This report is a result of a cooperation between the bachelor group, Norgeshus, Sintef Community and Moelven. The bachelor thesis is based on a project called “Klimatilpassning av boliger” which is a project between Norgeshus, Sintef Community and Moelven. The main goal in this thesis is to combine a wooden roofing with a simplified suspended ceiling.

Today there is a recommendation from Sintef that it should be a load-bearing suspended ceiling. The problem with this type of construction is that it takes more time, and it is more expensive. There will therefore be suggestions in this report that shows details and descriptions of how a simplified suspended ceiling can be waterproof in a combination with wooden boards as roofing.

In this report there will be a comparison between today’s construction of the wooden roofing, roofing with other materials and with the new construction method with wooden boards. These construction methods will be compared on price, CO₂ emissions and in functionality. The factors in this comparison are from a house model called “Dråpen” from Norgeshus.

There is also contrived some improvements on the profiles of the wooden boards. These improvements are made to minimize water intrusion. The details and solutions described in this bachelor thesis is only suggestions and are not tested in a laboratory.

Innholdsfortegnelse:

| | |
|--|-----------|
| PROBLEMDEFINERING, PROSJEKTBEKRIVELSE OG RESULTATMÅL | II |
| FORORD | II |
| SAMMENDRAG | III |
| ABSTRACT | IV |
| INNHALDSFORTEGNELSE: | V |
| FIGURLISTE: | VII |
| TABELLISTE: | VIII |
| TERMINOLOGI | IX |
| 1 INNLEDNING | 1 |
| 1.1 BAKGRUNN FOR PROSJEKTOPPGAVEN | 1 |
| 1.2 FORMÅL | 2 |
| 1.3 PROBLEMSTILLING | 3 |
| 1.4 OMFANG | 3 |
| 1.5 AVGRENSNING | 4 |
| 2 TEORI | 5 |
| 2.1 GENERELT | 5 |
| 2.2 TAKFORMER FOR SKRÅTAK | 6 |
| 2.2.1 Oppbygging og konstruksjonsprinsipper | 7 |
| 2.2.2 Isolerte skråtak med luftet tekking | 9 |
| 2.3 MATERIALER | 10 |
| 2.3.1 Undertak | 10 |
| 2.3.2 Taktekking | 18 |
| 2.4 KLIMAENDRINGER OG MILJØPÅVIRKNING | 19 |
| 2.4.1 Klimaendringer | 19 |
| 2.4.2 Miljøpåvirkning | 21 |
| 3 FORSKNING OG UTVIKLING | 22 |
| 4 HOVEDDEL | 23 |
| 4.1 METODE | 23 |
| 4.1.1 Bordprofil | 24 |
| 4.1.1 Undertaksprofil | 26 |
| 4.2 KRITISKE DETALJER | 28 |
| 4.2.1 Møne | 29 |
| 4.2.2 Standard raft | 30 |
| 4.2.3 Moderne raft | 31 |
| 4.2.4 Standard gavl | 32 |
| 4.2.5 Moderne gavl | 33 |
| 4.2.6 Tak tilstøtende vegg | 34 |
| 4.2.7 Tak langsgående vegg | 35 |
| 4.2.8 Kilrenne | 37 |
| 4.2.9 Pipegjennomføring | 38 |
| 4.2.10 Takvindu | 40 |
| 4.4 SAMMENLIGNING AV TAK | 42 |
| 4.4.1 Vurdering av pris | 42 |
| 4.4.2 Vurdering av klimagassavtrykk | 48 |

| | |
|-----------------------------------|-----------|
| 5 DISKUSJON | 54 |
| 5.1 TRETEKKING | 54 |
| 5.2 BORDPROFILER | 55 |
| 5.2.1 <i>Utforming</i> | 55 |
| 5.2.2 <i>Pris</i> | 55 |
| 5.3 UNDERTAK | 56 |
| 5.3.1 <i>Funksjonalitet</i> | 56 |
| 5.3.2 <i>Pris</i> | 57 |
| 6 KONKLUSJON..... | 58 |
| KILDER:..... | 59 |
| VEDLEGGSLISTE | 62 |

Figurliste:

| | |
|---|----|
| FIGUR 1: ILLUSTRASJON AV «DRÅPEN» | 5 |
| FIGUR 2:SALTAK | 6 |
| FIGUR 3:PULTTAK | 6 |
| FIGUR 4:VALMTAK..... | 6 |
| FIGUR 5:KALDLOFT | 6 |
| FIGUR 6:VARMLOFT | 6 |
| FIGUR 7: OPPBYGGING AV BÆRING I TRETAK | 7 |
| FIGUR 8: LUFTING AV KALDLOFT..... | 8 |
| FIGUR 9: ILLUSTRASJON AV DÅRLIG LUFTING | 9 |
| FIGUR 10: BÆRESYSTEM FOR TAK..... | 10 |
| FIGUR 11: DAMPTETT UNDERETAK..... | 11 |
| FIGUR 12: DAMPÅPENT UNDERTAK..... | 14 |
| FIGUR 13: OVER OG UNDERLIGGER | 18 |
| FIGUR 14: NEDBØR I NORGE I FORHOLD TIL NORMALEN | 19 |
| FIGUR 15: BORDPROFIL OVER-/UNDERLIGGER..... | 24 |
| FIGUR 16: FORSLAG 1 TIL NY BORDPROFIL | 24 |
| FIGUR 17: FORSLAG 2 TIL NY BORDPROFIL | 25 |
| FIGUR 18: UNDERTAKSLØSNINGER | 27 |
| FIGUR 19: SLØYFEHØYDER | 28 |
| FIGUR 20: MAKSIMAL LEKTEAVSTAND..... | 28 |
| FIGUR 21: DETALJ MØNE..... | 29 |
| FIGUR 22: DETALJ RAFT 1 | 31 |
| FIGUR 23 DETALJ RAFT 2 | 32 |
| FIGUR 24: DETALJ GAVL 1 | 32 |
| FIGUR 25: DETALJ GAVL 2 | 33 |
| FIGUR 26: DETALJ TAK TILSTØTENDE VEGG | 34 |
| FIGUR 27: DETALJ TAK LANGSGÅENDE VEGG 1 | 35 |
| FIGUR 28: DETALJ TAK TILSTØTENDE VEGG 2 | 36 |
| FIGUR 29: DETALJ KILRENNE | 37 |
| FIGUR 30: DETALJ PIPEGJENNOMFØRING 1..... | 38 |
| FIGUR 31: DETALJ PIPEGJENNOMFØRING 2..... | 39 |
| FIGUR 32: DETALJ TAKVINDU 1 | 40 |
| FIGUR 33: DETALJ TAKVINDU 2 | 41 |
| FIGUR 34: OPPBYGGING TIL BETONGTAKSTEIN | 43 |
| FIGUR 35: DAGENS OPPBYGGING TIL TAKBORD | 45 |
| FIGUR 36: NY METODE FOR OPPBYGGING TIL TREBORD..... | 46 |
| FIGUR 37: UNDERTAKSPROFIL | 56 |
| FIGUR 38: UNDERTAKSLØSNING MED KLYVD SLØYFELEKT | 56 |

Tabelliste:

| | |
|---|----|
| TABELL 1: DAMPTETTE UNDERTAK | 12 |
| TABELL 2: DAMPÅPNE UNDERTAK | 15 |
| TABELL 3: PRISKALKYLE BETONGTAKSTEIN | 43 |
| TABELL 4: PRISKALKYLE STÅLPLATER..... | 44 |
| TABELL 5: PRISKALKYLE TREBORD IDAG..... | 45 |
| TABELL 6: PRISKALKYLE FOR NY OPPBYGGING FOR TAKBORD..... | 46 |
| TABELL 7: SAMMENLIGNIGN AV PRIS | 47 |
| TABELL 8: SYSTEMGRENSER FOR LCA-RESULTATER | 49 |
| TABELL 9: SAMMENDRAG AV LCA-RESULTATER, SAMT PARAMETERFORKLARING | 50 |
| TABELL 10: GLOBALT OPPVARMINGSPOTENSIALE MÅLT I KG CO2-EKVIVALENTER PER M2..... | 50 |
| TABELL 11: ANTALL KG ODP, POCP, AP, EP, ADPM PER M2..... | 51 |
| TABELL 12: ABIOTISK UTTØMMINGSPOTENSIALE OPPGITT I KG PER M2..... | 51 |
| TABELL 13: OMREGNET LCA-RESULTAT. | 52 |
| TABELL 14: INNDATA HENTET DIREKTE FRA ORGINALE EPD'ER..... | 52 |
| TABELL 15: OMREGNINGSFAKTORER LCA..... | 52 |
| TABELL 16: OMREGNINGSFAKTORER FOR TRANSPORT | 52 |

Terminologi

| BEGREP | FORKLARING |
|----------------|---|
| Taktekking | Ytterste lag på taket, selve skallet |
| Møne | Toppen av taket hvor sidene av et saltak møtes |
| Overgurt | De to øverst skrå bjelkene i en takstol |
| Toppsvill | Topp-plank i en bindingsverksvegg |
| Raft | Hvor yttervegg og tak møtes |
| Forkantbord | Bordet bak takrennen |
| Spillblekk | Beslaget som går ned fra tak og i takrennen |
| Skottrenne | Dreneringsrenne som ligger i overgang yttertak/yttervegg |
| Sløyfelekt | Lekt som ligger langs taket for å klemme undertaket |
| Diffusjonsåpen | En funksjon for å slippe fukt ut av konstruksjonen, men ikke inn |
| Svelling | Motsatte av krymping, utvider seg ved stigende fuktinnhold |

1 INNLEDNING

1.1 Bakgrunn for prosjektoppgaven

Prosjektgruppen er sammensatt av personer innenfor spesialiseringen «husbyggingsteknikk» på ingeniørinja for bygg og miljøteknikk ved NTNU i Trondheim. Samtlige i prosjektgruppen har også bakgrunn som fagarbeider i tømmerfaget med opparbeidet praktisk og teoretisk kunnskap rundt det aktuelle temaet for bacheloroppgaven. Denne kunnskapen lener seg først og fremst på et praktisk grunnlag gjennom at gruppen har deltatt i oppføring av bolighus, fjøs og garasjer bygd på tradisjonelt vis. I tillegg et generelt teoretisk grunnlag som dekker byggeteknikken og teorien bak praksisen.

Bacheloroppgaven “Robuste løsninger for taktekkning med trebord” omhandler forbedringer som kan gjøre trebaserte taktekkingsmetoder mer attraktivt for boligbyggere. Med relevans fra prosjektgruppens bakgrunn er dette et tema som interesserer samtlige i stor grad. Det å kunne være med å forme byggeskikken for framtiden, med tilpasninger mot det grønne, er en meget interessant oppgave for prosjektgruppen. Man vil også ha en direkte link til næringslivet, noe som skaper engasjement.

Norgeshus har i forbindelse med aktuelle bacheloroppgaver presentert flere oppgaver for årets studenter. Ekstern kontaktperson, Snorre Bjørkum, introduserte prosjektgruppen om det pågående FoU-prosjektet de har i samarbeid med Moelven og Sintef etter at prosjektgruppen meldte interesse for dette. Prosjektet heter “Klimatilpasninger av boliger”.

1.2 Formål

I nyere tid's husbygging har tegl, betongtakstein, skifer og metallplater vært de mest aktuelle produktene i bruk som taktekkning for skrå isolerte tak på mindre bygg. Det er mange grunner til at dette har vært foretrukne produkter sammenlignet med tre, hvor det i all hovedsak har dreid seg om lang levetid, lav kostnad og lite behov for vedlikehold. Dersom man klarer å utarbeide metoder hvor treet kan konkurrere med tradisjonell taktekkning vil man kunne gjøre treetak til et bygnings- og miljømessig fornuftig valg på veien til den moderne bolig.

Målet for oppgaven er å legge frem løsninger for bruk av trebaserte yttertak, som kan brukes til å erstatte de materialene som er mest brukt i dag med et betydelig større miljøavtrykk. Prosjektoppgaven vil legge frem forslag til detaljer og løsninger som Norgeshus og Sintef community (Byggforskserien) forhåpentligvis kan få bruk for videre.

Norgeshus vil effektivisere og standardisere løsninger for treetak, slik at taket med trebaserte produkter skal være konkurransedyktig med de produktene som er mest brukt i bransjen i dag. Dette gjelder pris, effektivitet, holdbarhet og utseende. For å oppnå dette blir det sett nøye på alle mulige detaljer som for eksempel takrenne, nedløp, lufting, møne og raft. For at løsningene som blir lagt frem i oppgaven skal være så allsidig som mulig, kommer det til å bli tegnet modeller for både med og uten raftekasse og for synlig og innvendig rennesystem.

1.3 Problemstilling

Rapporten tar for seg problemer rundt oppbyggingen av takkonstruksjoner med tekking av trebord. Hovedfokuset for oppgaven er å kunne benytte en kombinasjon av forenklet undertak og taktekking med trebord. Problemer som man da må sette søkelyset på er da hvordan man skal kunne få undertaket og trebord tett nok med tanke på vanninntrenging.

Med dette som grunnlag presenterer prosjektgruppen følgende forskningsspørsmål:

«Er det mulig å utarbeide ett samspill mellom tre-basert yttertak i kombinasjon med forenklet undertak hvor produsenter og Sintef byggforsk går god for løsningen?»

1.4 Omfang

Omfanget av denne bacheloroppgaven er satt i samarbeid med oppdragsgiver, interne og eksterne veiledere.

I denne oppgaven skal det ses nærmere på problemstillingene ved kombinasjon av forenklet undertak og taktekking av behandlede trebord. Ved bruk av taktekking med trebord i dag, brukes en metode for oppbygging av underkonstruksjonen som er mer omfattende enn alternativene. For at kombinasjonen med tretak og forenklet undertak skal la seg gjennomføre skal det i denne oppgaven legges frem forslag til forbedringer av den eksisterende metoden for tak med forenklet undertak. Dette er da snakk om undertaket, og lekkasjen som kan oppstå da skruene fra sløyfelekten vil punktere undertaket. Samtidig som at forslag til forbedring av undertaket legges frem vil det også komme forslag til nye bordprofiler, hvor det skal forsøkes å lage tettere bord med kortere våt-tid mellom nedbørsperiodene.

Det blir lagt frem forslag til hvordan å gjennomføre kritiske områder for å beholde taket og undertaket tett, samt å opprettholde tilstrekkelige lufting.

Da oppgaven har bakgrunn fra forskning og utvikling, skal det også ses på miljøavtrykket til det nye taket, og også sammenlignes med de eksisterende taktekingene for forenklet undertak, både når det gjelder CO₂-ekvivalenter og pris.

1.5 Avgrensning

For at oppgaven ikke skal bli for omfattende, blir det satt noen avgrensninger. Avgrensningen for denne oppgaven vil bli å se på om det er mulig å effektivisere metodene som er brukt ved utføring av yttertak av treverk, redusere materialbruken og sammenligne Co₂-avtrykket til tretak med de andre mest brukte taktekkningene i bransjen. De to første punktene, ved å effektivisere metodene og å redusere materialbruken, gjør at prisen på det ferdige produktet også bli lavere, noe som også er ganske sentralt i oppgaven.

Det kommer i denne oppgaven til å bli sett på elementene over taksperrene/takstolen, fra og med undertaket til og med taktekkning. Det kommer ikke til å bli sett på noen alternativer for dampsperre eller dampbrems, da dette ikke er ansett som relevant for oppgaven.

Temaet denne bacheloroppgaven omhandler er såpass omfattende at innholdet i denne rapporten ikke er en direkte løsning på problemstillingen, men forslag som kan utvikles videre. Forslagene til forbedring gitt i denne rapporten er ikke etterprøvd og testet i laboratorium med tanke på tetthet og levetid, og vil derfor kun være ment som forslag til videre utprøvinger og utvikling.

2 Teori

2.1 Generelt

Utgangspunktet for oppgaven er å kartlegge løsninger for lufttet tekning av trebord. Norgeshus' husmodell «Dråpen original» er lagt til grunn for å konkretisere en gitt takform med størrelse og helning. Dråpen har saltak med en helning på 27 grader og lengde på ca 3,5 meter fra raft til møne. Konstruksjonen under er bygd opp av w-takstoler og kaldloft. Likevel vil forslag til løsninger kunne benyttes utover denne husmodellen, gitt de tilpasninger og forutsetninger det vil bli gjort rede for.



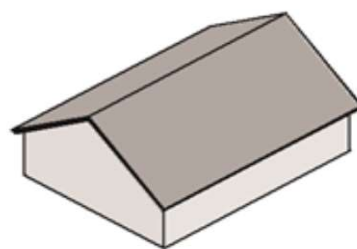
Figur 1: Illustrasjon av «Dråpen»

2.2 Takformer for skråtak

De aktuelle takformene for skråtak løsningene vil gjelde er

Saltak

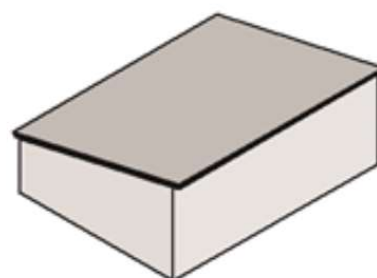
Saltak representerer takformen for «Dråpen original» og er en utbredt takform for små og mellomstore bygg. Denne takformen vil være aktuelt for tak med eller uten loftsrom. Felles for begge alternativene er at det benyttes lufttet tekning. (4)



Figur 2: Saltak

Pulttak

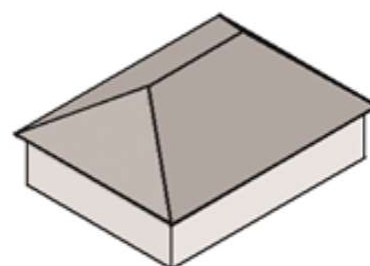
Pulttak representerer takformen for tilbygget i «Dråpen original» og er en litt mindre utbredt takform for hovedtak, men brukes fortsatt til både små og mellomstore bygg. Denne takformen vil være aktuell for isolerte takflater med lufttet tekning. (4)



Figur 3: Pulttak

Valmtak

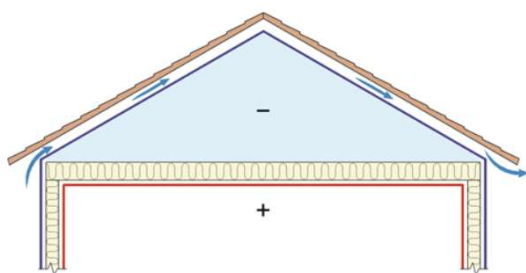
Den siste takformen er valmtak, som også vil bygges opp med luftesjikt over undertak. Denne takformen egner seg for kalde loftsrom, og benyttes kun i små hus. (4)



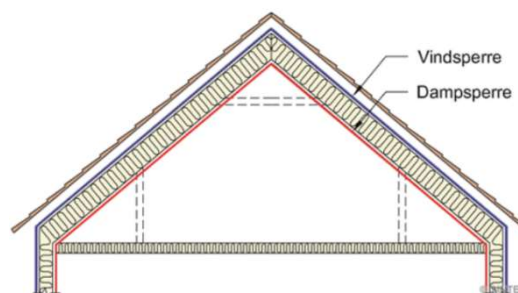
Figur 4: Valmtak

Prinsipp for utlufting

Hovedprinsipp for utlufting av fukt og varm luft for samtlige takformer, hvor figur til venstre viser kaldt loftrom og figur til høyre viser delvis eller helt oppvarmet loftsrom. For begge tilfeller vil luftespalten være plassert mellom tekking og undertak.



Figur 5: Kaldloft

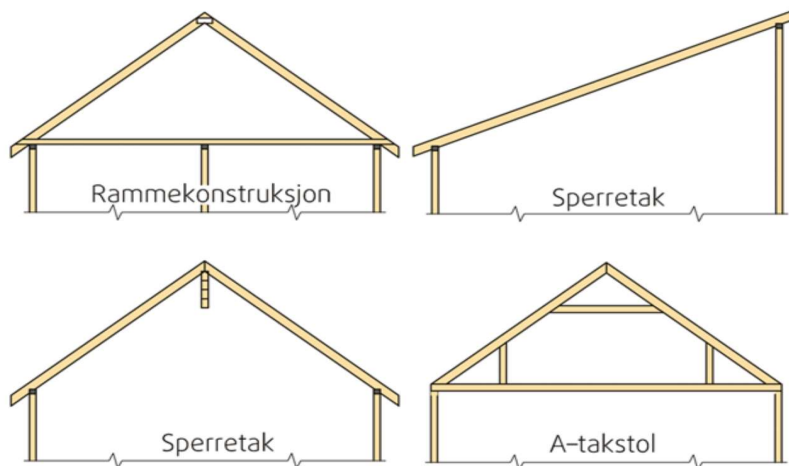


Figur 6: Varmloft

2.2.1 Oppbygging og konstruksjonsprinsipper

Oppgaven vil i hovedsak kun se på de elementene i taket som ligger over bærende konstruksjon. Bæresystem og underliggende konstruksjon utgjør likevel en rolle når fukttransport og ytterligere byggtekniske utfordringer skal løses.

Som bærende konstruksjon for de aktuelle forslagene brukes sperretak, rammekonstruksjon eller takstoler med eller uten mulighet for loftsrom.

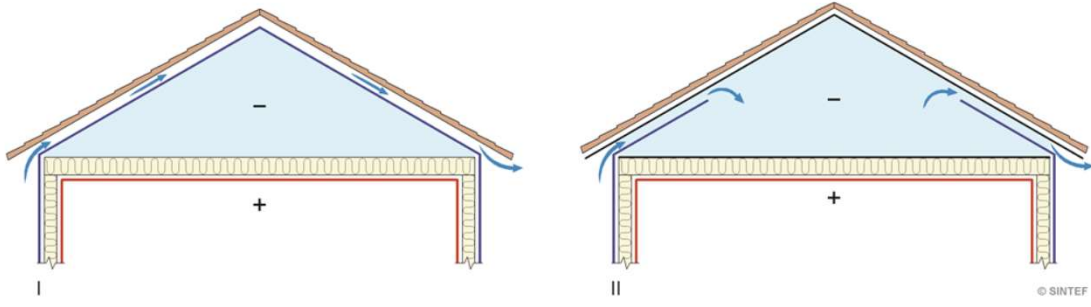


Figur 7: Oppbygging av bæring i tretak

Avhengig av ønske om loftsrom, åpen himling eller flat himling velges bærekonstruksjon, hvor sperretak egner seg dersom man ønsker "åpen himling". Her isoleres takplanet i hele sperrens høyde i tillegg til en eventuell nedføring på underside. Denne metoden gir få punkteringer i dampsperren, samt at man kan ha kontinuerlig damsporre i overgang vegg-tak. Man må likevel være oppmerksom på varmedrevne fuktlekkasjer ved dragere. (5)

Dersom man ønsker loftsrom benyttes rammekonstruksjon eller A-takstoler. Da kan man også isolere overgurten i hele taket, og ved bruk av A-takstol kan man i tillegg isolere kneveggene. Ved bruk av disse to bærekonstruksjonene vil man ikke kunne ha et kontinuerlig damsperrsjikt, som åpner for flere lekkasjesteder. (6)

Ved ønske om flat himling bruker man ofte W-takstoler, disse spenner fritt over hele husbredden, eller med understøtte fra skillevegger. Her vil man kunne ha et kontinuerlig damsperrsjikt i overgang vegg-himling. Ved bruk av W-takstol isoleres det flatt over himling, og loftet betegnes som kaldt. Med denne løsningen kan man opprette lufting av hele loftsrommet, eller kun mellom undertak og tekking. (7)



Figur 8: Lufting av kaldloft

2.2.2 Isolerte skråtak med luftet tekking

Tilstrekkelig lufting er svært viktig for skrå isolerte tretak. Det er to hovedårsaker til at man ønsker lufting i luftespalten mellom undertak og taktekning. (8)

- Unngå at taktekking varmes opp og skaper snøsmelting som igjen vil fryse på de kaldere områdene av taket (ofte nede ved raft).
- Ventillere ut fukt fra konstruksjonen.

Ved store snømengder vil man i tillegg flytte nullpunktet utover i konstruksjonen, noe som kan bidra til snøsmelting dersom god nok lufting ikke er ivaretatt.

Med isdannelse ved takfot kan man få skader på taktekking, undertak og takrenne, som igjen kan føre til lekkasjer eller råtedannelse. (9)

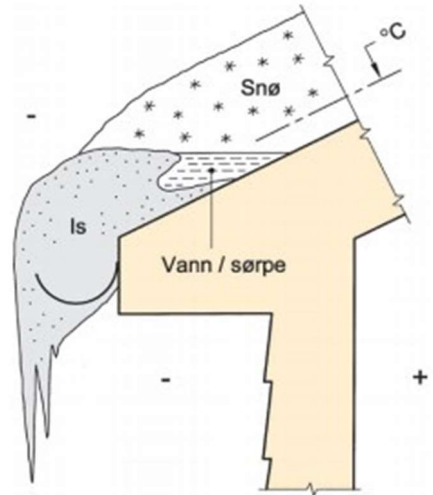
Lufta som kommer inn ved åpninger i raft skal kunne vandre fritt i luftesjiktet, hvor det i dag benyttes to forskjellige løsninger for utlufting;

- Utlufting i møne
- Tett møne med luftespalte raft til raft

Utlufting i møne er en mye brukt metode for både tretak, betongtakstein og takpanner. Ved snøutsatte området kan man oppleve tiltetting av luftespalte i vinterhalvåret.

Med tett møne vil man være upåvirket av snømengder som legger seg over mønet.

I forbindelse med en PhD-studie ved ZEB Test Cell Laboratory ved Institutt for bygg og miljøteknikk i Trondheim ble det foretatt et forsøk for å måle om lufting fra raft til raft var tilstrekkelig. Resultatene viste her at man hadde 7 luftutskiftinger ved det laveste målte vindhastigheten i forsøksperioden, noe som ble betegnet som tilstrekkelig. (10)



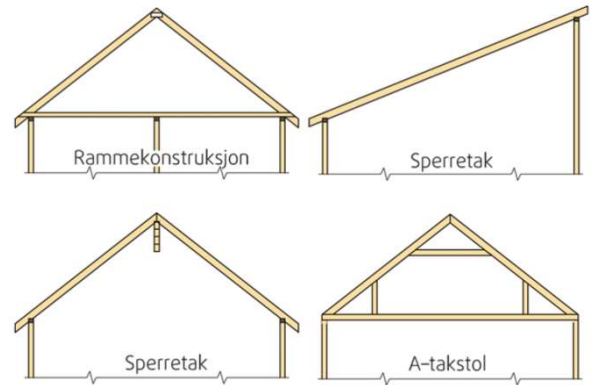
Figur 9: Illustrasjon av dårlig lufting

2.3 Materialer

2.3.1 Undertak

Generelt

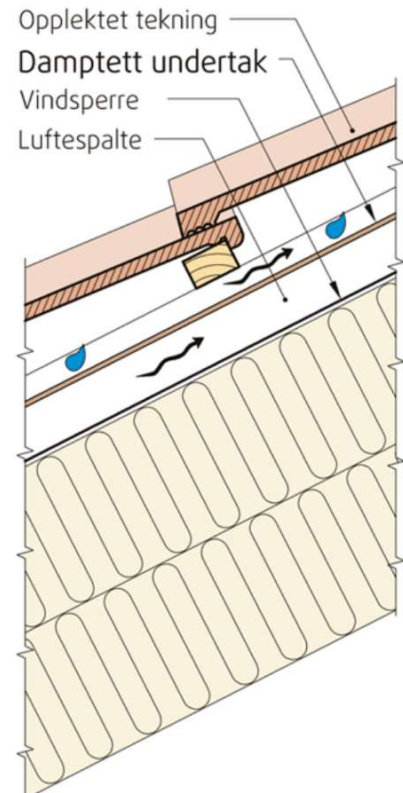
Undertaket utspiller en sentral rolle for takets oppgave – å holde klima ute. I dette kapitlet omtales hovedprinsipper og utforminger av undertak for isolerte, halvisolerte og uisolerte loftsrom på skrå tretak. Det vil også bli beskrevet forskjellige typer undertak, hvor man hovedsakelig deler disse inn i to; dampåpne- og damptette undertak. Med tretak i denne forbindelse menes bærende konstruksjon av sperretak eller takstoler. Når man skal velge hvilken type undertak man ønsker å bruke, er det flere forutsetninger som spiller inn.



Figur 10: Bæresystem for tak

Damptette undertak

Damptette undertak kan ha en oppbygging av diffusjonsåpen vindsperre på sperre/takstoler, før man monterer ett luftesjikt med sløyfelekker. Isolering innenfra kan monteres opp mot vindsperren. Sløyfelektene har som hensikt å skape en spalte for utlufting av fukt som kommer fra underliggende konstruksjon, samt frakte varm luft ut av konstruksjonen. Også eventuelle små mengder vann som kan komme gjennom undertaket vil fanges opp av vindsperren. Over luftesjiktet monteres taktro av rupanel, gips eller bygningsplater(spon). Dette sjiktet vil være underlag for undertaksbelegget, og takflatene vil få ekstra avstiving. Over taktroet legges en damptett undertaksduk, her kan man benytte asfaltbasert materiale eller folie. Etter montering av undertaksduken etableres nok et luftesjikt med sløyfer og krysslagte lekter for innfesting av tekkemateriale. Denne spalten har som hovedoppgave å lufte ut inntrengende fukt fra utsiden, og hindre snøsmelting ved at tekkingen blir varmet opp fra innsiden. Innfestingen til sløyfene tettes med fordel av sløyfebånd av butylmasse. Figur 11 viser oppbyggingen av et klassisk tak med damptett undertak med luftespalte mellom undertak og vindsperre.



Figur 11: Damptett underetak

Oppbyggingen forevist til høyre egner seg svært godt for spesielt værutsatte plasser, og dersom undertaket vil ligge åpent i perioder før tekking monteres.

Damptette undertak kan også bestå av kartong og rullprodukter, men hovedprinsippet går ut på separert luft og vannskjerm med luftespalte mellom.

Nedenfor ligger utdrag fra Byggforskblad 525.866, *Undertak* som viser de forskjellige damptette produkter med fordeler og ulemper knyttet til disse. (11)

Tabell 1: Damptette undertak

| Type undertak | Produkt | Spesielle bruksområder | Fordeler | Ulemper |
|----------------------------------|--|--|---|---|
| Taktro med asfaltundertaksbelegg | <p>Taktro:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Bord (rupanel) – Kryssfiner-, OSB- eller sponplater – Gipsplater <p>Undertaksbelegg:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Asfaltundertaksbelegg med nødvendig vann- og regntetthet | <ul style="list-style-type: none"> – Ved brannkrav – Undertak som midlertidig tekning – På steder med mye slagregn eller fare for inndrev av snø under tekningen – Kan brukes ved lavere takvinkler enn andre undertaksvarianter | <ul style="list-style-type: none"> – Solid og sikker løsning – Taktro av plater gir vindavstivning – Tåler gangtrafikk under montering – Gir understøtting ved gjennomføringer og skjøter i undertaksbelegget – Taktroa har evne til kondensopptak. – Sikrer mot vannlekkasjer under visse forutsetninger | <ul style="list-style-type: none"> – Kostbar løsning – Arbeidskrevende |
| Plater | <p>Halvharde trefiberplater (sutaksplater) med nødvendig vann- og regntetthet</p> | | <ul style="list-style-type: none"> – Raskt og rimelig å legge – Enkelte platematerialer kan ivareta vindavstivning av taket. | <ul style="list-style-type: none"> – System med løse omleggsskjøter gir på vindutsatte steder fare for inndrev av snø og regn under tekning ved takvinkler større enn 30°. |

| | | | | |
|-----------------------------|---|--|--|---|
| | | | <ul style="list-style-type: none"> – Enkelte produkter tåler gangtrafikk. – En viss evne til kondensopptak | <ul style="list-style-type: none"> – Risiko for lekkasjer ved gjennomføringer, arbeidskrevende – Trefiberplater kan krumme seg ved fukt. |
| Kartong eller rullprodukter | Kartong- (sammenlimte papirlag) eller rullprodukter (tynne folier) med nødvendig vann- og regntetthet | | <ul style="list-style-type: none"> – Enkelt å montere | <ul style="list-style-type: none"> – Ikke UV-bestendig – System med løse omleggsskjøter gir på vindutsatte steder fare for inndrev av snø og regn under tekning ved takvinkler større enn 30°. – Liten brannmotstand – Risiko for lekkasjer ved gjennomføringer, arbeidskrevende – Rullprodukter kan gi blafrelyd. |

Dampåpne undertak

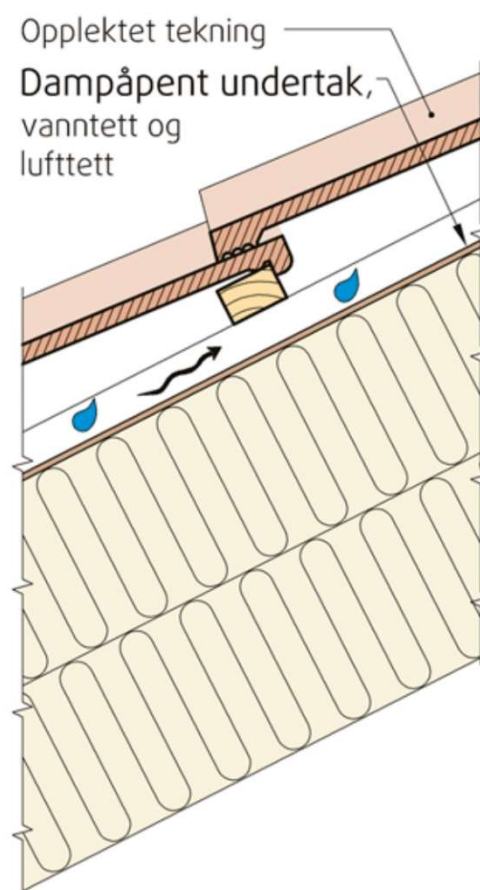
Ved bruk av dampåpne undertak kan man unngå luftespalten mellom isolasjon og undertak. Her slippes fukt fra underliggende konstruksjon gjennom undertaket. For at undertaket skal karakteriseres som dampåpent må det ha en Sd-verdi $< 0,5$ meter vanddampmotstand. Eksempler på dampåpne undertak;

- Taktro med dampåpent rullprodukt. Denne løsningen vil være et alternativ til ikke-bærende undertak, hvor man trenger ekstra avstiving og en mer robust undertaksløsning. Her må den samlede Sd-verdien for taktro og undertaksduk ikke overstige gitt krav.
- Plateprodukter som er dampåpne
- Kartong
- Rullprodukter

Sintef Byggforsk anbefaler ikke bruk av nevnte produkter for områder hvor det er tidligere kjent at fokksnø kan samles under opplettet tekning. Dette for å forhindre isdannelse i de aktuelle områdene. Dampåpne undertak fungerer som kombinert undertak og vindspærre, dette stiller krav til at alle skjøter og overganger/gjennomføringer tettes tilstrekkelig for vind og vanngjennomtrenging. Montering av slike produkter krever høy presisjon, og man anbefaler at alle overlappinger eller skjøter klemmes.

I figuren til høyre vises en typisk oppbygging av tak med dampåpent undertak. Her monteres produktet rett på taksperrene, før man klemmer produkter med dimensjonerte sløyfer før spikerslag/steinlekter for tekningmateriale monteres.

I denne oppbyggingen skjer all ventilering av fukt og varm luft i ett sjikt, slik at dimensjonen på sløyfelektene må tilpasses hvert enkelt område for å skaffe tilstrekkelig utlufting. Minimum sløyfehøyde er 23 mm. Dersom sløyfene er høyere en 36mm anbefales det å bruke skruer, samt at man bygger opp luftespalten i flere lag, eksempelvis 36+36mm. Dette for å oppnå ønsket klemvirkning.



Figur 12: Dampåpent undertak

Dersom forutsetningene tillater bruk av rullprodukter uten taktro, har man sett at dette er en effektiv og rimelig løsning sammenlignet med alternativene. Det vil likevel være ulemper ved bruk av rullprodukter uten understøtte. Eksempler på disse;

- Ikke UV-bestendig
- Liten brannmotstand
- Luft- og regntetthet i ett sjikt kan gi økt risiko for lekkasjer.
- Risiko for lekkasjer ved gjennomføringer, arbeidskrevende
- Kan gi blafrelyder.

Disse utfordringene krever at utførelse skjer med høy presisjon, og at alle gjennomføringer og skjøter tettes tilstrekkelig. Dersom man velger ett slikt produkt er man også avhengig av at tekkemateriale blir montert relativt fort etter at undertak er lagt. Man fraråder å isolere taket fra undersiden før tekking er lagt, dette for å oppdage eventuelle lekkasjer, men også for å kunne lufte ut byggfukt før man isolerer.

Nedenfor ligger utdrag fra Byggforsklad 525.866, *Undertak* som viser de forskjellige dampåpne produkter med fordeler og ulemper knyttet til disse. (11)

Tabell 2: Dampåpne undertak

| Type undertak | Produkt ¹⁾ | Spesielle bruksområder | Fordeler | Ulemper |
|--------------------------------------|---|---|--|--|
| Taktro med dampåpent undertaksbelegg | Taktro: – Bord (rupanel) – Gips Undertaksbelegg: – Dampåpent undertaksbelegg med nødvendig vann- og regntetthet | – Ved brannkrav – Ombygging, rehabilitering eller etterisolering av gamle tak – Tak med komplisert / sammensatt takform hvor det er vanskelig | – Taktro av plater gir vindavstivning. – Tåler gangtrafikk under montering – Gir understøtting ved gjennomføringer og skjøter i undertaksbelegget – Taktroa har evne til kondensopptak. | – Kostbar – Arbeidskrevende – Total dampmotstand blir større enn uten taktro, dårligere uttørkingsevne |

| | | | | |
|-----------------------------|--|--|--|--|
| | | å få effektiv luftespalte under taktro | | |
| Plater | Porøse og harde trefiberplater med nødvendig vann- og regntetthet og dampåpenhet | <ul style="list-style-type: none"> – Ombygging, rehabilitering eller etterisolering av gamle tak – Tak over kaldt, ikke luftet loftsrom – Kalde loft som senere skal isoleres | <ul style="list-style-type: none"> – Rakst og rimelig å legge – Enkelte plater kan gi tilfredsstillende avstivning av takflata. – Enkelte produkter tåler gangtrafikk. – Liten dampmotstand og god uttørkingsevne – Enkelte produkter har en viss evne til kondensopptak. – Porøse plater har stor evne til kondensopptak. | <ul style="list-style-type: none"> – Luft- og regntetthet i ett sjikt kan gi økt risiko for lekkasjer. – Mange tverrskjøter øker faren for lekkasjer. – Risiko for lekkasjer ved gjennomføringer, arbeidskrevende |
| Kartong eller rullprodukter | Kartong- (sammenlimte papirlag) eller rullprodukter (tynne folier) med nødvendig vann- og regntetthet og dampåpenhet | Som for plateprodukter | <ul style="list-style-type: none"> – Liten dampmotstand og god uttørkingsevne – Enkelt å montere – Fleksibelt å montere selv på kompliserte takformer | <ul style="list-style-type: none"> – Ikke UV-bestandig – Liten brannmotstand – Luft- og regntetthet i ett sjikt kan gi økt risiko for lekkasjer. – Risiko for lekkasjer ved |

| | | | | |
|--|--|--|--|---|
| | | | | gjennomføringer, arbeidskrevende – Rullprodukter kan gi blafrelyder. |
|--|--|--|--|---|

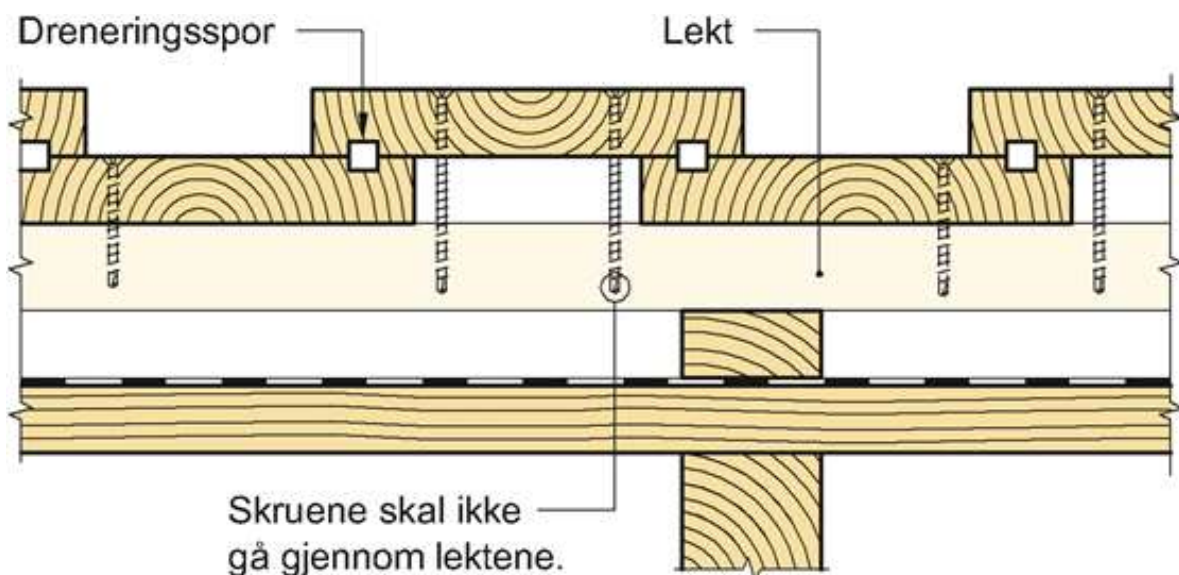
2.3.2 Taktekking

Generelt

Taktekkingen er den første klimaskjermen man møter fra utsiden. Denne skal skjerme underliggende konstruksjonsdeler fra skiftende temperaturer, nedbør, vind og solpåkjenning. Dette stiller høye krav til materialegenskapene og levetid til produktene som brukes. I Norge har man lenge brukt former for stein eller stålplater men også tekning av trebord for å oppnå ønsket levetid, tetthet og utseende. Dette er løsninger som har fungert bra og som med riktig montering vil holde ut klima i mange år. Tretak har vist seg å være en mer kostbar løsning sammenlignet med takstein og stålplater, hvor noe av kostnadsspriket har kommet som konsekvens av kravet om dampnett undertak.

Tretaket slik vi kjenner det

Tretaket som vi kjenner det i dag har ofte en oppbygning bestående av separert vindsperresjikt og undertakssjikt. I tillegg må man ha underlag for det damprette undertaket, gjerne i form av rupanel, gips eller bygningsplater (spon).



Figur 13: Over og underligger

Utforming og tverrsnitt på takbordene vil være avgjørende for flere av kravene som skal innfris. Avhengig av utforming vil man kunne påvirke estetikk, effektivitet på byggeplass og byggetekniske styrker/svakheter, samt legge grunnlag for valg av type undertak. En av hovedmålene for oppgaven er å kunne effektivisere bruken av trebasert ytterteking.

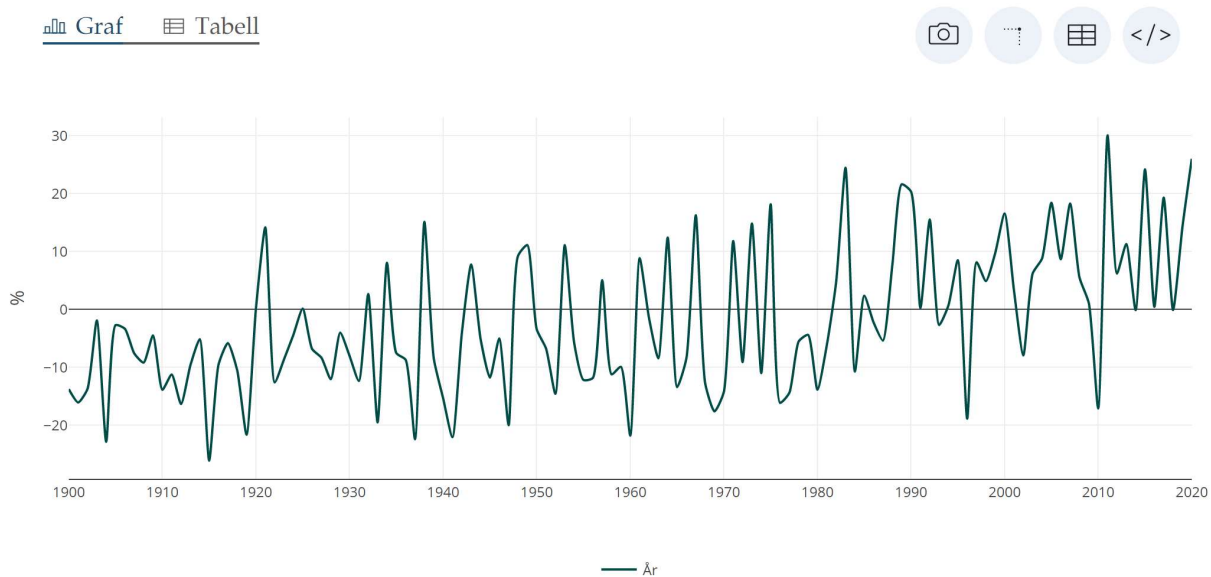
Den mest brukte profilen for takteking av tre består av cu-impregnerte over- og underliggere med frest spor i begge bord som skal ligge over hverandre. Hensikten med dette sporet er å samle opp vann som driver inn under skjøten og føre den ned og ut av sjiktet. Det vil likevel være stor bevegelse i bordene, samt sprekkdannelse som vil føre til at tettheten på bordene svekkes over tid. De fleste takbord i dag har en levetid på minst 30 år, men fordrer at undertaket er primærsjiktet når det kommer til vanntetting. (12)

2.4 Klimaendringer og Miljøpåvirkning

2.4.1 Klimaendringer

Klima er et slags mønster av vær-situasjoner i et lokalt sted, som for eksempel hvor ofte det er ekstreme nedbørsmengder, kulde, varmebølger eller orkaner. Klimaet har vært i stor endring de siste 150 årene, og ifølge metrologisk institutt kan man se at både temperatur og nedbørsmengden stiger betraktelig. Året 2020 var det varmeste året som noensinne er målt med en temperatur på 2,4 grader over normalen, der normalen er gjennomsnittet i perioden 1961 til 1990. 2020 var ikke bare et år med høy temperatur, men hadde også en nedbørsmengde på 26 % over normalen, og tabellen under viser også at dette ikke er en tilfeldighet, men at nedbørsmengden har steget jevnt siden år 1900. (13)

Nedbør i Norge, i forhold til normalen



Figur 14: Nedbør i Norge i forhold til normalen

Forskere forventer at nedbørsmengden skal fortsette å stige de neste 100 årene, og de regner med at nedbøren som kommer vil være oftere og mengden for hver regnskur vil være større. Forskerne tror også at nedbørsmengden vil gjennomsnittlig stige med 18 % i Norge, og nedbørsmengden på dager med kraftig nedbør vil stige med 19 %. (14)

Det vil altså komme mer regn oftere, dette er et viktig tema for oppgaven, da et av de svake punktene for tretak er at det ikke regnes som en helt tett taktekning. Det utvendige tretaket vil beskytte mot slagregnet, men det er en liten usikkerhet om hvor mye dråpevann som vil kunne komme gjennom skjøter, spesielt da trevirke er et levende materiale som kommer til å bli utsatt for fuktbevegelser i form av krymping og svelling.

Klimaendringene som har skjedd de siste 150 årene er heller ingen tilfeldighet, og har steget i takt med industrien i verden. Industrien er Norges tredje største utslippskilde etter transport og olje og gass, hvor produksjon av stål, aluminium og betong er produksjoner som krever enorme mengder varme og energi og bidrar svært til utslippene fra industrien. (15)

Tretak vil være et tak som er mer miljøvennlig og bærekraftig enn de alternative takene som blir mest brukt i dag. Selv om tretak kan bli en erstatte for de resterende taktekingene for skråtak, kommer ikke dette til å gjøre det store utslaget på Norges Co₂-utslipp, men bidrar i å gjøre byggebransjen litt grønnere. Med et grønnere tak, vil det være enklere å produsere plusshus, da plusshus i løpet av sin levetid skal produsere mer energi enn det har brukt i løpet av sin livssyklus, inkludert byggeprosessen. (16).

Det er vanskelig å si noe om forandringer av vind i årene fremover, spesielt i Norge som er et land med så mye kupert terreng. Forskere mener vindfylte dager vil øke i høst- og vinterhalvåret og minke i vår- og sommerhalvåret. I vinterhalvåret kommer det til å bli flere dager med vind og vinden kan komme til å være sterkere enn det som er normalt i dag. (14)

2.4.2 Miljøpåvirkning

I tillegg til at byggebransjen må gjøre tiltak for klimaendringene som har skjedd, og som kommer til og fortsette, må det også gjøres tiltak for å minske miljøpåvirkningene mest mulig, for å bremse klimapåvirkningene mest mulig. Produksjon av materialer er en stor utfordring i byggenæringen, da dette alene står for 24 % av alle utslippen i bygg og anleggsbransjen i Norge i dag. Hvis vi bruker dette tallet for året 2017 hvor bygg og anleggsbransjen sto for 25 % av Norges utslipp, vil produksjon av byggematerialer alene stå for 6 % av hele Norges utslipp. Store deler av denne andelen kommer fra produksjon av stål og betong, da dette krever enorme mengder energi for å produseres. Byggebransjen har allerede begynt å erstatte stål og betong med massivtre i store bygninger som for eksempel skoler, sykehus, kulturbygg, hoteller og kjøpesenter som et tiltak for å redusere miljøpåvirkningene. (17)

Dersom boligbransjen hadde klart å erstatte taktekkingsmaterialet av stål og betongstein med trevirke, hadde dette hjulpet til å få ned utslippstallene for bolighus. Selv om trevirke har et lavere utslipp enn betong, har det fremdeles noe utslipp det også, derfor vil det ved en løsning for taktekking av trevirke kombinert med forenklet undertak være enda mer miljøvennlig enn den standardmetoden som blir brukt i dag med dampnett undertak og taktro. Dette da det vil gå med en del mer materiale av trevirke i tillegg til asfaltapp ved standardmetoden enn ved en eventuell kombinasjon med forenklet undertak.

3 Forskning og Utvikling

KLIMA2050 er et senter for forskningsdrevet innovasjon som hovedsakelig er finansiert av Norges forskningsråd. FNs klimapanel har gjort det svært tydelig i sin siste rapport at klimaendringene som har skjedd de siste hundre årene er forårsaket av menneskenes aktivitet og at klimaendringene kommer til å fortsette i flere hundre år fremover. Klimaendringene fremover vil ha stor påvirkning på bygg, anlegg, eiendom og infrastruktur, noe som gjør at det trengs mye kunnskap om videre utvikling og vedlikehold av eksisterende systemer. (18)

Når det kommer til klimagassutslipp, er produksjon av materialer til byggebransjen en av verstingene. Dette skyldes høyt forbruk av både betong og stål som begge er materialer som krever mye energi. Det vil derfor være gunstig for klimaet om det var mulig å få boligbyggere til å velge en mer miljøvennlig taktekkning enn betongtakstein og stålplater.

Byggematerialer av treverk er et miljømessig bedre valg enn både betong og stål da det ikke trenger like mye energi for å produseres. Treverket kan også fungere som et karbonlager igjennom sin levetid. Dette vil si at så lenge det trebaserte materialet står vil det samle opp og lagre CO₂. Hvis det da er mulig å erstatte enda mer av byggematerialene som i dag er av stål og betong med materialer i treverk i stedet kan man redusere klimagassutslippet fra byggebransjen betraktelig. (19)

I denne bacheloroppgaven er det derfor forsøkt å gjøre taktekkning med treverk til en mer prisgunstig og effektiv løsning så det skal bli mer attraktivt for boligbyggere å benytte seg av. På bakgrunn av dette er det forsøkt å utvikle nye takbordprofiler som kan kombineres med ett forenklet undertak og som er enklere å montere. Med disse forbedringene er det mulig å gjøre tretak til et mer attraktivt valg.

4 HOVEDDEL

4.1 Metode

Prosjektet startet med å formulere de overordnede målene, hvor det var tett dialog med ekstern veileder, Snorre Bjørkum i utarbeidelsen av disse. Her ble det raskt kjent at det overordnede ønsket var å gjøre taktekkning med bord mer effektivt og kostnadsgunstig, slik at det oftere ville bli valgt av husbygger. Det ble deretter utarbeidet en hypotese om reduksjon av klimagassutslipp som følger av dette.

For å kunne effektivisere og dermed kostnadsredusere ble det hentet informasjon på hvordan dagens preaksepterte løsninger for tretak utføres, for så å plukke segmentene ned i mindre biter. I følge Byggforsk og kalkyletall fra Norgeshus var undertaket en vesentlig faktor for kostnad, hvor eksisterende løsninger var bærende undertak med en diffusjonstett duk. (11). Det framgår av Byggforskblad 544.106, Taktekkning med bord, kap 32 at «Undertaket bør anses som takets viktigste tettesjikt, og bør være robust. Taktekning av bord har begrenset tetthet mot nedbør. Man må forutsette at tettheten reduseres over tid som følge av fuktbevegelser i materialet. Bordtak bør først og fremst betraktes som en mekanisk beskyttelse i tillegg til at det gir taket sitt særpregede utseende». (20)

Det stilles altså svært høye krav til undertaket som følger av at bordprofilene vil krympe og svulle og over tid miste sin tetthet.

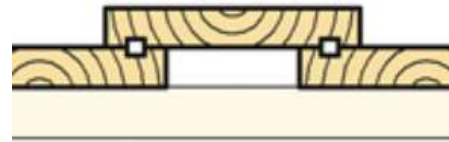
Med grunnlag i det overnevnte, ble det besluttet å fokusere på to forbedringer ved den eksisterende løsningen.

- Kunne ta i bruk og øke tetthet for forenklet undertak
- Utarbeide en «bedre» bordprofil for bruk på tak

Med utgangspunkt i de to punktene over har man forsøkt å innhente relevant stoff og erfaringer på forskjellige løsninger, samt utarbeiding av detaljer på de forskjellige kritiske områdene ved ett tak. Det ble også gjennomført et forsøk hvor det ble bygd en liten modell av et tak, dette for å teste løsningene for undertak og bordprofiler som er lagt frem i oppgaven. I vedlegg nr 4 er det en en forsøksrapport som beskriver nærmere hva som ble utført og hvilke resultater som kom frem i forsøket. I utarbeidelsen av detaljene har eksterne vært til meget stor hjelp, med gode innspill og stor faglig tyngde.

4.1.1 Bordprofil

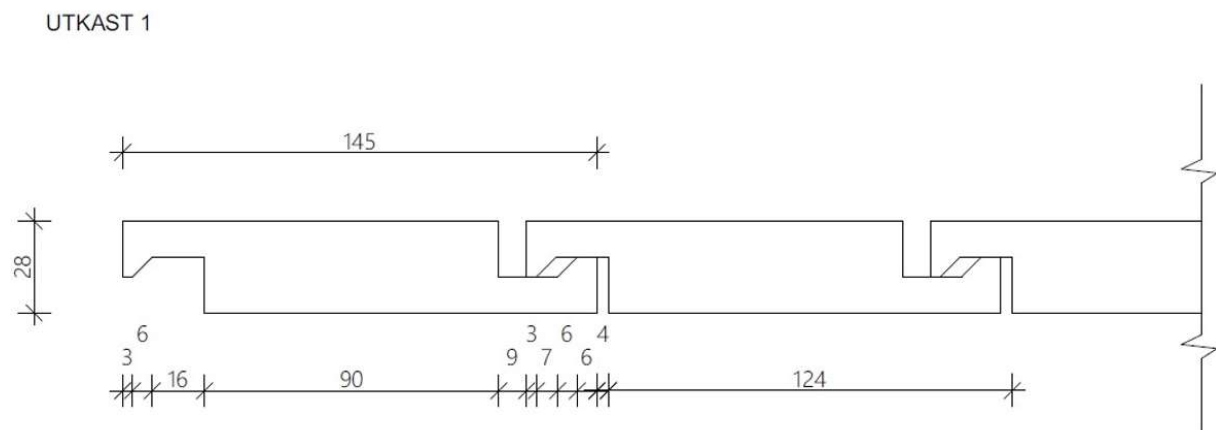
I prosessen for å komme frem til måter takbordene kan gjøres enda tettere er det lagt fram forslag til nye bordprofiler. Før disse profilene kunne tegnes og produseres, må det være klart hva som må være bedre enn de eksisterende. Problematikk knyttet til bevegelse i materialene, som over tid vil føre til utettheter er forsøkt løst med en bedre utforming av mekanisk stopper for inndrev og kapilærsug på bordene.



Figur 15: Bordprofil over-/underligger

Eksempel på eksisterende bord er 22x148mm bord som legges med overlapp på ca 25mm. De fleste produsenter har også frest spor i bordene som fungerer som dreneringsrenne. Over tid vil bordene og dreneringsrennen krympe og svulle i takt med nedbørmengde. For den bordprofilen som ble brukt som eksempel i vår oppgave, var bredde på dreneringsrenna 8mm, noe som tilsier at kontaktflate for hvert omlegg er 17mm.

Ny profil for takbord er utarbeidet med stor vekt på reduksjon av kontaktflate mellom bord, rom for krymp- og svelling og mekanisk barriere for vann. Det er også tatt høyde for samsvarende utseende på takbord og bordkledningsbord. Det er kommet fram til to ulike profiler, hvor det skiller minimalt mellom de to ved første øyekast. Det første utkastet har en skrå i falsen, mens det andre forslaget har rett kant. Det er også en forskjell i kontaktflate, med henholdsvis 9mm for utkast 1 og 12mm for utkast 2. Å kunne redusere kontaktflate vil korte inn tørketid mellom nedbørsperioder, noe som er ønskelig. Dreneringsrenna på de nye bordprofilene er designet for å kunne vokse og krympe med nedbør og luftfuktighet. Den mekaniske barrieren skal likevel kunne stoppe vann som måtte trenge inn i dreneringsrenna.

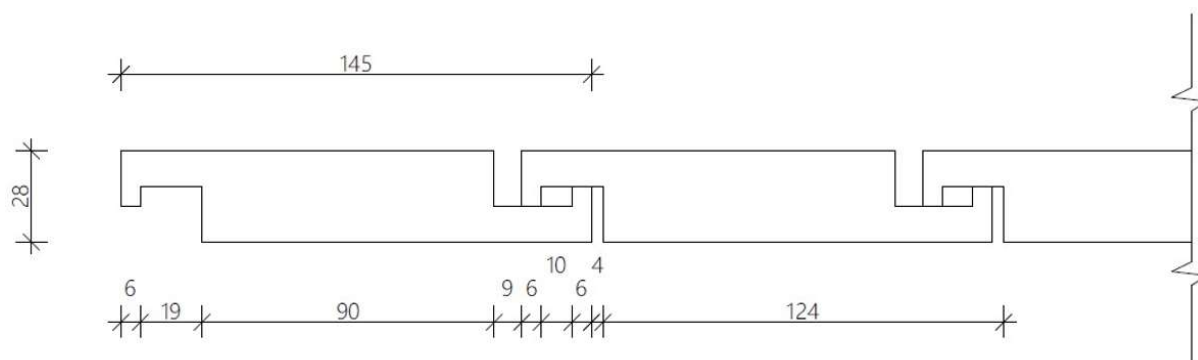


Figur 16: Forslag 1 til ny bordprofil

Med disse utformingene bør alle bord legges med margside samme vei, på den måte unngår man at motvirkende krefter vil forårsake sprekke-dannelser i fals.

Det er her tenkt at den skrå profilen vil være mer motstandsdyktig mot slitasje ved omlasting, montering på tak og ved krymping etter montering mens bordprofil med rettkant har større evne til å stoppe inndrev av vann.

UTKAST 2



Figur 17: Forslag 2 til ny bordprofil

4.1.1 Undertaksprofil

Undertaksprofilene viser fire forskjellige snitt av forenklet undertak på rull med sløyfelekt på toppen. Når forenklet undertak benyttes, vil dette være diffusjonsåpent, noe som tillater at man isolerer tett opp til undertaket. Ofte vil isolasjon presse opp undertaket i feltet mellom sperrene, som gjør at sløyfelektene ender som laveste punkt i undertakssjiktet. Sløyfelektene er mekanisk festet gjennom undertaksduken med spiker eller skruer, og over tid kan vann trenge inn disse hullene. For å løse dette problemet har man eksisterende løsninger som sløyfebånd eller undertaksstrammere. Sløyfebåndene er butylbasert tape med tykkelse 1-3 mm, disse fungerer som en pakning rundt spikerhull og forhindre at vann trenger inn. Sløyfebånd er inkludert som ett av forslagene under.

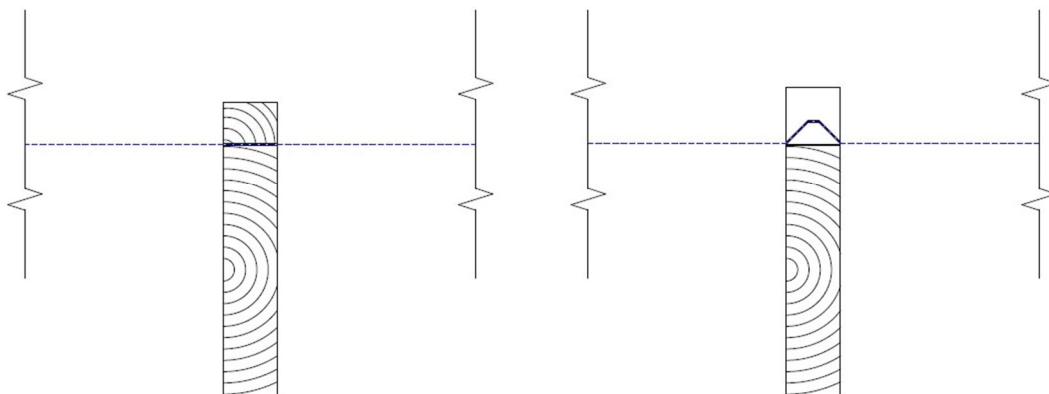
Eksisterende undertaksstrammere er plastklosser som festes mellom tverrgående spikerlekt og undertak. Disse motvirker isolasjonen i å presse undertaket opp, og man unngår dermed at sløyfelektene blir laveste punkt.

Som alternativ til undertaksstrammeren legges det fram et forslag om å bruke et spesialtilpasset beslag av plast eller aluminium (se løsning 4 under). Prinsippet for disse går ut på å senke undertaket ved sløyfelektene for å unngå kapilærsug inn i skruehullene. Beslaget er i tillegg designet med en butyllist som plasseres mellom beslag og sløyfelekt.

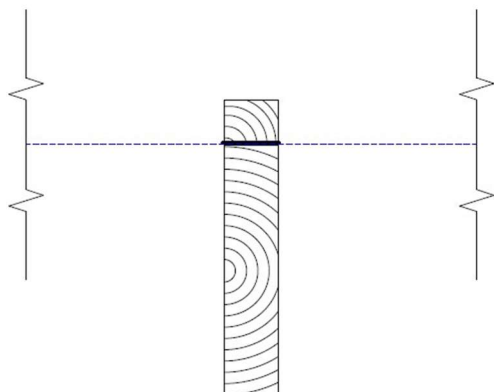
Løsning 2 under er basert på samme prinsipp, men her vil man løfte spiker/skrue-hull istedenfor å senke undertaket.

1: Forenklet undertak klemt av enkel sløyfelekt, uten sløyfebånd.

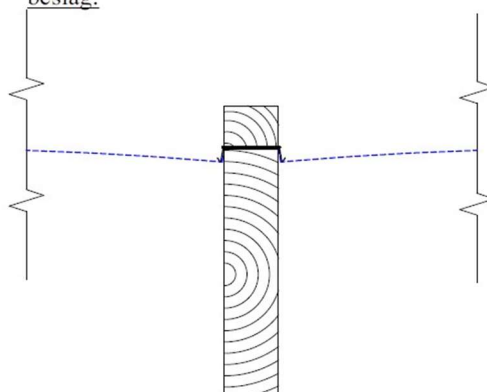
2: Forenklet undertak klemt av to-delt sløyfelekt.



3. Forenklet undertak klemt av enkel sløyfelekt, med sløyfebånd.



4: Forenklet undertak klemt av enkel sløyfelekt med pålimt sløyfebånd & beslag.



Figur 18: Undertaksløsninger

Den totale vurderingen bør inkludere tetthet, kostnad, tidsforbruk og praktisk gjennomførbarhet. Sintef byggforsk har tidligere uttalt at bruk av enkel butyllist/sløyfebånd gir en vesentlig bedre skjerming mot kappilærsug sammenlignet med metode vist i løsnign 1. (21).

Videre i de kommende detaljene vil det bli tatt utgangspunkt i bruk av løsning nummer 3.

4.2 Kritiske detaljer

For oppbygging av tak tekket med trebord og forenklet undertak oppstår det problematikk knyttet til å skjærme underliggende konstruksjon tilstrekkelig mot vanninntrenging, samt å kunne ivareta lufting på en tilfredsstillende måte. Ved tradisjonell metode luftes taket i to separate sjikt, sammenlignet med forenklet undertak hvor man har all utlufting i ett sjikt. Dette fordrer bærekraftige løsninger ved kritiske punkt på taket, eksempelvis; møne, raft eller kilrenne. I tillegg til de tradisjonelle detaljtegningene legges det fram forslag til løsninger for tak med skjult rennesystem og tak uten utstikk i gavl-vegg.

Dimensjoner for spikerlekt og sløyfelekt;

Det er tatt utgangspunkt i Norgeshus' husmodell «Dråpen» med taklengde rundt 3,5 m fra raft til møne. Takvinkel = 27 grader.

I følge Byggforskblad 525.102, tabell. 32 vil 36x48mm sløyfer være tilstrekkelig for det aktuelle taket.

Dimensjoner og avstand på spikerlekter avhenger av snølast for området. For framlagt detaljer er det benyttet 36x48mm med en lekteavstand lik 600mm. I følge Byggforskblad 544.106, tabell 43, er dette tilstrekkelig dimensjon for snølast < 7.0 kN/m².

Nedenfor er det beskrivelse av forslag til hvert punkt som anses å være kritisk, hvor det blir sett på problemstillingene for hver av dem. Det blir også lagt til tegninger og illustrasjoner som viser hvordan det er tenkt å løse de eventuelle problemene.

| Takvinkel | Taklengde (m) ¹⁾ | | |
|-----------|-----------------------------|---------|-----------------------|
| | 7,5 | 10 | 15 |
| 18–30° | 36 | 36 + 36 | 48 + 48 ²⁾ |
| 31–40° | 30 | 36 | 36 + 23 |
| ≥ 41° | 23 | 36 | 36 + 23 |

Figur 19: Sløyfehøyder

| Lektedimensjon mm × mm | Snølast ¹⁾ kN/m ² | Maksimal lekteavstand m |
|---------------------------|--|----------------------------|
| 23 × 48 | ≤ 3,0 | 0,50 |
| | ≤ 4,0 | 0,30 |
| 30 × 48 | ≤ 5,0 | 0,60 |
| | ≤ 6,0 | 0,50 |
| 36 × 48 | ≤ 7,0 | 0,60 |
| | ≤ 8,0 | 0,50 |

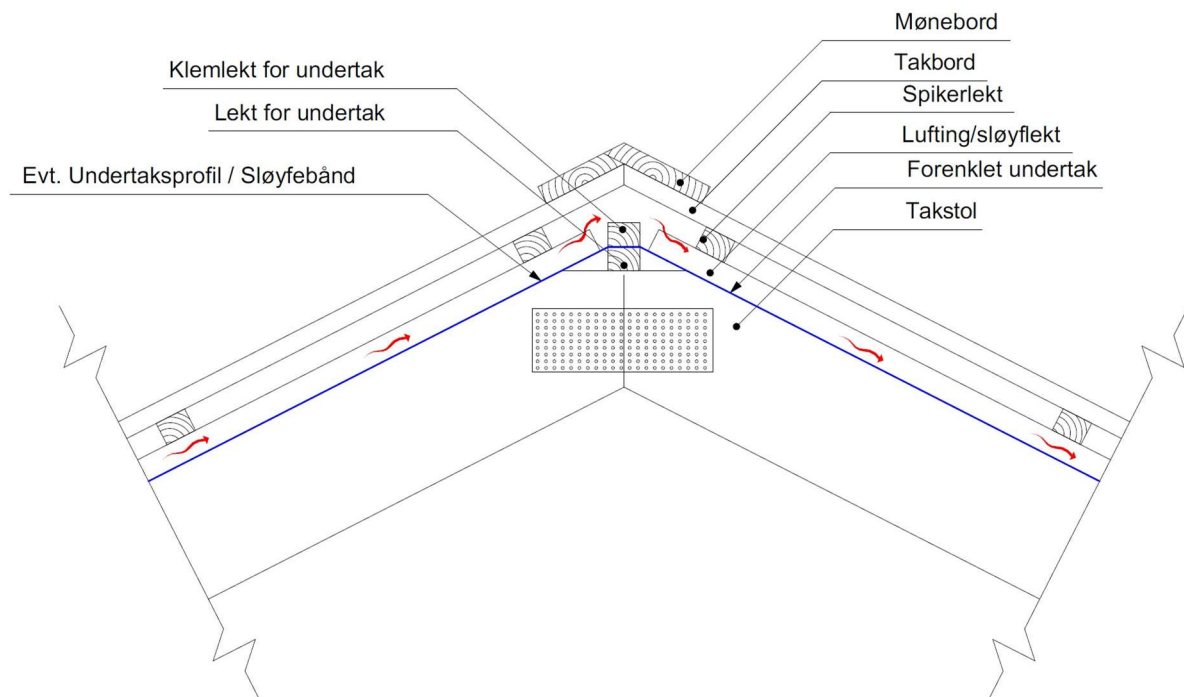
Figur 20: Maksimal lekteavstand

4.2.1 Møne

I et forsøk gjennomført av Lars Gullbrekken ved ZEB laboratory på Gløshaugen, er det foretatt målinger for luftstrøm for et tak med tett møne. Det aktuelle taket ble bygget med lufting fra raft til raft, dette vil si at det ikke er utluftingsspalte i møne. I dette tilfelle var det en taklengde fra raft til møne på 5,4 meter med takvinkel på 40 grader, hvor det ble målt temperatur i luftespalten og i selve taktekningen, samt vindhastigheten i luftesjiktet. Her viste tallene fra forsøket at lufthastighet var tilstrekkelig for utlufting av varme og fukt også for de ukene med lavest vindhastighet. (22)

I Norge er gjennomsnittstemperaturen stort varierende gjennom året, og behovet for å bytte ut varm luft mellom tekning og undertak øker proporsjonalt med fallende utetemperatur og snøfall. Dette for å forhindre snøsmelting på taktekningen, og forhindre skader og lekkasjer på tak, takrenne og undertak. Velger man derimot å ha utlufting i møne, vil man i mange områder få tiltetting av snø over utluftingsspalte.

Det er på grunnlag av dette tatt utgangspunkt i løsning for lukket møne, med dimensjonert luftespalte både nede ved raft og oppover i takets lengderetning.

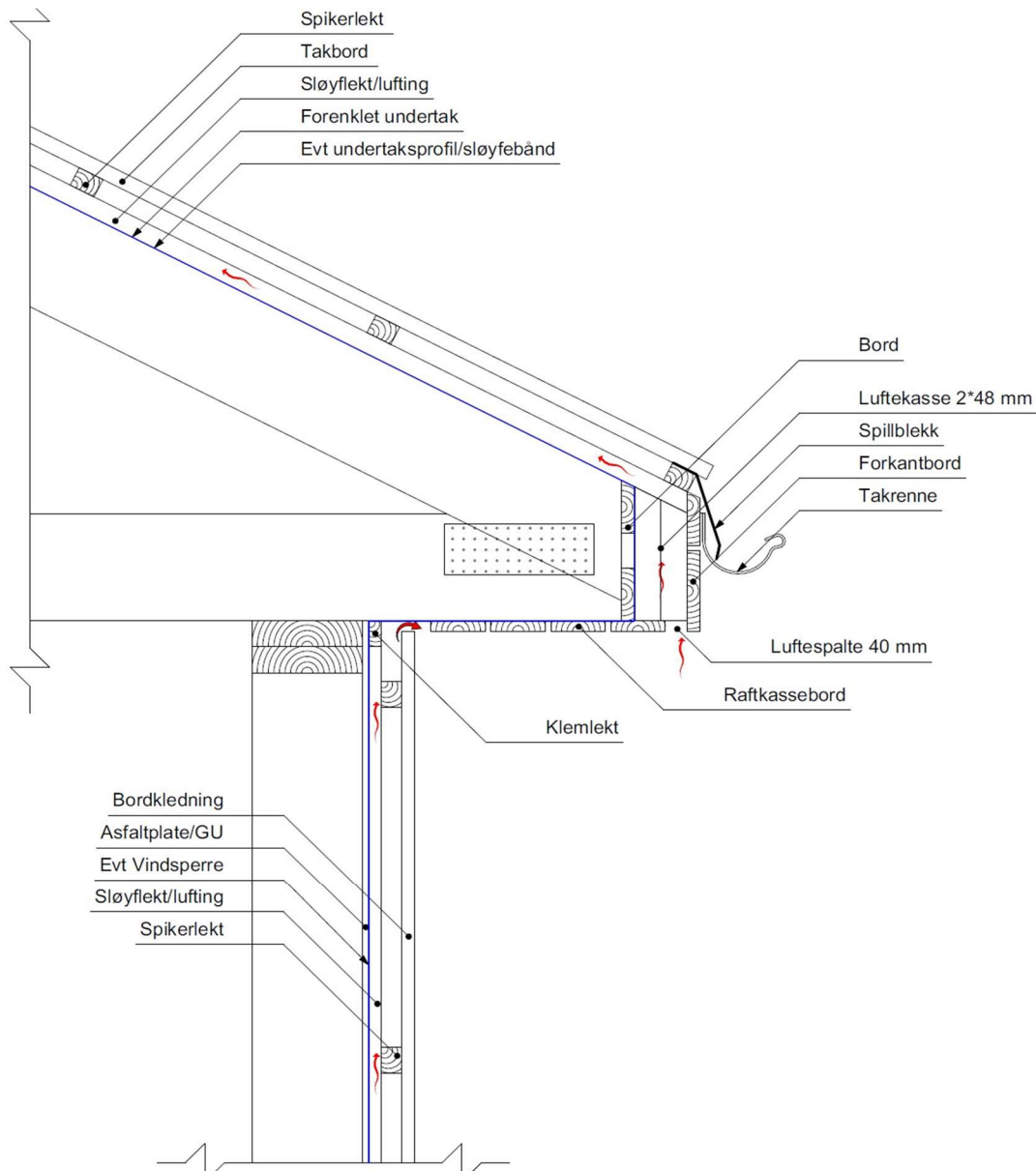


Figur 21: Detalj møne

4.2.2 Standard raft

I tilfeller hvor det skal være takutstikk er detaljen utarbeidet med utgangspunkt i eksisterende løsninger. Taksperrer eller takstoler er noe kortet inn for å gjøre plass til luftespalte bak forkantbord. På denne måten kan man brette undertaksduk rundt sperrer/takstoler og oppnå et kontinuerlig luft- og vanntett sjikt som klemmes fast på toppsvill. For å minimere slitasje av undertaksduk om sperre-ender monteres bord i bakkant av duk. Eventuelle vannmengder som trenger inn på undertak vil følge undertak helt ned og ut i luftespalte bak forkantbord. Luftespalte er utformet på en måte som som reduserer farten på inntrengende luft idet den passerer spalte i panel, på denne måten blir eventuelle snømengder forhindret i å blåse inn på undertak.

Med luftespalte bak forkantbord monteres takrenne direkte på forkantbord med spillblikk fra nederste spikerlekt og ned i renne.



Figur 22: Detalj raft 1

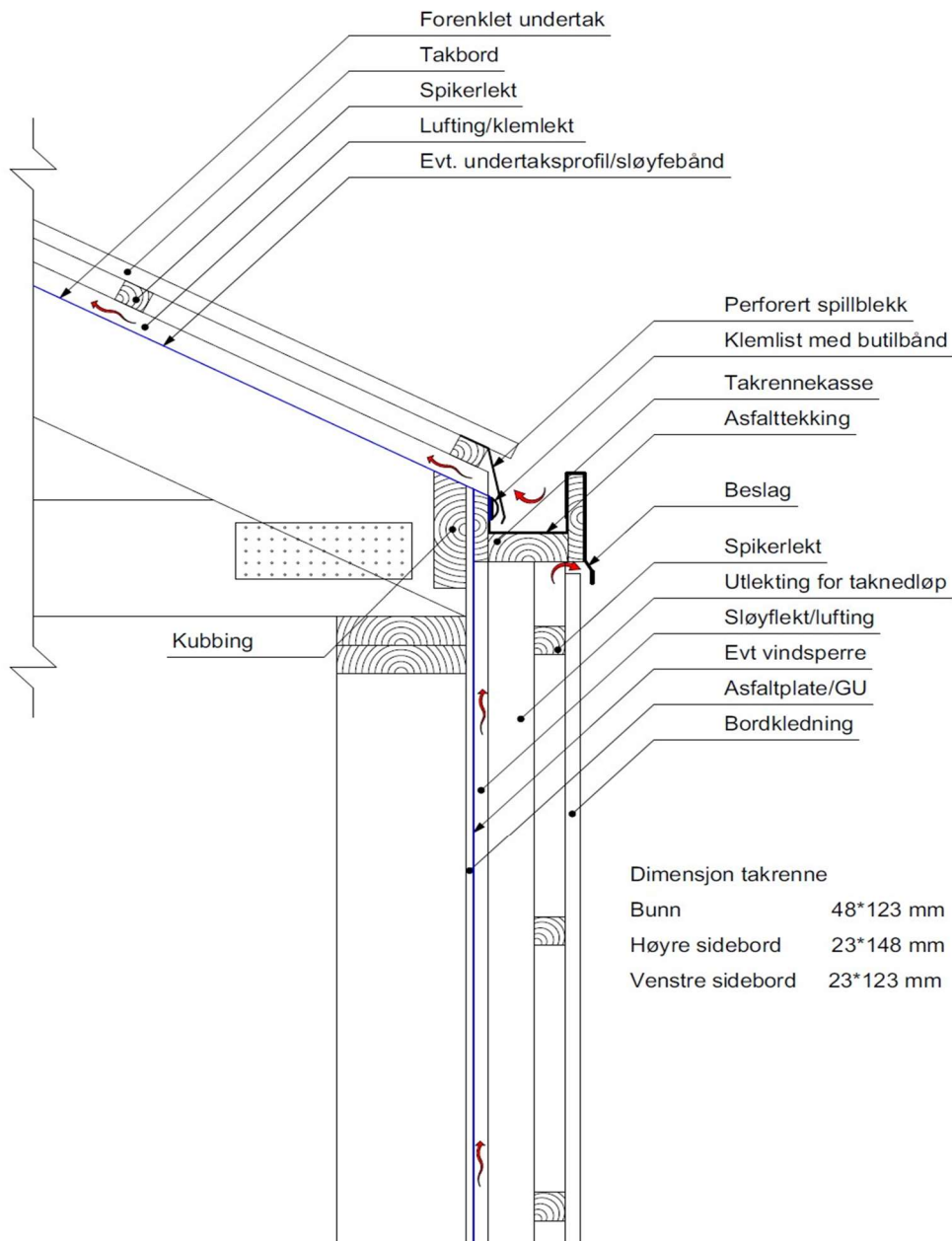
4.2.3 Moderne raft

Raft uten takutstikk og skjult rennesystem er utformet med en plassbygd kasse belagt med takfolie eller asfaltduk. Fra renne monteres beslag som bukker over rennefront og tilstrekkelig ned på vegg. Beslagets hovedoppgave er å beskytte rennekasse og forhindre at slagregn kommer inn i spalte for bordkledning på vegg. Rennekasse må monteres med fall tilsvarende anbefalinger for tradisjonelle takrenner.

Undertaksduk avsluttes og klemmes på innside av rennekasse med tilpasset klemelist og butylbånd. På denne måten vil vann som trenger inn til undertak ende i takrenne. Vindsperren på veggen føres opp til underkanten av sløyfelekten og klemmes av rennekasse.

For å opprettholde lufting på tak, utføres spillblikk med perforering.

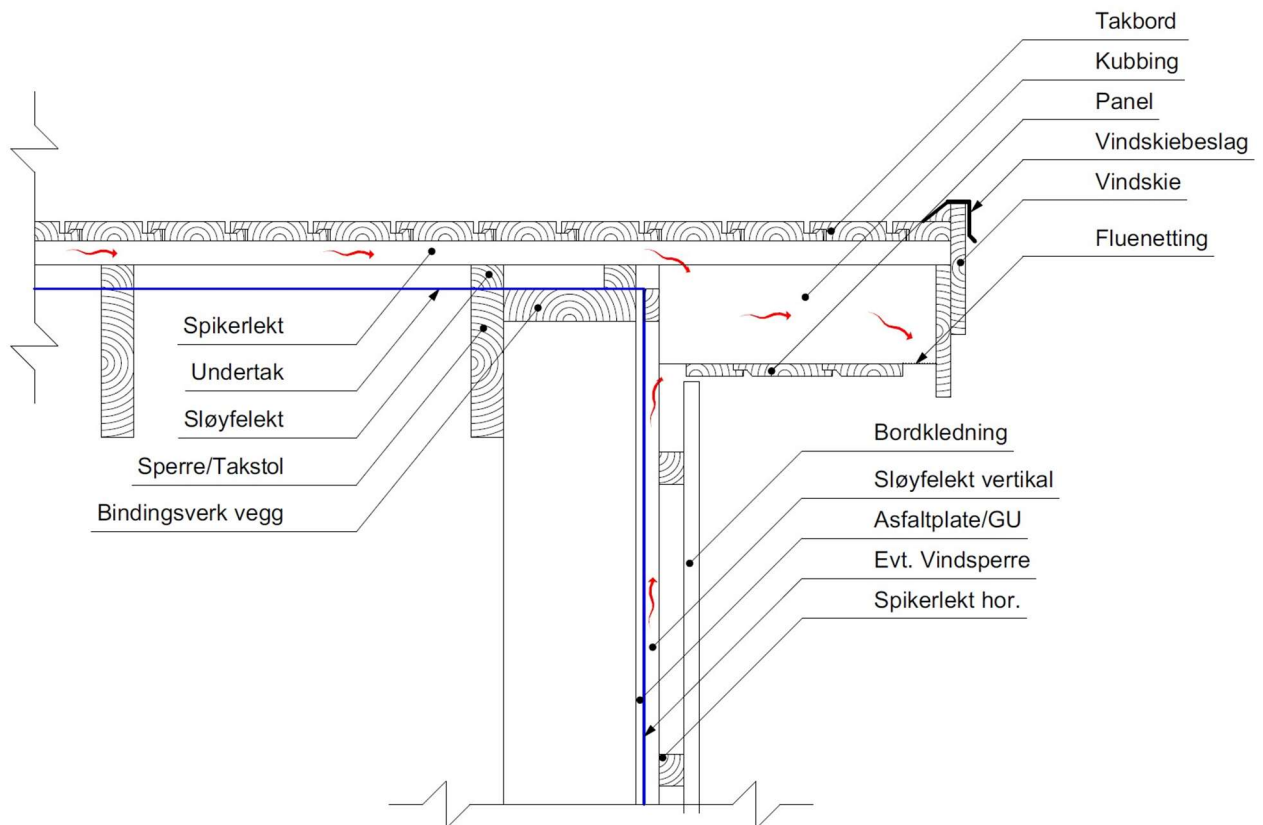
Vegg fores ut med 23 + 68 + 48 mm for å frigjøre plass til skjult nedløp fra takrenne.



Figur 23 Detalj raft 2

4.2.4 Standard gavl

Standard utførelse i gavl-vegg med takutstikk. Takutstikk opprettes på tradisjonelt vis med kubbinger i underkant av spikerlekt. Taket luftes i 2 retninger, dvs lufting går fra gavl til gavl og samtidig raft til raft. Luftespalten for utlufting er lik 50mm. Denne kan fordeles i flere mindre spalter om ønskelig. Undertaksduk brettes på utside av vindsperre og klemmes med sløyfelekt på vegg. Vindskie monteres med fordel med beslag i topp for ekstra beskyttelse av treverk.



Figur 24: Detalj gavl 1

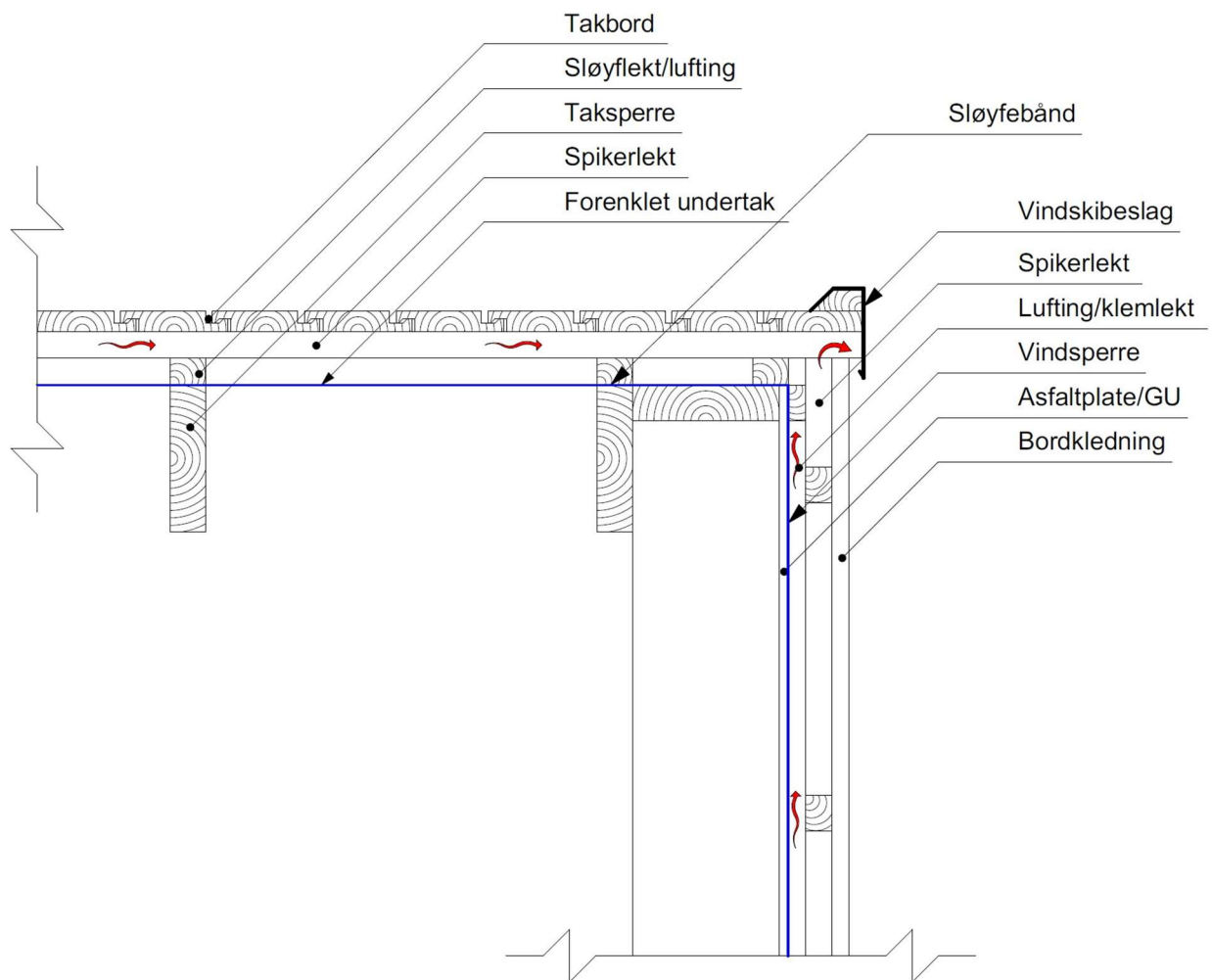
4.2.5 Moderne gavl

Moderne gavl utføres på følgende måte, hvor spikerlekter fra tak avsluttes ca 20 mm forbi bordkledning.

Det monteres så en klyvd impregnert lekt på siste takbord som vindskibeslag skrues fast i.

Undertaksduk klemmes ned på vegg med sløyfelekt, og øverste spikerlekt for bordkledning senkes noe ned på vegg for å opprettholde utlufting bak bordkledning.

Bordkledning bør avsluttes like under spikerlekt, dette for å opprettholde utlufting og forhindre inndrev av snø eller slagregn.



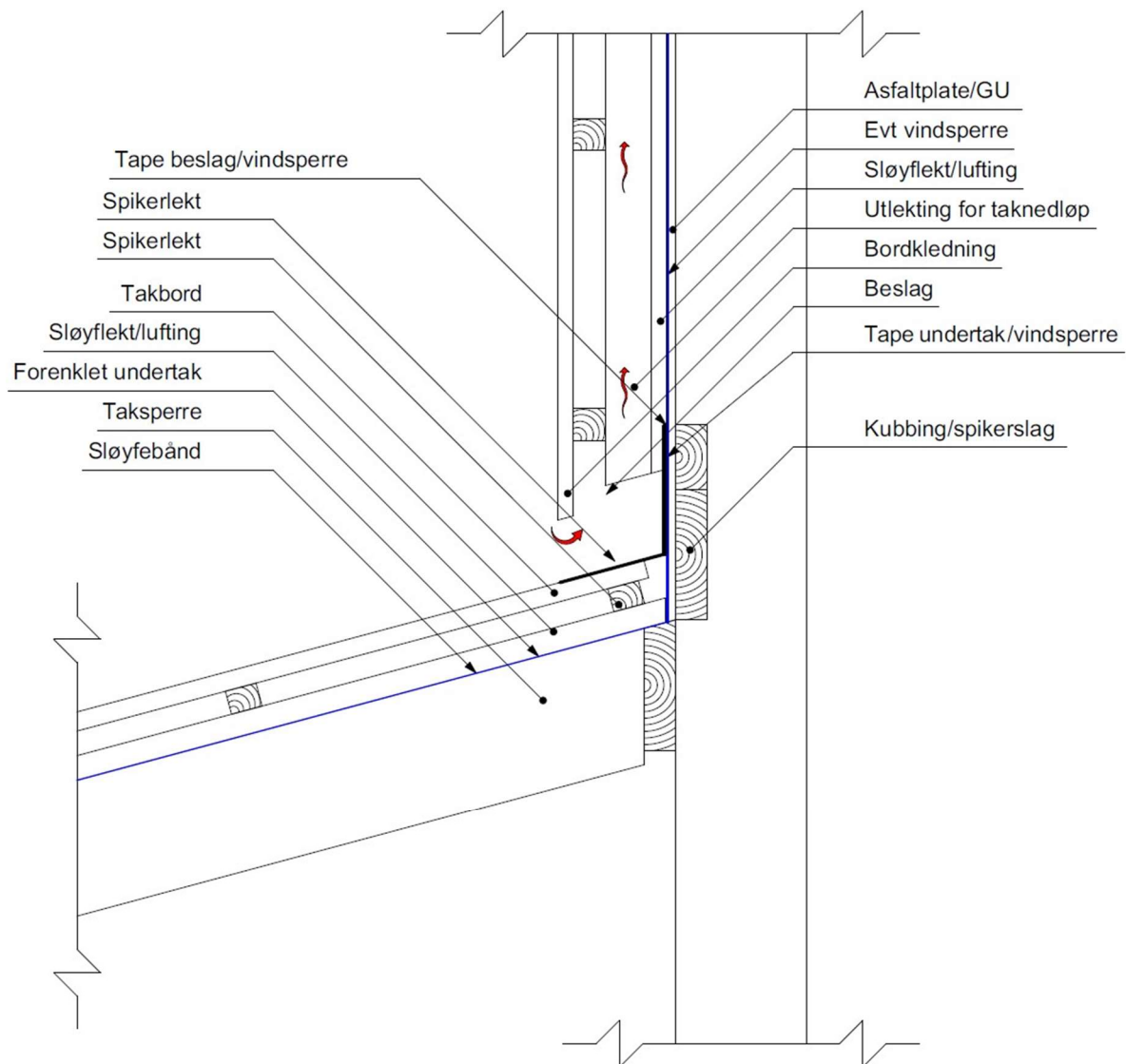
Figur 25: Detalj gavl 2

4.2.6 Tak tilstøtende vegg

For tak tilstøtende vegg monteres beslag direkte på vindsperre. I overgang monteres kubbinger for innfesting av beslag. Undertak brettes opp på vegg og tapes på vindsperre. Beslag festes mekanisk og klemmer fast overgang mellom undertak og vindsperre. Overgang mellom vindsperre og beslag tettes med tape. Det anbefales å benytte primer på vindsperre, dette for å skape tilstrekkelig og langvarig heft for tapeprodukter. Bordkledning bør avsluttes med skråkapp på 15°, 100-150 mm fra takbord.

Utlufting i taket skjer på tvers av sløyfelektene for denne løsningen.

Utlekking på vegg er tilpasset innvendig nedløp og kan reduseres om nedløp skal føres på tradisjonelt vis ned på utside av bordkledning.



Figur 26: Detalj tak tilstøtende vegg

4.2.7 Tak langsgående vegg

For tak langsgående vegg er det utarbeidet to forskjellige løsninger, hvor forskjellen er utformingen på skottrenna.

Den første modellen består av en dyp skottrenne som vil samle opp vann fra bordkledning og slagregn og fører dette direkte ned i takrenne under. Skottrenne føres opp på vindsperre og festes mekanisk før overgang tapes. Her monteres det også kubbinger i vegg for innfesting og støtte til skottrenna.

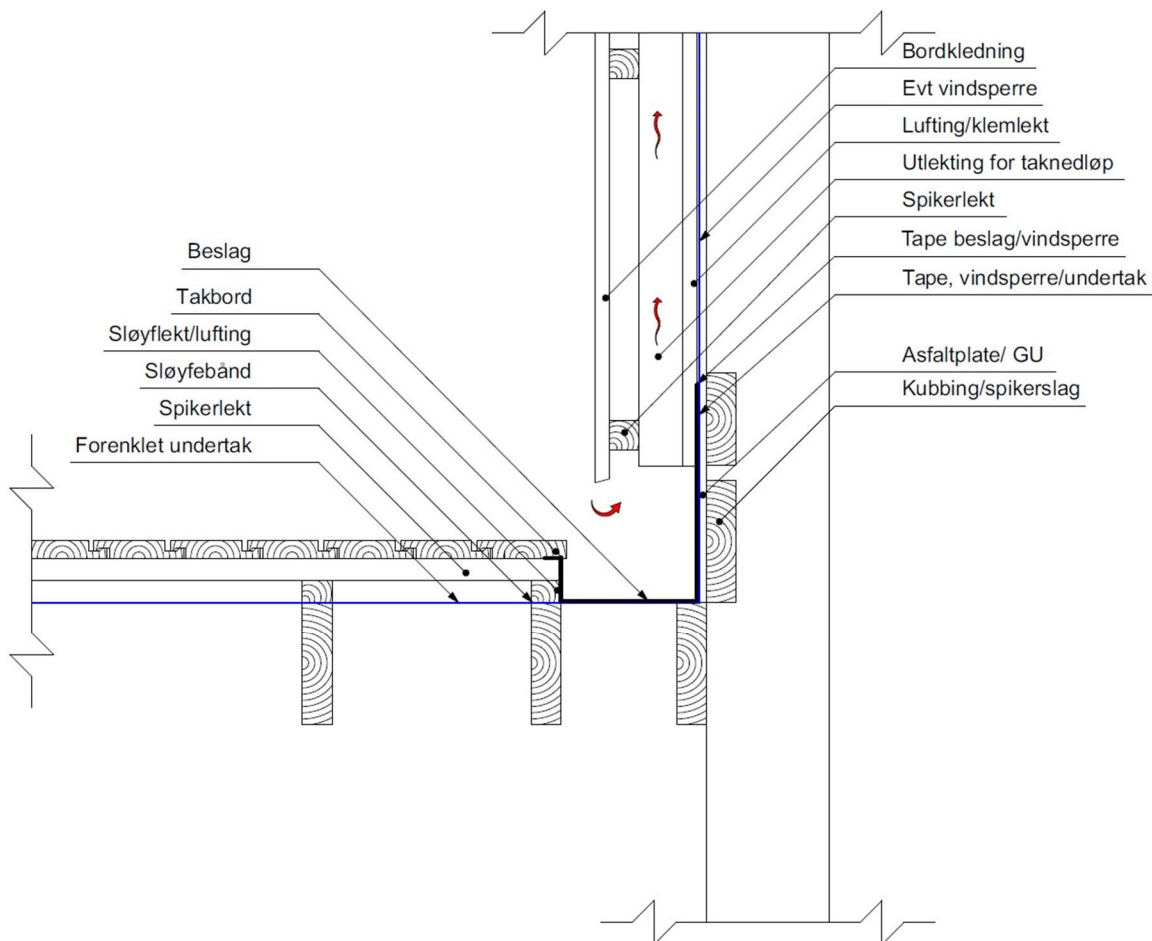
På motsatt side vil beslag festes på spikerlekter, hvorpå takbord monteres direkte over. Avstand fra overkant takbord opp til mekanisk punktering av skottrenne bør være minimum 200mm. Bordkledning bør avsluttes med skråkapp på 15°, 100-150 mm fra takbord.

Undertak brettes opp på vegg tilsvarende for 4.2.6 Tak langsgående vegg. Det er ikke behov for lufting mellom skottrenne og undertak.

Bredde i bunn av skottrenne bør være minimum 100 mm, men bør tilpasses dimensjon på sløyfer slik at bordkledning henger godt på innsiden av skottrenna.

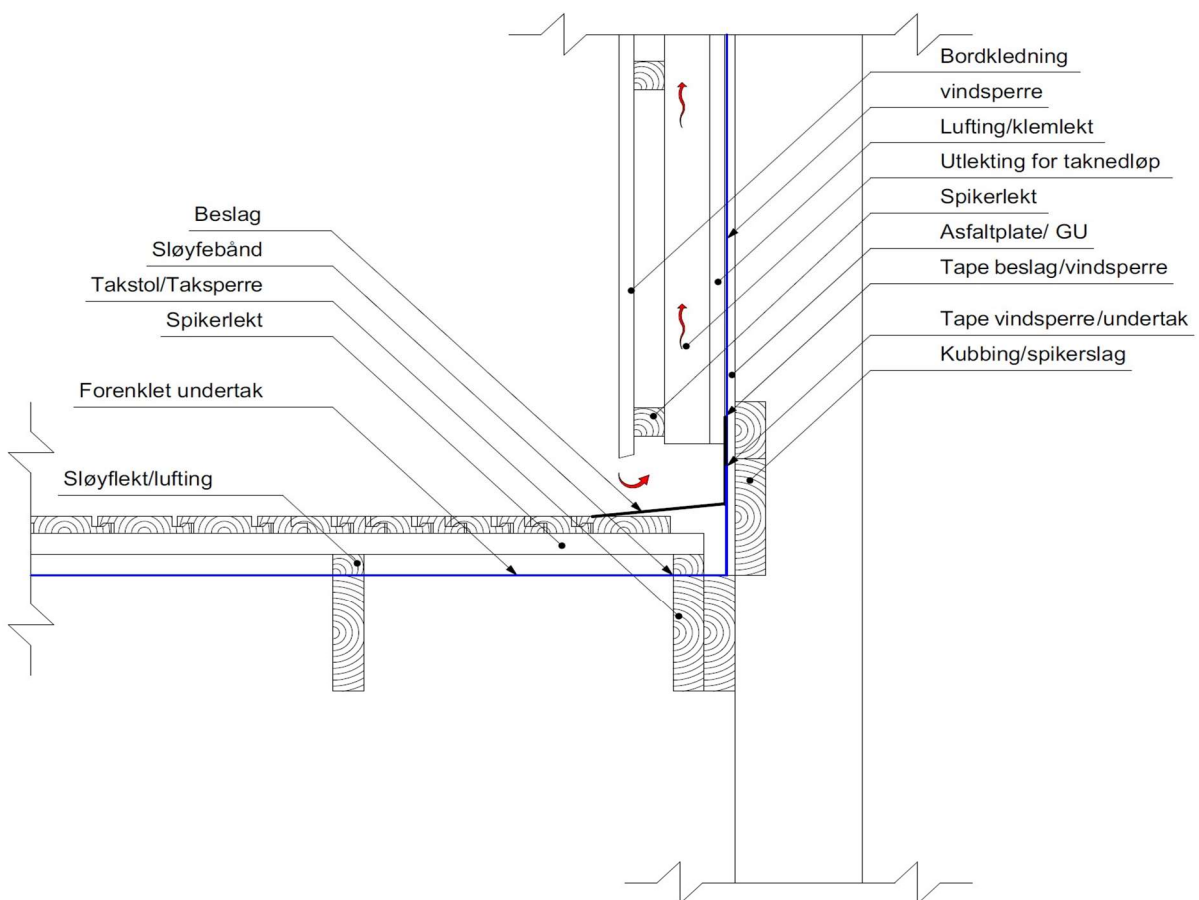
Man bør ta høyde for dette ved montering av sperrer, slik at man får plassert sperre nummer to riktig.

Denne løsningen er spesielt foretrukket for områder med fuktig klima i kystnære strøk.



Figur 27: Detalj tak langsgående vegg 1

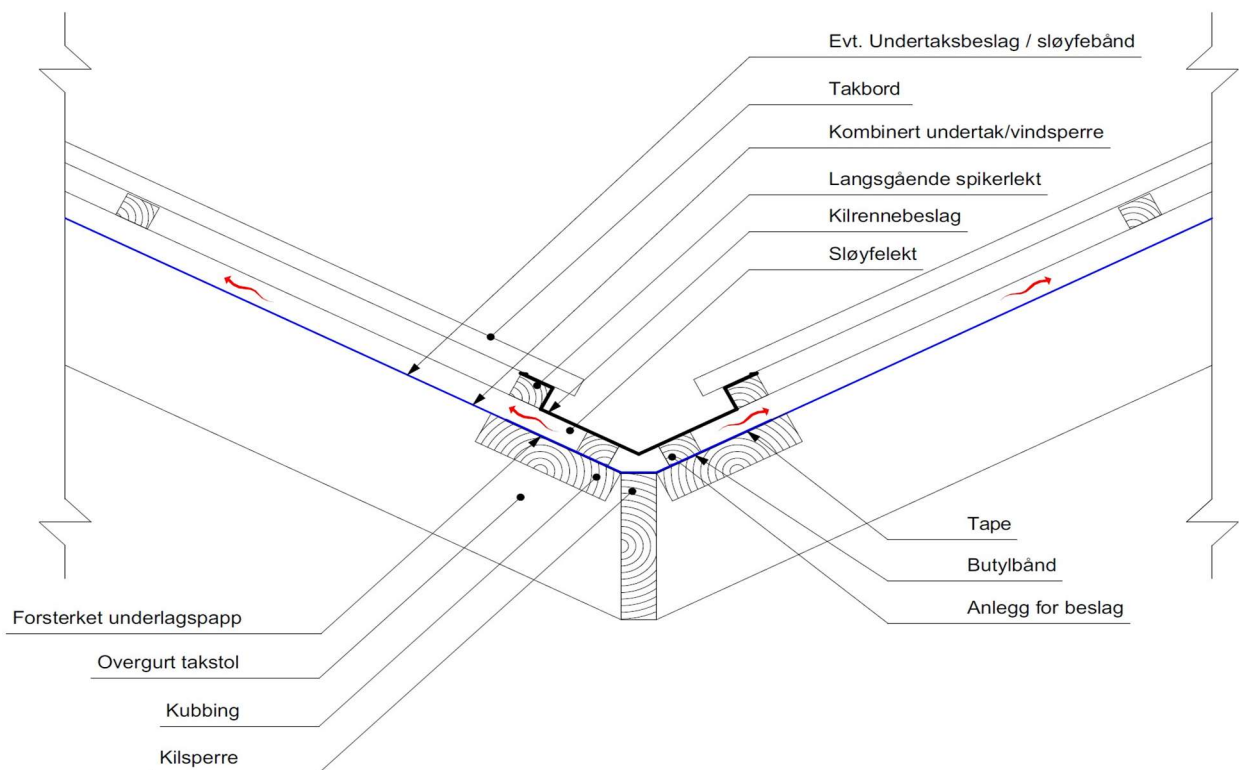
Løsning nummer to har kun et beslag som fører kondensvann og slagregnsvann ut på takbord. Undertak føres også her opp på vindsperra med tape i overgang. Beslag festes mekanisk og overgang tapes. Det er valgt å bruke dobbelt taksperre innerst ved veggen, da dette gir bedre plass til sløyfelekten som går langs taket. Det er også her plassert en kubbing langs veggen hvor undertaket overlappes av vindsperran. Eventuelle små mengder vann som kommer inn mellom beslag og takbord vil havne på undertak og føres ut i takrenne. Bordkledning bør avsluttes med skråkapp på 15°, 100-150 mm fra takbord. Det vil med denne løsningen bli noe mer våt-tid for takbord i umiddelbar nærhet av beslag, og løsningen anbefales dermed for steder med tørrere klima og i innlandet.



Figur 28: Detalj tak tilstøtende vegg 2

4.2.8 Kilrenne

Løsning på kilrenne er gjort på følgende måte; Kubbinger monteres langs kilsperre, gjerne i dimensjon 48x198mm. I bunn av kilrenne monteres en forsterket undertakspapp/duk man vil overlape med undertaksduk som kommer inn fra sidene. For å oppnå tilstrekkelig tetthet og bestandighet anbefales det å bruke primer før man taper overgang mellom undertak og forsterket duk. Sløyfelekt avsluttes ca 50 mm fra bunn i kilrenne, samt at man monterer langsgående lekter på ca 300 mm mellom hver sløyfelekt. På denne måten opprettholdes det kontinuerlige luftesjiktet. Hovedoppgaven for de langsgående lektene er å skape understøtte for kilrennebeslag. For å unngå inntrenging av vann bør disse monteres på butylbånd og festes med skruer for å oppnå best mulig klemvirkning. Første spikerlekt monteres langs kilrenne med tilpasset plassering etter størrelse på kilrenne, i dette tilfellet med en avstand 150 mm fra bunn av renne. Takbord legges direkte på øvre fals av kilrenne, og avsluttes med 90° kapp, gjerne 20-40 mm forbi lekt.



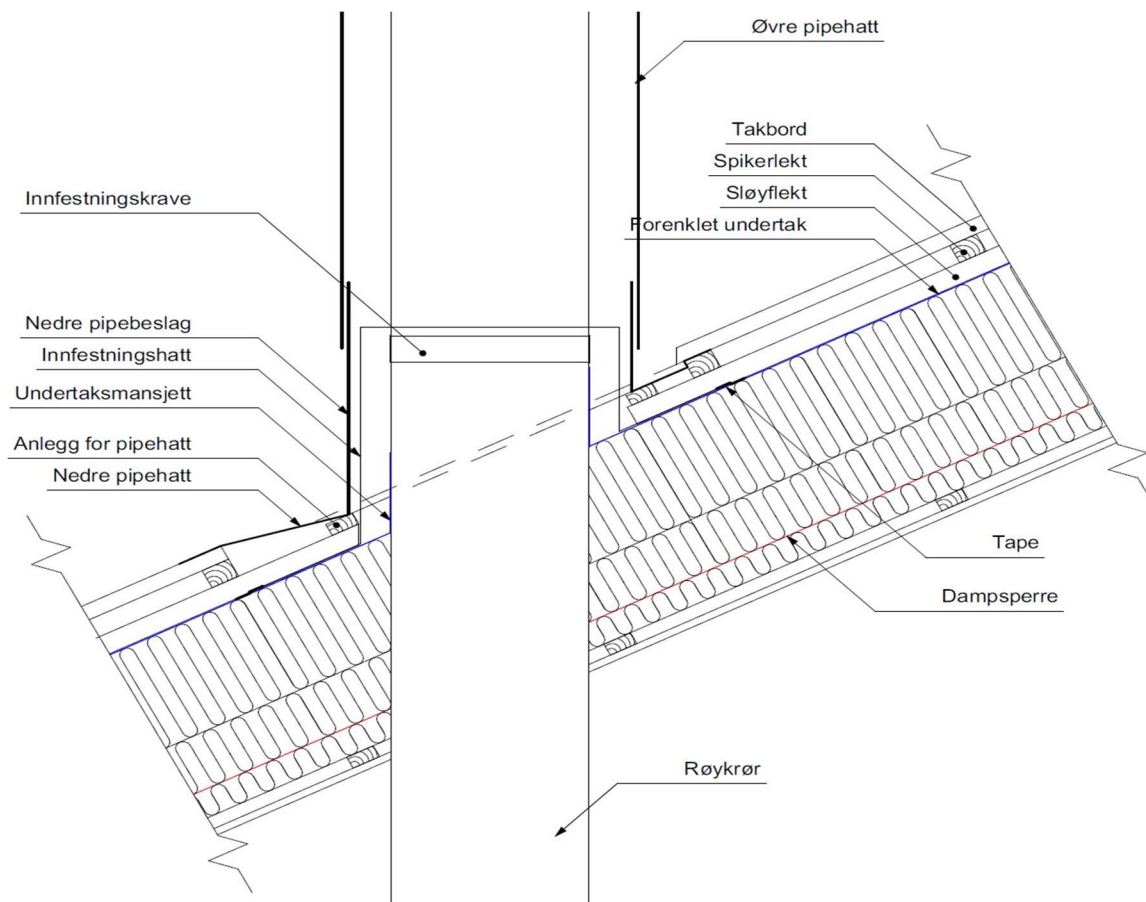
Figur 29: Detalj kilrenne

4.2.9 Pipegjennomføring

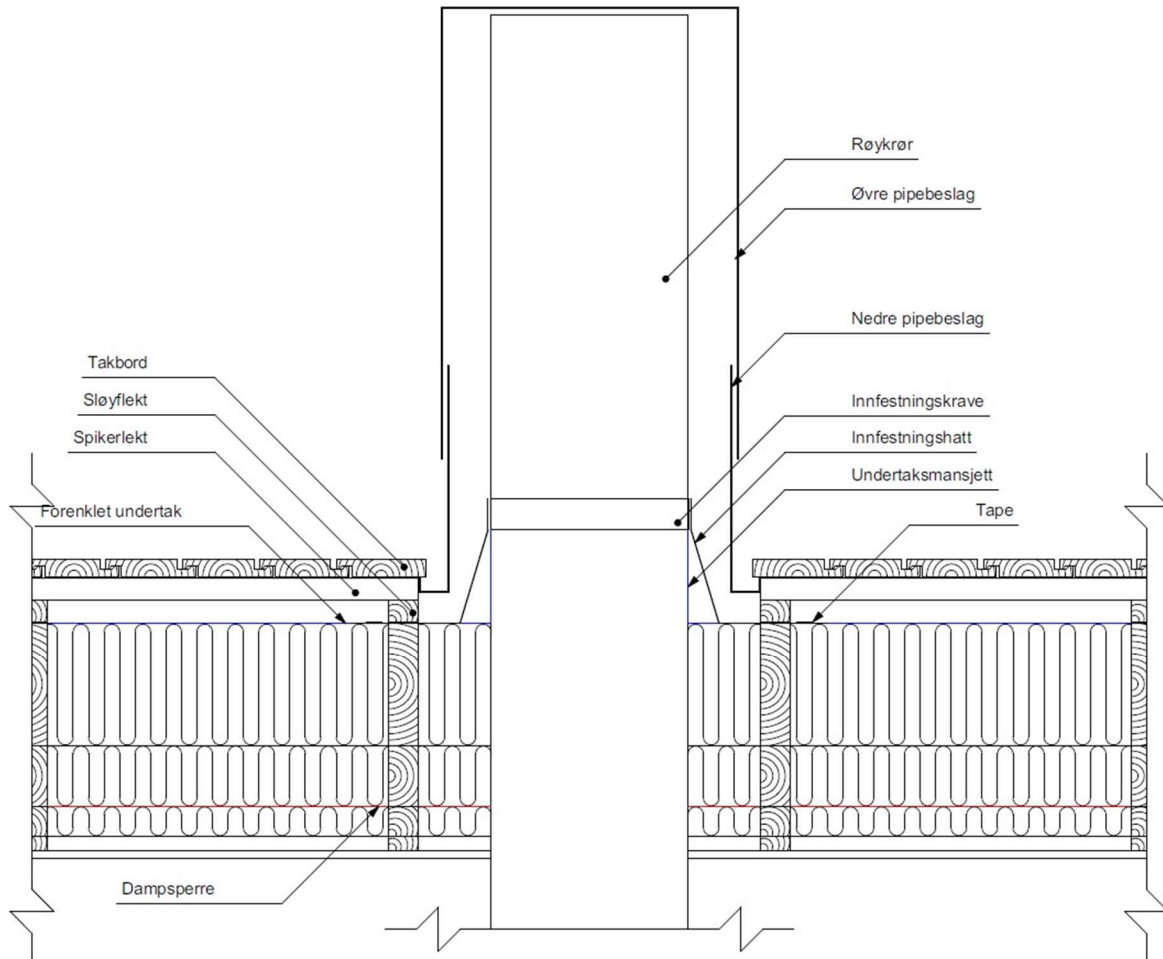
For pipegjennomføringer er det tatt utgangspunkt i eksisterende detaljer hentet fra flere produsenter. Det er likevel foretatt noen endringer for å tilpasse type undertak og tekkingsmateriale. Undertaksduk punkteres av røykrør, her monteres en tettemansjett med klebestoff direkte ned på undertaket. For ekstra heft kan undertak primes i det aktuelle området. Innfestingshatt med innfestingskrave monteres så direkte på undertak å tapes i topp og ned langs begge sider. Eventuelle vannmengder som trenger inn her skal kunne dreneres ut i nedkant av beslag. Innfestingshatt spenner over to sperrer, slik at sløyfekt sages ut å plasseres tilbake etter montering. Innfestingshattens hovedoppgave er å forankre pipen, men vil også fungere som en ekstra barriere mot vannintrenging.

I overkant og underkant av pipe monteres lekter med dimensjon 23x48 mm, disse fungerer som anlegg til nedre pipebeslag.

Pipebeslaget er utformet i to deler, hvor den nedre delen ligger direkte på spikerlektene fra topp og fram til nedside av pipe. Her bøyes beslaget skrått opp, slik at vann vil komme ut på riktig side av takbord. Det må påberegnes tilpassing av takbord i dette området for å sikre god tetthet. Det øvre pipebeslaget føres ned over røykrør og festes i nedre pipebeslag. Med denne metoden er det også mulig å montere røykrør på eksisterende tak uten nevneverdige problemer.



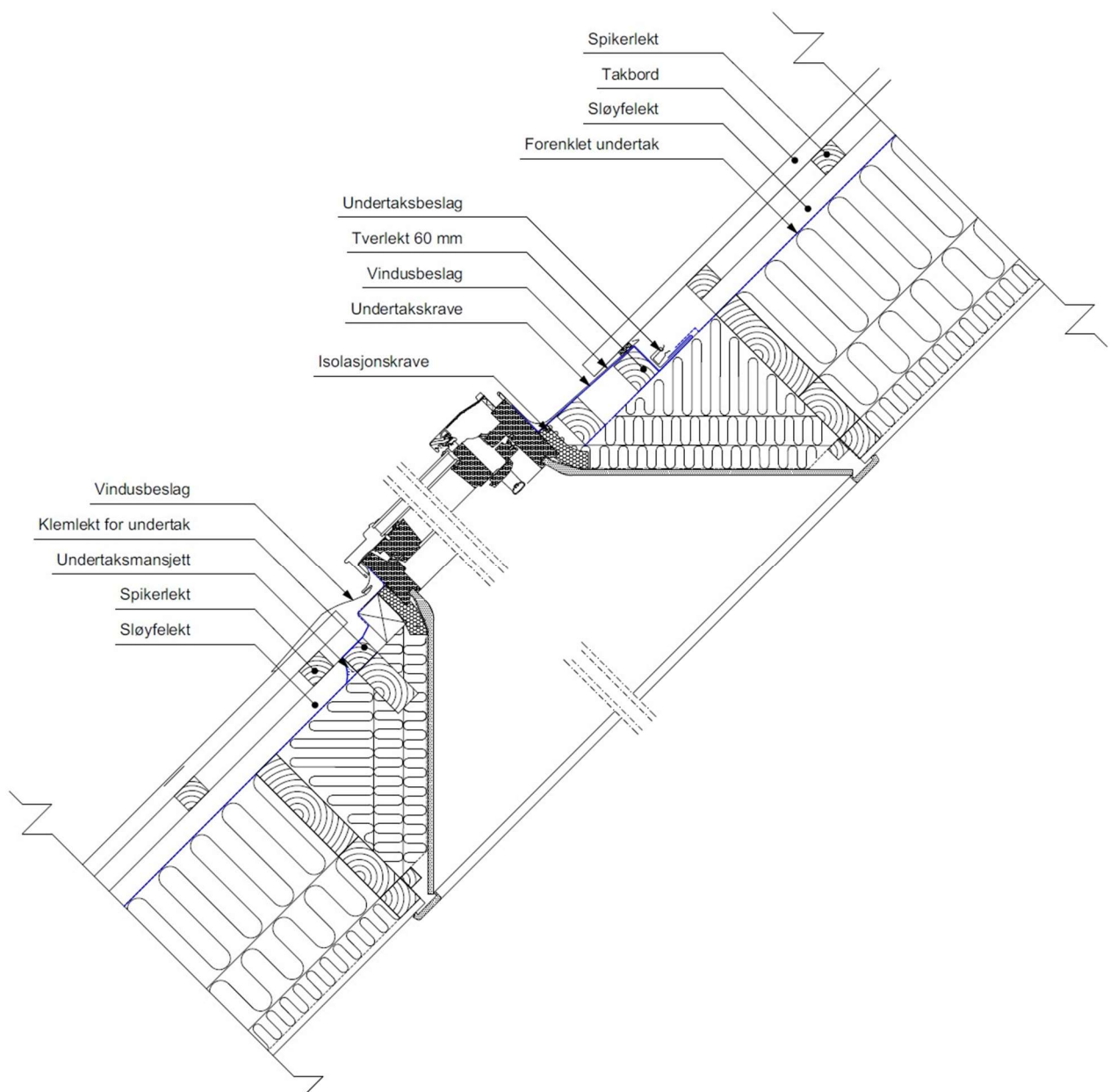
Figur 30: Detalj pipegjennomføring 1



Figur 31: Detalj pipegjennomføring 2

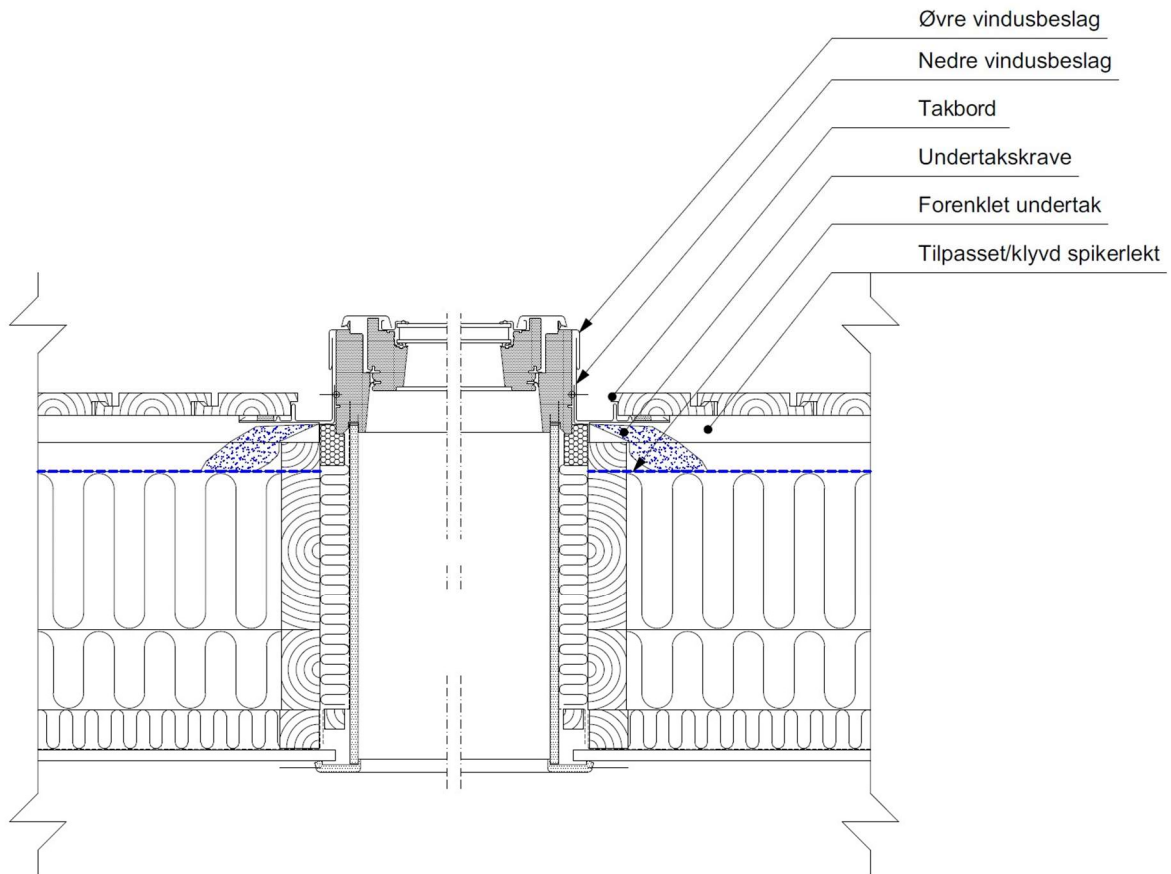
4.2.10 Takvindu

Montering av takvinduer utføres i henhold til monteringsanvisning fra leverandør. Det er tatt utgangspunkt i detalj for over og underliggende bord (BORDTAK) hentet fra leverandør. Det er likevel foretatt justeringer i lektedimensjoner for å møte krav om forenklet undertak. På overside av vindu monteres to tvergående lekter med dimensjonene 48x68 og 48x60. På denne måten kan eksisterende beslag og tetteprodukter brukes. Vann fra undertak samles i undertaksbeslag på overside av vindu og føres ut til sidefelt. Sammen med takvinduene følger det også med tetningsprodukter i form av skumlister og beslag for å gjennomføre tetningen rundt vinduene.



Figur 32: Detalj takvindu 1

Tilpassinger foretatt for spikerlekter er vist i detalj under. For spikerlekter tilstøtende vindu bør disse spesialtilpasses med en nedkløyvet kant. Med 36x48 mm spikerlekter fjernes 9 mm av lekta, slik at gjenstående lekt blir 27x48 mm.



Figur 33: Detalj takvindu 2

4.4 Sammenligning av tak

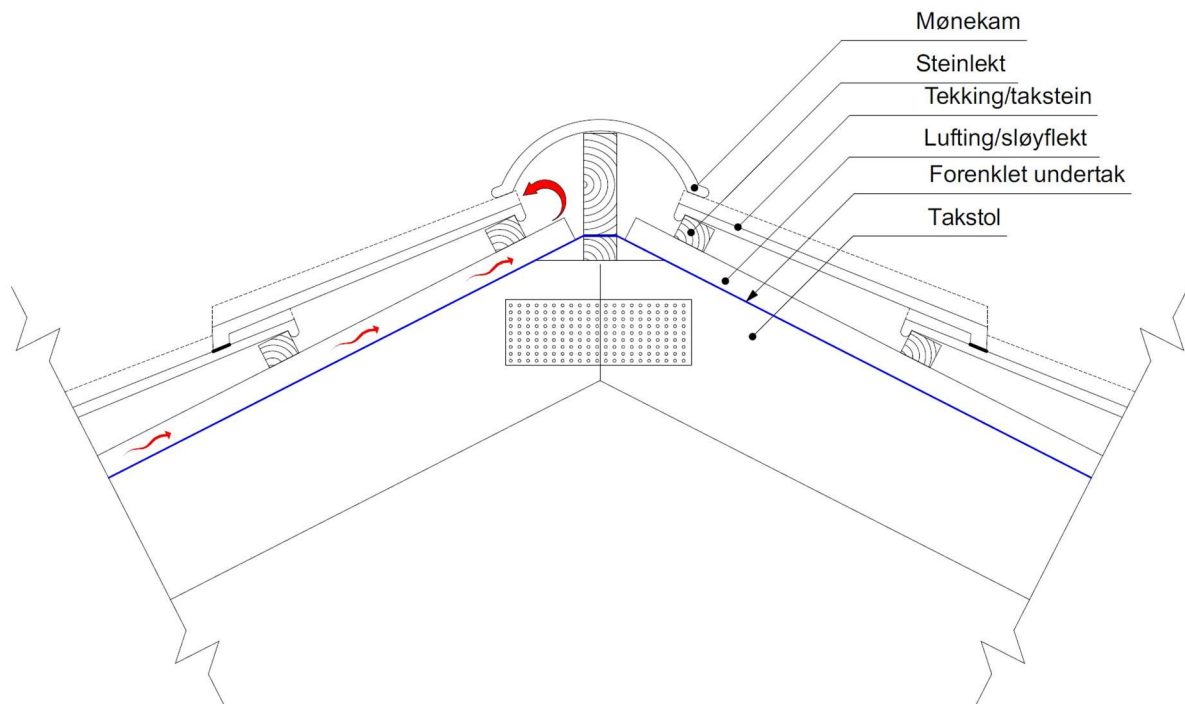
4.4.1 Vurdering av pris

I dette kapitlet skal det gjøres en vurdering av pris, og en sammenligning av de forskjellige aktuelle takene. I denne vurderingen vil det bli tatt utgangspunkt i eneboligmodellen fra Norgeshus sin huskatalog som heter «Dråpen original», det tas også utgangspunkt i Norgeshus sine kalkyler for priser og arbeidstimer. Dråpen original har et enkelt saltak på 94 m². Prissammenligningen inkluderer arbeidstimer og materialkostnader. For at prisvurderingen ikke skal bli for komplisert er det valgt her å kun fokusere på oppbyggingen av et standardisert tak, og ikke forskjellige løsninger for takrenne, raftkasse eller vindskier.

Tre løsninger som blir vurdert i pris er løsninger som blir brukt i dag, mens den siste løsningen vil være et forslag til løsning med kombinasjon av tretak og forenklet undertak.

Betongtakstein med forenklet undertak

Det første taket som skal prisesimeres består av forenklet undertak i rullform og betongtakstein.



Figur 34: Oppbygging til betongtakstein

Tabell 3: Priskalkyle betongtakstein

| Betongtakstein | | | | | | |
|------------------------------------|-------------|------------|-------|--------------|------------|--------------|
| Material | Mengde (m2) | Enhetspris | Sum | Antall timer | Enhetspris | Sum |
| Skråstag | 94 | 37 | 3478 | 1,3 | 430 | 559 |
| Undertak Pro Xtra | 94 | 110 | 10340 | 9,2 | 430 | 3956 |
| Sløyfleker 36*48 | 94 | 58 | 5452 | 6,6 | 430 | 2838 |
| Steinleker 36*48 | 94 | 69 | 6486 | 7,9 | 430 | 3397 |
| Betongtakstein, Zanda arktis svart | 94 | 266 | 25004 | 28 | 430 | 12040 |
| Sum materialkost | | | | | | 50760 |
| Sum Timer | | | | | | 53 |
| Sum timeskost | | | | | | 22790 |
| Sum totalt | | | | | | 73550 |

Takpanner med forenklet undertak

Det neste taket som skal prisestimeres består av forenklet undertak i rullform og tekking med takpanner.

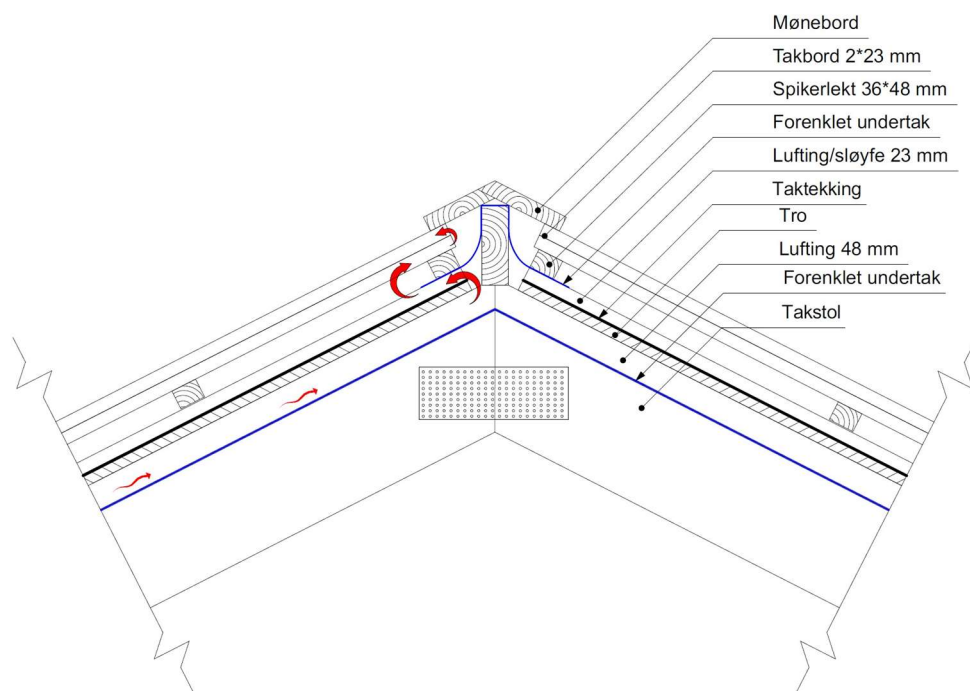
Prinsipp for oppbygging er identisk for takpanner og betongtakstein.

Tabell 4: Priskalkyle stålplater

| Ståltakplater | | | | | | |
|--------------------|-------------|------------|-------|--------------|------------|--------------|
| Material | Mengde (m2) | Enhetspris | Sum | Antall timer | Enhetspris | Sum |
| skråstag | 94 | 37 | 3478 | 1,3 | 430 | 559 |
| Undertak pro xtra | 94 | 110 | 10340 | 9,2 | 430 | 3956 |
| Sløyflekter 36*48 | 94 | 58 | 5452 | 6,6 | 430 | 2838 |
| Spikerlekter 36*48 | 94 | 79 | 7426 | 7,9 | 430 | 3397 |
| Takplater av stål | 94 | 399 | 37506 | 26,3 | 430 | 11309 |
| Sum materialkost | | | | | | 64202 |
| Sum Timer | | | | | | 51,3 |
| Sum timeskost | | | | | | 22059 |
| Sum totalt | | | | | | 86261 |

Taktekning av bord med bærende undertak

Taktekking av trebord med bærende undertak, dette er eksisterende preakseptert løsning for taktekning med bord . Oppbygging illustrert i figur.



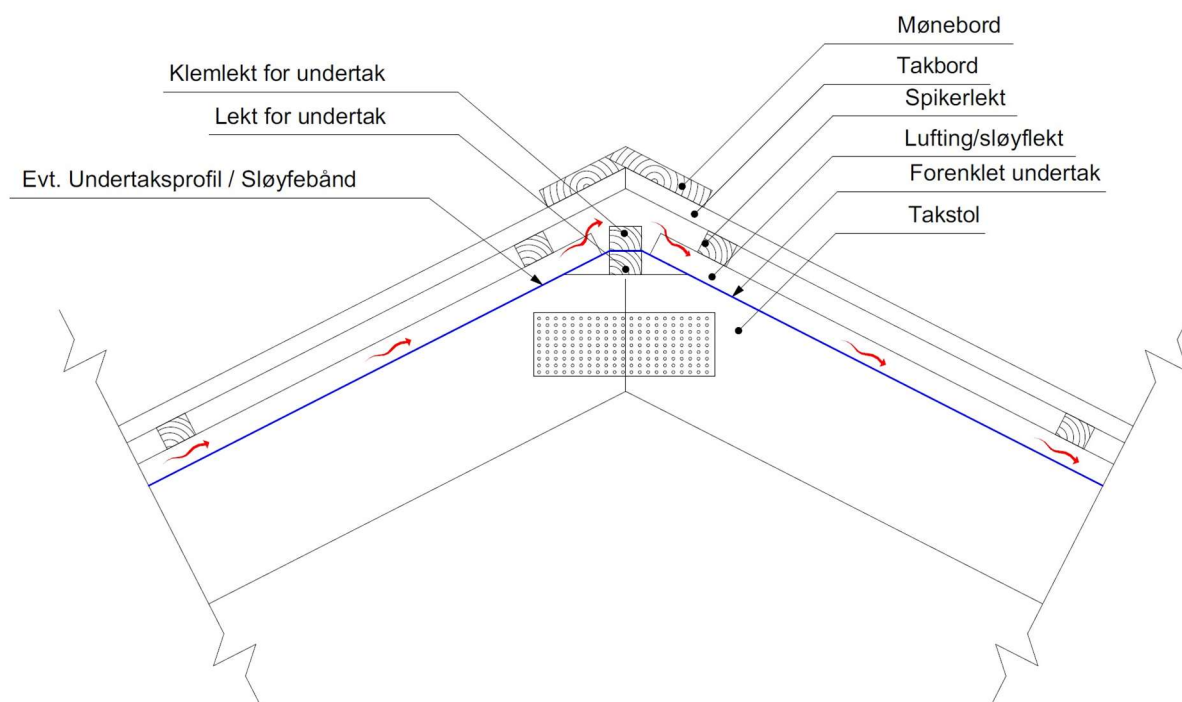
Figur 35: Dagens oppbygging til takbord

Tabell 5: Priskalkyle trebord idag

| Dagens metode for trebord | | | | | | |
|---------------------------|-------------|------------|--------|--------------|------------|---------------|
| Material | Mengde (m2) | Enhetspris | Sum | Antall timer | Enhetspris | Sum |
| Undertak pro xtra | 94 | 110 | 10340 | 9,2 | 430 | 3956 |
| Lekter 48*48 | 94 | 77 | 7238 | 7,9 | 430 | 3397 |
| Tro plate, OSB | 94 | 243 | 22842 | 10,5 | 430 | 4515 |
| Undertaksbelegg isokraft | 94 | 157 | 14758 | 9,2 | 430 | 3956 |
| Sløyflekt 36*48 imp | 94 | 65 | 6110 | 6,6 | 430 | 2838 |
| Spikerlekter 36*48 imp | 94 | 110 | 10340 | 13,2 | 430 | 5676 |
| Takbord møre royal | 94 | 1075 | 101050 | 59,2 | 430 | 25456 |
| Sum materialkost | | | | | | 172678 |
| Sum Timer | | | | | | 115,8 |
| Sum timeskost | | | | | | 49794 |
| Sum totalt | | | | | | 222472 |

Taktekning av bord med forenklet undertak og «ny» bordprofil

Kombinasjonen med takteking av trebord og forenklet undertak representerer forslag til ny preakseptert løsning. For at denne metoden skal være aktuell må det også tas med tiltak for å forhindre vann i å trekke inn i spikerhull. For dette er det lagt frem tre forslag i oppgaven, hvor forslaget om å monter bytylbånd mellom sløyfelekt og undertak er regnet inn i prisvurderingenn. Prispost for de «nye» takbordene er kun estimat, og det er her valgt å bruke samme m2-pris for ny og gammel profil.



Figur 36: Ny metode for oppbygging til trebord

Tabell 6: Priskalkyle for ny oppbygging for takbord

| Kombinasjon av forenklet undertak og trebord | | | | | | |
|--|-------------|------------|--------|--------------|------------|---------------|
| Material | Mengde (m2) | Enhetspris | Sum | Antall timer | Enhetspris | Sum |
| Skråstag | 94 | 37 | 3478 | 1,3 | 430 | 559 |
| Undertak pro xtra | 94 | 110 | 10340 | 9,2 | 430 | 3956 |
| sløyfebånd | 94 | 95 | 8930 | 3 | 430 | 1290 |
| Sløyflekt 36*48 imp | 94 | 65 | 6110 | 6,6 | 430 | 2838 |
| Spikerlekter 36*48 imp | 94 | 110 | 10340 | 13,2 | 430 | 5676 |
| Takbord møre royal | 94 | 1075 | 101050 | 59,2 | 430 | 25456 |
| Sum materialkost | | | | | | 140248 |
| Sum Timer | | | | | | 92,5 |
| Sum timeskost | | | | | | 39775 |
| Sum totalt | | | | | | 180023 |

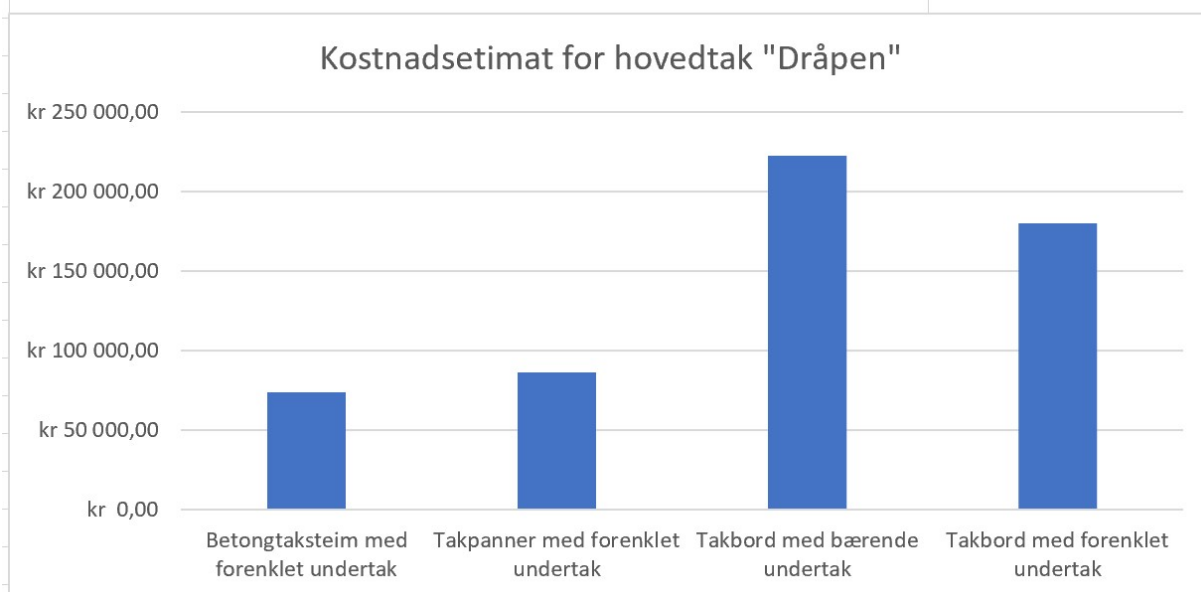
Sammendrag

Ut i fra gjennomført kostnadsestimat kan man lese at betongtakstein og takpanner kommer ut vesentlig lavere enn henholdsvis tretak med og uten forenklet undertak. Hovedtyngden for spriket er materialkostnader.

Det er derimot verdt å legge merke til forskjellen mellom tretakene, hvor det første (med bærende undertak) har en totalsum lik 222 472 kr sammenlignet med forenklet undertak som har en totalsum på 180 023 kr. Dette tilsvarer en kostnadsreduksjon på 19 %.

Tabell 7: Sammenligning av pris

| Taktype | Totalsum (NOK) |
|---------------------------------------|----------------|
| Betongtakstein med forenklet undertak | kr 73 550,00 |
| Takpanner med forenklet undertak | kr 86 261,00 |
| Takbord med bærende undertak | kr 222 472,00 |
| Takbord med forenklet undertak | kr 180 023,00 |



4.4.2 Vurdering av klimagassavtrykk

Som en del av KLIMA2050 og FOU-prosjektet «Klimatilpasning av boliger» som Norgeshus har gående sammen med Sintef, NTNU og en rekke leverandører vil reduksjon av klimagasser være en sentral faktor for klima- og miljøtilpasningen. I forbindelse med denne oppgaven vil det være naturlig å sammenligne klimagassutslipp for forskjellige taktekningsmaterialer. For å kunne gjennomføre denne sammenligningen har vi benyttet EPD-er (Environmental product declaration) på utvalgte materialer. De aktuelle EPD-ene som er benyttet i denne sammenligningen er henholdsvis NEPD-1934-857-NO, Kobberimpregnert (Cu) trelast av furu i klasse AB, NEPD-1808-766-NO Royalimpregnert trelast og NEPD-2709-1409-NO, Skarpnes Betongtakstein Behandlet 1kg.

Det må også påpekes at sammendrag fra EPD-sammenligning gjort nedunder ikke vil inneholde alle data oppgitt i det opprinnelige EPD-dokument. Dette kan finnes på EPD-norge.no på de oppgitte deklarasjonsnummer og i vedlegg.

Forutsetninger (Hentet fra EPD Norge):

- EPD-ene benyttet i denne sammenligningen er begge henvist til NS EN 15804, dette gir sammenligningsgrunnlag. Sammenligning må likevel ses i en bygningskontekst.
- EPD-ene er registrert av EPD-operator og har et deklarasjonsnummer.
- EPD-ene har gyldighetsdato fram i tid.
- For enkelte trebaserte byggevarer, kan biogent karbon være inkludert i livsløpsvurderingen av klimagassutslipp (GWP). Hvis slike trebaserte produkter skal sammenlignes med andre tilsvarende produkter og vurderingen ikke inkluderer modul C (eller D), må det påses at biogent karboninnhold ikke er inkludert i vurderingen: (For NEPD-1934-857-NO og NEPD-1808-766-NO bindes 797 kg CO₂ pr m³ i fase A1-A3. Den samme mengde CO₂ frigis ved fase C3.) Dette presiseres ytterligere ved utregning.
- Post A4 (Transport fra produksjonssted til byggeplass) benyttet i de tre EPD-ene er omregnet til lik km-avstand.
- Omregning fra kg og m³ til m² skjer i tråd med framgangsmåte vist i «BRUKSANVISNING for hvordan tolke EPD'er», kapittel 6.

Rekkefølge på presentering av LCA-resultater:

1. Systemgrenser. Hvilke moduler i LCA er inkludert eller utelatt. Tabellen viser både NEPD-1934-857-NO, Kobberimpregnert (Cu) trelast av furu i klasse AB, NEPD-1808-766-NO Royalimpregnert trelast og NEPD-2709-1409-NO, Skarpnes Betongtakstein Behandlet 1kg.
2. Oppsummering av LCA-resultater *etter* omregning og sammenslåing.
3. Stolpediagram for CO₂-ekvivalenter for samtlige deklarererte enheter.
4. Stolpediagram oppsamling alle faktorer foruten GWP og ADPE
5. Stolpediagram for ADPE: Abiotisk uttømmingspotensial for fossile ressurser.
6. Detaljert LCA-resultater *etter* omregning og sammenslåing
7. Detaljert LCA-resultater *før* omregning. Verdier direkte hentet fra originale EPD-er.
8. Omregningsfaktorer LCA
9. Omregningsfaktorer transport (modul A4)
10. Forutsetninger ved omregninger

Tabell 8: Systemgrenser for LCA-Resultater

| Systemgrenser (X = modul inkludert, MID = Modul ikke inkludert, MIR = Modul ikke relevant, *= Se forklaring under) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-----------|-------------|-----------------------------------|----------------------------|-----------|-------------|------------|--------------|------------|-----------------------|-----------------------|-------------|-----------|-------------------|----------------------------|---|--|
| Produktfase | | | Konstruksjon og installasjonsfase | | Bruksfase | | | | | | | Slutfase | | | | Etter endt levetid | |
| Råmaterialer | Transport | Tilvirkning | Transport | Konstruksjon innstallasjon | Bruk | Vedlikehold | Reparasjon | Utskiftinger | Renovering | Operasjonell vannbruk | Operasjonell vannbruk | Demontering | Transport | Avfallsbehandling | Avfall til sluttbehandling | Gjenbruk-gjenvinning- resirkulering-potensiale | |
| A1 | A2 | A3 | A4 | A5 | B1 | B2 | B3 | B4 | B5 | B6 | B7 | C1 | C2 | C3 | C4 | D | |
| X | X | X | X | MID | ** | MID | MID | MID | MID | MID | MID | MID | MID | * | MID | MID | |

* For NEPD-1934-857-NO og NEPD-1808-766-NO bindes hhv. 797 og 815 kg CO₂ pr m³ i fase A1-A3. Den samme mengde CO₂ frigis ved fase C3. Modul C3 er derfor inkludert for Cu-imp og Royal-imp men utelatt for betongtakstein.

** Teknisk tilleggsinformasjon for NEPD-2709-1409-NO Skarpnes Betongtakstein Behandlet 1kg:

Karbonopptak i betongtakstein er ikke tatt med i EPD pr. dags dato. Rapport fra Sintef og Østfoldforskning tyder imidlertid på at klimagassutslippet (kg CO₂-ekv/m²) reduseres med 47% dersom CO₂ opptak fra karbonatisering inkluderes, uavhengig av om en antar 30, 60 eller 100 års levetid.

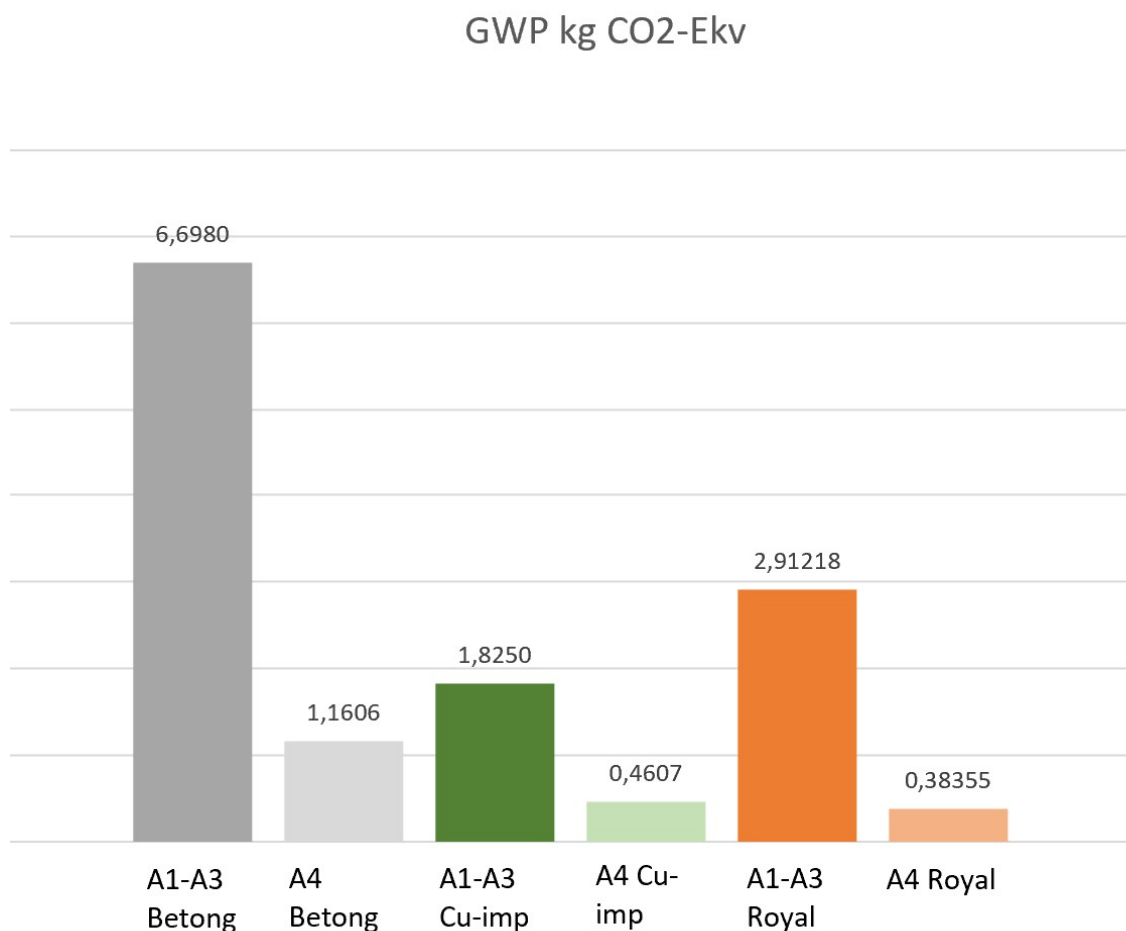
(kilde:Karbonopptak i Betong I LCA og EPD', Rapport nr. OR.01.14, Østfoldforskning, Rapport 'CO₂ binding by Concrete', Rapport nr. SBF2014A0019, SINTEF)

Tabell 9: Sammendrag av LCA-resultater, samt parameterforklaring

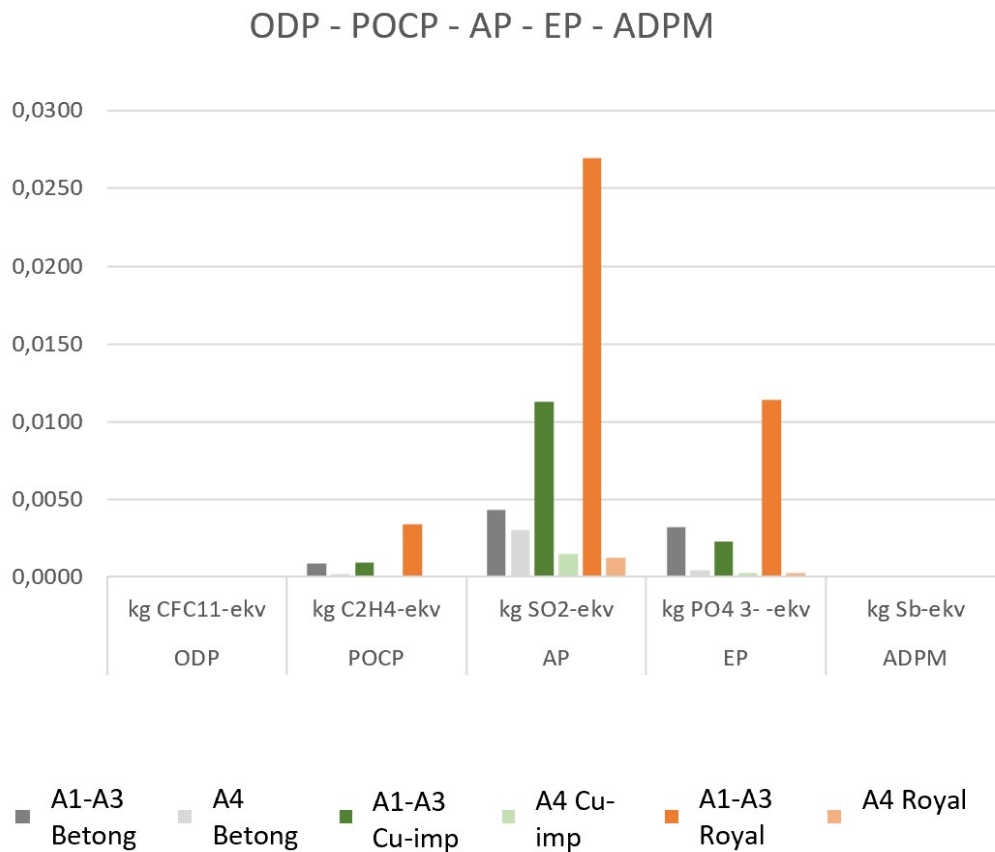
| LCA - Sammenligning med sammensatt modul A1-A3 + A4. Alle resultater er oppgitt pr m2, 300 km transport. | | | | | | | |
|--|----------------|--------------------------------|---------|--------------------------------------|--------|--|---------|
| Parameter | Unit | Betongtakstein Behandlet 1 m2. | | Cu-impregnert trelast av furu. 1 m2. | | Royal-impregnert trelast av furu 1 m2. | |
| | | A1-A3 | A4 | A1-A3 | A4 | A1-A3 | A4 |
| GWP | kg CO2-ekv | 6,6980 | 1,1606 | 1,8250 | 0,4607 | 2,91218 | 0,38355 |
| ODP | kg CFC11-ekv | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,00000 | 0,00000 |
| POCP | kg C2H4-ekv | 0,0008 | 0,0002 | 0,0009 | 0,0001 | 0,00339 | 0,00006 |
| AP | kg SO2-ekv | 0,0043 | 0,0030 | 0,0113 | 0,0015 | 0,02692 | 0,00124 |
| EP | kg PO4 3- -ekv | 0,0032 | 0,0004 | 0,0023 | 0,0002 | 0,01144 | 0,00021 |
| ADPM | kg Sb-ekv | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,00002 | 0,00000 |
| ADPE | MJ | 22,8384 | 19,0944 | 27,6980 | 7,5435 | 49,95998 | 6,37673 |

GWP Globalt oppvarmingspotensial; **ODP** Potensial for nedbryting av stratosfærisk ozon; **POCP** Potensial for fotokjemisk oksidantdannning; **AP** Forsurningspotensial for kilder på land og vann; **EP** Overgjødslingpotensial; **ADPM** Abiotisk uttømmingspotensial for ikke-fossile ressurser; **ADPE** Abiotisk uttømmingspotensial for fossile ressurser

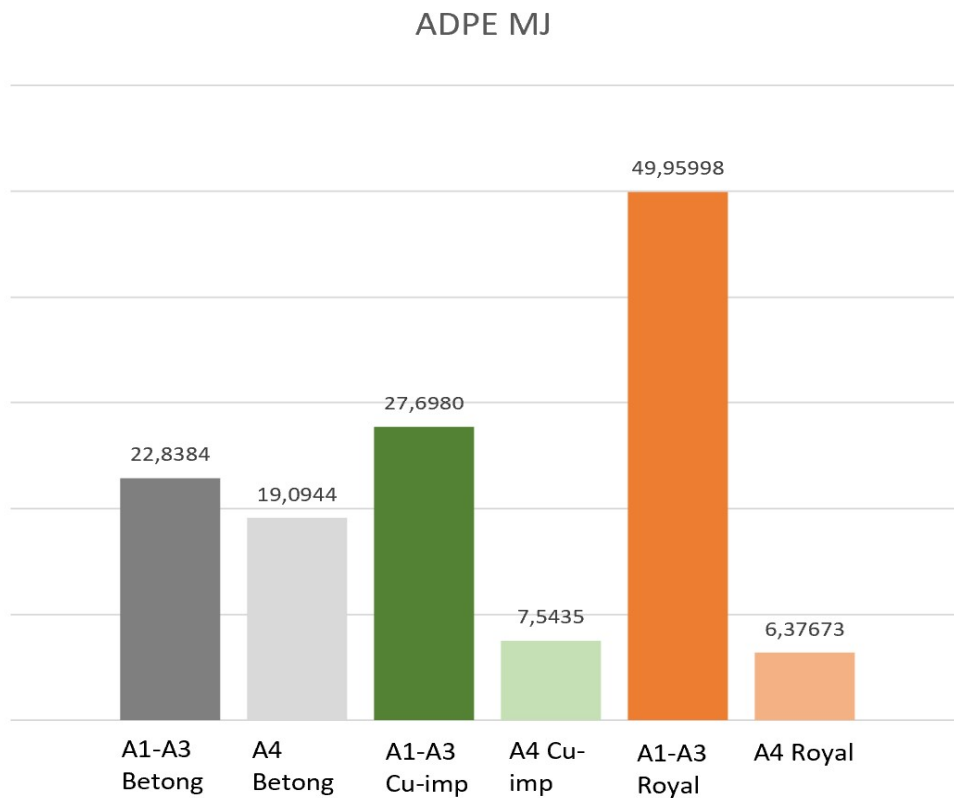
Tabell 10: Globalt oppvarmingspotensiale målt i kg CO2-Ekvivalenter per m2.



Tabell 11: Antall kg ODP, POCP, AP, EP, ADPM per m2.



Tabell 12: Abiotisk uttømmingspotensiale oppgitt i kg per m2.



Tabell 13: Omregnet LCA-resultat.

| Miljøpåvirkning med OMREGNET enhet og kvantum. (1m2 betongtakstein, 1m2 Cu-Impregnert virke, 1m3 Royalimpregnert virke.) | | | | | | | | | |
|---|----------------|---|---------|---------|---------|--|---------|-------------------------------------|---------|
| | | NEPD-2709-1409-NO Skarpnes Betongtakstein Behandlet 1 m2 | | | | NEPD-1934-857- NO 3/7 Cu-impregnert | | NEPD-1808-766-NO Royalimpregnert | |
| Parameter | Unit | A1 | A2 | A3 | A4 | A1-A3 | A4 | A1-A3 | A4 |
| GWP | kg CO2-ekv | 6,5E+00 | 1,3E-01 | 1,1E-01 | 1,2E+00 | 1,8E+00 | 4,6E-01 | 2,9E+00 | 3,8E-01 |
| ODP | kg CFC11-ekv | 1,1E-07 | 2,6E-08 | 1,4E-08 | 2,4E-07 | 2,4E-07 | 8,9E-08 | 4,3E-07 | 7,5E-08 |
| POCP | kg C2H4-ekv | 7,9E-04 | 2,0E-05 | 2,2E-05 | 1,8E-04 | 9,2E-04 | 7,4E-05 | 3,4E-03 | 6,1E-05 |
| AP | kg SO2-ekv | 3,4E-03 | 3,3E-04 | 5,4E-04 | 3,0E-03 | 1,1E-02 | 1,5E-03 | 2,7E-02 | 1,2E-03 |
| EP | kg PO4 3- -ekv | 3,0E-03 | 4,5E-05 | 1,2E-04 | 4,1E-04 | 2,3E-03 | 2,5E-04 | 1,1E-02 | 2,1E-04 |
| ADPM | kg Sb-ekv | 2,8E-06 | 3,0E-07 | 5,9E-07 | 2,8E-06 | 1,9E-05 | 1,1E-06 | 2,2E-05 | 8,2E-07 |
| ADPE | MJ | 2,0E+01 | 2,1E+00 | 1,2E+00 | 1,9E+01 | 2,8E+01 | 7,5E+00 | 5,0E+01 | 6,4E+00 |

Tabell 14: Inndata hentet direkte fra originale EPD'er.

| Miljøpåvirkning med OPPRINNELIG enhet og kvantum. (1kg betongtakstein, 1m3 Cu-Impregnert virke, 1m3 Royalimpregnert virke.) | | | | | | | | | |
|--|----------------|--|---------|---------|---------|--|---------|-------------------------------------|----------|
| | | NEPD-2709-1409-NO Skarpnes Betongtakstein Behandlet 1kg | | | | NEPD-1934-857- NO 3/7 Cu-impregnert | | NEPD-1808-766-NO Royalimpregnert | |
| Parameter | Unit | A1 | A2 | A3 | A4 | A1-A3 | A4 | A1-A3 | A4 |
| GWP | kg CO2-ekv | 1,4E-01 | 2,7E-03 | 2,4E-03 | 2,5E-02 | 7,1E+01 | 6,2E+00 | 1,13E+02 | 1,63E+01 |
| ODP | kg CFC11-ekv | 2,3E-09 | 5,6E-10 | 3,0E-10 | 5,1E-09 | 9,4E-06 | 1,2E-06 | 1,67E-05 | 3,19E-06 |
| POCP | kg C2H4-ekv | 1,7E-05 | 4,2E-07 | 4,8E-07 | 3,9E-06 | 3,5E-02 | 1,0E-03 | 1,31E-01 | 2,61E-03 |
| AP | kg SO2-ekv | 7,3E-05 | 7,0E-06 | 1,2E-05 | 6,4E-05 | 4,4E-01 | 2,0E-02 | 1,04E+00 | 5,27E-02 |
| EP | kg PO4 3- -ekv | 6,4E-05 | 9,6E-07 | 2,5E-06 | 8,8E-06 | 8,8E-02 | 3,4E-03 | 4,42E-01 | 8,85E-03 |
| ADPM | kg Sb-ekv | 6,0E-08 | 6,4E-09 | 1,3E-08 | 5,9E-08 | 7,3E-04 | 1,5E-05 | 8,39E-04 | 3,47E-05 |
| ADPE | MJ | 4,2E-01 | 4,4E-02 | 2,7E-02 | 4,1E-01 | 1,1E+03 | 1,0E+02 | 1,93E+03 | 2,71E+02 |

Tabell 15: Omregningsfaktorer LCA

| Omregningsfaktorer LCA | | | | | | |
|--|-------------------|--------|----------------|--------|------------------|------------|
| Produkt | Enhet deklarerert | Antall | Enhet omregnet | Antall | Omregningsfaktor | |
| NEPD-2709-1409-NO Skarpnes Betongtakstein Behandlet 1kg | kg | 1 | m2 | 1 | 46,8 | (kg pr m2) |
| NEPD-1934-857- NO 3/7 Kobberimpregnert (Cu) trelast av furu i klasse AB | m3 | 1 | m2 | 1 | 0,025886 | (m3 pr m2) |
| NEPD-1808-766-NO Royalimpregnert trelast | m3 | 1 | m2 | 1 | 0,025886 | (m3 pr m2) |

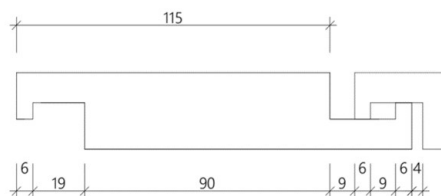
Tabell 16: Omregningsfaktorer for transport

| Omregningsfaktorer transport | | | | | | |
|--|-------------------|--------|----------------|--------|------------------|------------|
| Produkt | Enhet deklarerert | Antall | Enhet omregnet | Antall | Omregningsfaktor | |
| NEPD-2709-1409-NO Skarpnes Betongtakstein Behandlet 1kg | km | 300 | km | 300 | 1 | * modul A4 |
| NEPD-1934-857- NO 3/7 Kobberimpregnert (Cu) trelast av furu i klasse AB | km | 105 | km | 300 | 2,857 | * modul A4 |
| NEPD-1808-766-NO Royalimpregnert trelast | km | 330 | km | 300 | 0,909 | * modul A4 |

Omregning LCA

Ved omregningsfaktor på skarpnes betongtaksteing henvises det til tabellverdier gitt av produsent. Disse finnes i vedlegg.

Ved omregningsfaktor for kobberimpregnert trelast er følgende bordprofil lagt til grunnlag:
Byggebredde per bord = 123,5 mm



Omregning transport

Ved omregning for NEPD-1934-857- NO 3/7 er det oppgitt i EPD en transport med EURO5, >32 tonn i 75 km og EURO5, 16-32 tonn i 30 km. For NEPD-1808-766- NO Royalimpregnert trelast er det oppgitt 300km transport med EURO5 >32 tonn og 30 km transport med EURO5 16-32 tonn. Disse verdiene midles i dette tilfellet og multipliseres opp til samme antall km som for NEPD-2709-1409-NO, altså 300 km.

Dette er en forenkling av sammenligningen, og vil ikke være den mest korrekte måte å gjøre det på. Det sees likevel i sammenheng med de andre modulene (A1-A3), slik at resultatet vil være tilnærmet korrekt.

5 Diskusjon

I dette kapitlet vil det bli dratt fram fordeler og ulemper ved de forskjellige løsningene vist i rapporten. Dette inkluderer både prosjektgruppas vurderinger, samt det Norgeshus, Sintef og Moelven har trukket fram som fordeler og ulemper med forslagene.

5.1 Tretekking

I rapporten er det kommet frem til at tekking med trebord er et miljømessig bedre valg enn både metallplater og betongstein. Men taktekking med trebord har en del andre problemområder som man ikke får ved bruk av betongtakstein eller metallplater.

En av de store utfordringene ved bruk av et levende materiale, er at det har en kappilærkraft som gjør at det til tider vil ta til seg store mengder fuktighet. Fuktinnholdet til et trebord vil endre seg med omgivelsene rundt, og er avhengig av vær, temperatur og luftfuktighet. Hvis takbordene blir eksponert for mye fukt vil det over lengre tid kunne oppstå soppdannelser som ødelegger bordene, og de vil etter hvert råtne. For at ikke dette skal skje blir bordene impregnerert, enten med royalimpregnering eller en kobberimpregnering. Dette hindrer ikke bordene i å trekke til seg fuktighet, men det gjør at bordene tåler fuktigheten bedre og dermed ikke råtner. Mye fukt i takbordene vil ikke bare kunne føre til skade i form av sopp og råte, men vil om vinteren kunne føre til frostsprengning som vil kunne føre til at bordene sprekker og blir ødelagte.

Enda et problem som kommer av at trevirke er et levende materiale, er at det beveger seg ved endring av fuktinnhold. Et trebord vil endres både i lengde, bredde, og vil i bredden ha en endring på 1 % for hver 4 % av endring i fuktighet. Dette er viktig å ta hensyn til når en produserer og monterer takbordene, slik at man tilstreber stor nok plass for bordene å bevege seg på.

Vi vet at takbord trekker til seg fuktighet i overflate på langs av fibre, men har en betydelig større kappilærkraft i enden av bordet da dette er på tvers av fiberretningene. Fibrene i treverket fungerer som små sugerør som ligger langs med treverket. Det ble tatt opp i et møte med eksterne veiledere fra Norgeshus og Sintef om bruk av trebord som taktekking kanskje burde unngås på tak hvor det vil bli mange eksponerte sider med endeved. Med dette menes tak som har både kilrenner og takvindu eller andre detaljer som skaper mye endeved. Dette er noe Sintef eventuelt må ta videre, men om det skulle komme noen tiltak mot dette vil det høys sannsynlig komme som en anbefaling mot ikke å bruke tretak i tak hvor det blir flere kilrenner eller takvindu.

5.2 Bordprofiler

I rapporten er det presentert to forslag på utforming av nye takbord. Disse takbordene er utformet med tanke på at det skal være mulig at de beveger seg samtidig som at de forblir et godt vannskjold.

5.2.1 Utforming

Utformingen på bordene presentert i rapporten er utarbeidet med tanke på minst mulig kontaktflate mellom bordene for at uttørkingstiden skal være minimal. Det er også med tanke på uttørkingstiden at bordene er laget med en luftespalte i mellom seg.

Oppbyggingen av trebordene har blitt lagt fram og diskutert med Moelven. De var positive til utformingen men hadde noen små bekymringer for at bordene skulle sprekke i falsen ved frostsprenging. De var også litt skeptiske til om luftespaltene mellom bordene skulle fylles med smuss.

Disse problemene kan løses ved at bordene blir høvlet så «tappen» på overliggeren i falsen ikke kommer i kontakt med falsen på underliggeren. På denne måten blir luftespalten mellom bordene større så det blir mindre sjanse for at spalten fylles med smuss. Når det ikke blir kontakt mellom «tappen» på overliggeren og underliggeren vil det heller ikke være noen fare for at «tappen» rives av ved bevegelse i bordene.

Som beskrevet i kapitlet over vil et trebord utvide seg 1% av bredden ved hver 4% endring av fukt i treverket. Det vil si at det potensielt kan bli et problem i luftespalten på undersiden av trebordene da denne ikke er stor nok. Dette problemet løses enkelt ved å produsere trebordene med en bredere luftespalte.

5.2.2 Pris

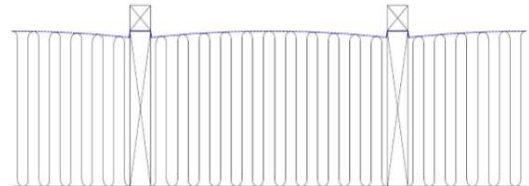
Da vi skulle regne ut og sammenligne priser for de forskjellige tekkingsmetodene, var det noe usikkerhet rundt pris for de nye bordprofilene, samt arbeidstimer ved montering av de nye kontra de gamle bordene. I møtet med Moelven ble det gjort et kort prisoverslag av hva de nye bordene kunne komme til å koste, der de sa at de nye bordene vil komme på en kvadratspris rundt det samme som de eksisterende bordene. Når det gjelder arbeidstimer ble det regnet med samme arbeidsmengde for de nye som de gamle bordene, selv om det kan tenkes at det vil bli noe enklere og dermed færre arbeidstimer ved montering av de nye bordene kontra de gamle.

5.3 Undertak

5.3.1 Funksjonalitet

I rapporten er det presentert tre mulige forbedringer når det kommer til oppbyggingen av undertaket. Disse forskjellige oppbyggingene har som hovedmål å hindre at sløyfelektene trekker vann inn og igjennom spiker-/skruehullene i undertaket.

Den første løsningen som skal sees på er beslaget som legges over undertaket på hver sperre. Disse beslagene presser undertaket litt ned slik at laveste punktet på undertaket blir lavere enn spiker-/skruehullene. På denne måten vil vannet og underkant av sløyfelekta ikke komme i kontakt.



Figur 37: Undertaksprofil

Problemene med denne løsningen vil være ved både takfoten og ved en eventuell kilrenne. Dette er forsøkt løst ved å avslutte beslaget 10-15 cm før avslutningen av sløyfelektene så undertaket kommer opp i normal posisjon. Om det blir mye bevegelse i undertaket kan det også gnages hull i undertaket av beslaget. For å forhindre dette er det foreslått at undertaksprodusenten forsterker undertaket på disse stedene. Et siste problem som oppstår ved bruk av slike beslag vil være i klebingen mellom hver undertaksremse ved bruk av rullprodukter.

Det neste forslaget som skal diskuteres er en todelt sløyfelekt, hvor man får hevet spiker-/skruehull til over undertaket. Da går undertaket litt opp over sperrene og vannet vil da også renne under spiker-/skruehull.



Figur 38: Undertaksløsning med klyvd sløyfelekt

Problemene med denne løsningen oppstår ved takfoten. Her vil undertaket fortsatt ha denne oppbretten forårsaket av lektløsningen, noe som gjør det problematisk å få en god avslutning på undertaket.

Det siste forslaget som er med i rapporten er å kun bruke et bytylbånd på undersiden av sløyfene. I følge produsentene og Sintef er dette et godt nok valg for å forhindre vanninntrengning gjennom sløyfene og ned i spiker-/skruehull.

5.3.2 Pris

På undertaksløsningen med en stålprofil vil prisen bli ganske høy på grunn av materialkostnadene samt produksjonen av profilene. Hvis undertaket i tillegg må forsterkes over sperrene kommer kostnadene for denne løsningen til å bli for høye.

Sammenlignet med dagens metode for oppbygging av tretekkte tak vil disse løsningene komme ut på cirka samme pris. Dette er på grunn av at dagens oppbygging er ressurskrevende og tar lengre tid enn de nye forslagene.

6 Konklusjon

Da bordprofilene som er fremlagt i rapporten ikke er blitt testet i laboratorium, vil det være vanskelig å si noe om disse vil fungere på ønsket måte. Derfor kan man ikke på nåværende tidspunkt slå fast om et samspill mellom tre-basert yttertak i kombinasjon med forenklet undertak slik det er fremlagt i rapporten, vil være tilfredsstillende med tanke på tetthet og levetid. Det er kommet frem til at bordprofilene kan ha noen forbedringspunkter, derfor må det ved en eventuell test prøves med flere bordprofiler hvor det gjøres små justeringer. Ut ifra samtaler med Moelven, vil det være aktuelt å bruke bordprofil 1 som utgangspunkt grunnet gode tekniske egenskaper og arkitektonisk ønsket uttrykk.

Når det kommer til hvordan undertaksproblemene løses har man i samarbeid med Norgeshus og Sintef kommet frem til at et sløyfebånd av butyl skal være tilstrekkelig tett. Dette er også den rimeligste av de løsningene som er diskutert i rapporten.

Ifølge klimagassregnskap gjennomført i rapporten, har trebord som takteking et lavere miljøpåvirkningspotensiale sammenlignet med betongtakstein. Ved bruk av kobber-impregnerte takbord sammenlignet med betongtakstein reduseres CO₂-EQ- utslippet med ca 71%, mens royalimpregnerte takbord reduserer CO₂-EQ utslippet med ca 58%. Dette gjeldende for forevist eksempel.

Kostnadsestimater gjort i rapporten viser at takteking med trebord fortsatt vil være vesentlig dyrere sammenlignet med resultat for betongtakstein eller takpanner. For det aktuelle taket vil reduksjon i kostnader ligge på om lag 19%, om man erstatter eksisterende løsning med foreslått løsning for takteking med trebord.

Prosjektgruppa konkluderer med at løsningene lagt fram i denne rapporten er noe som bør utforskes videre. For å kunne få eksakte resultater bør man tilstrebe en laborietesting med forevist bordprofil slik at en eventuell videreutvikling og optimalisering kan skje.

Kilder:

1. Bøhlerengen T. Sintef. [Online].; 2020 [cited 2021 04 30. Available from:
<https://www.sintef.no/community/fagblogg/poster/unnga-byggskader/>.
2. Byggforsk. Byggforskserien. [Online].; 2021 [cited 2021 04 30. Available from:
https://www.byggforsk.no/dokument/2564/fuktsikkerhet_viktige_kontrollpunkter_ved_prosjektering_og_utfoerelse.
3. Byggforsk. Byggforskserien. [Online].; 2010 [cited 2021 04 30. Available from:
https://www.byggforsk.no/dokument/629/byggskader_oversikt.
4. Byggforskblad. Sintef Byggforsk. [Online].; 2018 [cited 2021 4 12. Available from:
https://www.byggforsk.no/dokument/381/takformer_taktyper_og_oppbygning#i8.
5. Byggforsk. Byggforskserien. [Online].; 2007 [cited 2021 03 25. Available from:
https://www.byggforsk.no/dokument/382/isolerte_skraa_tretak_med_lufting_mellom_vindsperre_og_undertak.
6. Byggforsk. Byggforskserien. [Online].; 2018 [cited 2021 05 05. Available from:
https://www.byggforsk.no/dokument/386/skraa_tretak_med_oppholdsrom_paa_deler_av_loftet.
7. Byggforsk. Byggforskserien. [Online].; 2020 [cited 2021 04 05. Available from:
https://www.byggforsk.no/dokument/385/skraa_tretak_med_kaldt_loft#i6.
8. Gullbrekken L. Klima2050. [Online]. [cited 2021 04 15. Available from:
<http://www.klima2050.no/phd-lufting-tretak>.
9. Einstabland H, Gåsbak J, Meløysund v, lundesgaard J. Byggforsk. [Online]. [cited 2021 04 10.
Available from:
https://www.byggforsk.no/file/index/316?fbclid=IwAR2JYzypxasYrowgOAYUpLklRcD_-1OT7cQ2pOMgWDJvKdZEqd6O9ci0kQ0.
10. Gullbrekken L. Institutt for bygg- og miljøteknikk. [Online].; 2017 [cited 2021 04 12. Available from:
https://static1.squarespace.com/static/54ff1c6be4b0331c79072679/t/588ecb8e414fb55621e370a9/1485753230926/Nytt+fra+NTNU_Byggeindustrien+2017+01_s36.pdf.

- 1 Byggforsk. Byggforskserien. [Online].; 2008 [cited 2021 02 27. Available from:
1. https://www.byggforsk.no/dokument/410/525866_undertak.
- 1 Byggforsk. Byggforskserien. [Online].; 2018 [cited 2021 05 02. Available from:
2. https://www.byggforsk.no/dokument/501/taktekking_med_bord.
- 1 miljødirektoratet. Miljødirektoratet. [Online].; 2021 [cited 2021 03 20. Available from:
3. <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/tema/klima/klimaendringer-i-norge/>.
- 1 Miljødirektoratet. Miljødirektoratet. [Online].; 2020 [cited 2021 03 20. Available from:
4. <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/tema/klima/klimaendringer-i-norge/klimaendringer-i-norge-2100/>.
- 1 Miljødirektoratet. Miljødirektoratet. [Online].; 2020 [cited 2021 03 15. Available from:
5. <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/tema/klima/norske-utslipp-av-klimagasser/klimagassutslipp-fra-transport/>.
- 1 miljødirektorater. Miljødirektoratet. [Online].; 2020 [cited 2021 03 21. Available from:
6. <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/tema/klima/norske-utslipp-av-klimagasser/klimagassutslipp-fra-industri/>.
- 1 Regjeringen. Regjeringen. [Online].; 2020 [cited 2021 03 25. Available from:
7. <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/hva-kan-byggebransjen-gjore-for-a-reduasere-klimautslippene/id2692924/>.
- 1 Klima 2050. sintef. [Online].; 2015 [cited 2021 03 25. Available from:
8. https://www.sintef.no/contentassets/7ebe07d9d88f4194a8ed05a0f31eb51c/klima2050_faktaark_2015.pdf.
- 1 Norges Skogeierforbund. Norges Skogeierforbund. [Online].; 2018 [cited 2021 Mai 13. Available from:
9. <https://www.skog.no/wp-content/uploads/2016/05/Bruk-av-tre-i-bygg-et-klimavennlig-valg.pdf>.
- 2 Byggforsk. Byggforskserien. [Online].; 2018 [cited 2021 03 12. Available from:
0. https://www.byggforsk.no/dokument/501/taktekking_med_bord?gclid=Cj0KCCQjws-OEBhCkARIsAPhOkIYSGcKwhbaPzXbJMoWAZb3gl73BqKcltJCoxeJVFUm286vrhAjnvDAaAo6kEALw_wcB.

- 2 Time B, Pedersen TE, Bakken N. Sintef byggforsk. [Online].; 2008 [cited 2021 04 26. Available
1. from: <https://sintef.brage.unit.no/sintef-xmlui/bitstream/handle/11250/2411714/Prosjektrapport23.pdf?sequence=1>.
- 2 Gullbrekken L. Byggindustrien. [Online].; 2017 [cited 2021 03 30. Available from:
2. https://static1.squarespace.com/static/54ff1c6be4b0331c79072679/t/588ecb8e414fb55621e370a9/1485753230926/Nytt+fra+NTNU+Byggeindustrien+2017+01_s36.pdf.
- 2 Uvsløkk S. Sintef. [Online]. Oslo; 2005 [cited 2021 04 10. Available from:
3. <https://sintef.brage.unit.no/sintef-xmlui/bitstream/handle/11250/2418905/Prosjektrapport396.pdf?sequence=1>.
- 2 Miljødirektoratet. [Online].; 2020 [cited 2021 03 21. Available from:
4. <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/tema/klima/klimaendringer-i-norge/klimaendringer-i-norge-2100/>.
- 2 Pham K, Grønberg KE. Norges miljø- og biovitenskapelige universitet. [Online].; 2019 [cited 2021
5. 03 26. Available from: <https://nmbu.brage.unit.no/nmbu-xmlui/bitstream/handle/11250/2620477/Pham%2cGr%c3%b8nberg%282019%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- 2 Sivertsen E, Time B, Kvande T. NTNU Open. [Online].; 2016 [cited 2021 03 26. Available from:
6. <https://sintef.brage.unit.no/sintef-xmlui/bitstream/handle/11250/2583765/Sivertsen-Time-og-Kvande.pdf?sequence=1>.
- 2 Sivertsen E, Time B. Sintef. [Online].; 2016 [cited 2021 03 26. Available from:
7. <https://sintef.brage.unit.no/sintef-xmlui/bitstream/handle/11250/2609374/3-Sivertsen%2Bog%2BTime%2B2016%2BOvervannsh%C3%A5ndtering%2BByggeindustrien%2Bnr%2B6%2Bs%2B35.pdf?sequence=1>.
- 2 Byggforsk. Byggforskserien. [Online].; 2012 [cited 2021 04 10. Available from:
8. https://www.byggforsk.no/dokument/383/isolerte_skraa_tretak_med_kombinert_undertak_og_vindsperre.
- 2 Pedersen TE, Bakken N, Time B. Sintef. [Online].; 2008 [cited 2021 05 05. Available from:
9. <https://sintef.brage.unit.no/sintef-xmlui/bitstream/handle/11250/2411714/Prosjektrapport23.pdf?sequence=1>.

Vedleggsliste

Vedlegg 1 - Plakat

Vedlegg 2 - Artikkel

Vedlegg 3 - Detaljtegninger

Vedlegg 4 - Forsøksrapport

Vedlegg 5 - LCA-Resultater

Vedlegg 6 - Prisberegninger

ROBUSTE LØSNINGER FOR TAKTEKKING MED TREBORD

SOLID SOLUTIONS FOR ROOFING WITH WOODEN BOARDS

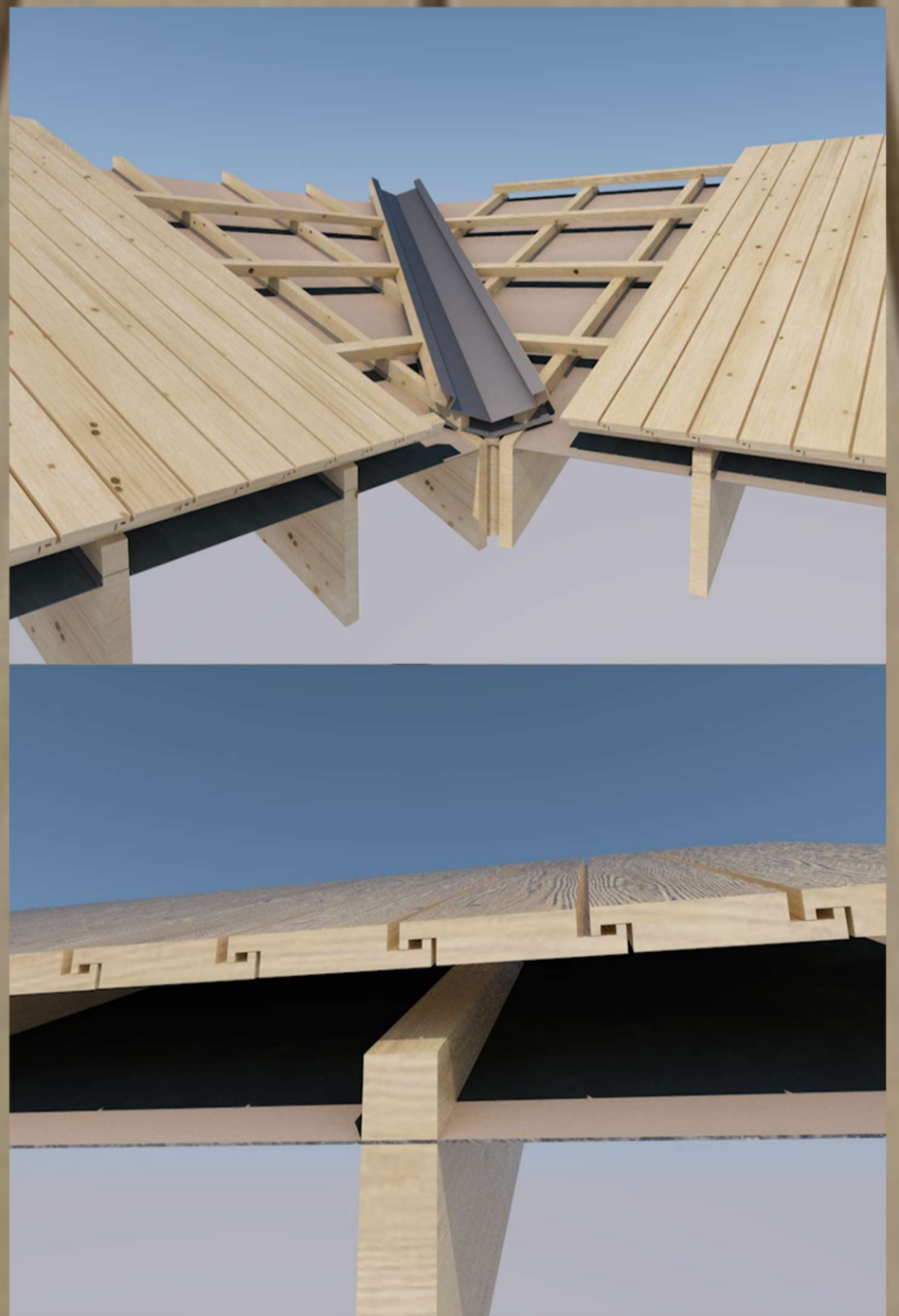
Prosjektnummer 2021-32

Bacheloroppgave skrevet av:

Forslag til hvordan å effektivisere og modernisere bruk av trebord som takteking. Utarbeidet på bakgrunn av estetikk, pris og byggetekniske krav.

Harald Hansen
Petter Lervik
Ole Petter Volden

- ❖ Nye bordprofiler
- ❖ Forslag til løsninger som gjør det mulig å kombinere forenklet undertak med takteking av trebord.
- ❖ Forslag til detaljer for mer moderne løsninger ved blant annet raft og gavl uten takutstikk.
- ❖ Tids- og kostnadsbesparende ved mindre materialbruk og enklere metoder.
- ❖ Lavere klimagassavtrykk



Forslag til robuste løsninger for takteking med trebord

I en bacheloroppgave fra NTNU ble det sett på mulighetene for å forbedre og effektivisere metodene for bruk av trebord som takteking. Dagens løsning krever flere sjikt i underkonstruksjonen enn andre tekkemetoder, som fører til høyere materialforbruk og kostnad. På bakgrunn av dette er det lagt frem forslag i rapporten til hvordan man kan kombinere teking av trebord med et forenklet undertak. Klarer man dette vil man redusere kostnader og klimagassutslipp.

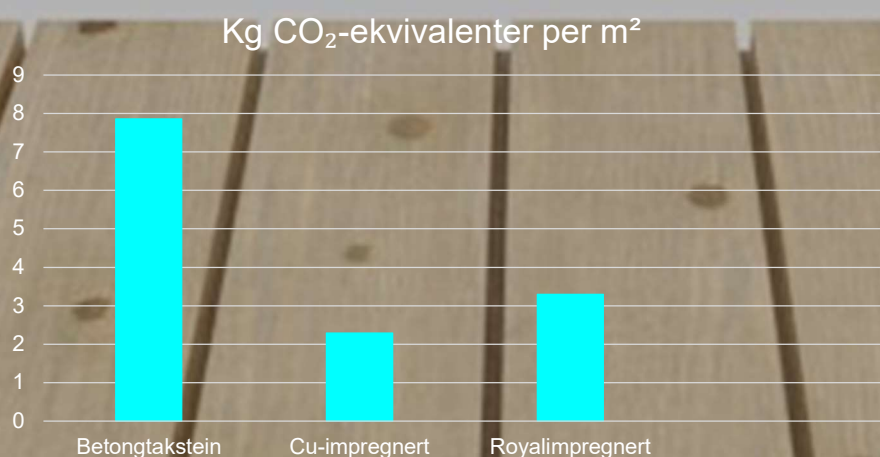
Harald Hansen, Petter Lervik og Ole Petter Volden
20.05.2021

Takteking av trebord er en gammel metode med lange tradisjoner i Norge. I senere tid har det blitt mer vanlig med bruk av industrielle materialer som stål og betong. Metoder ved bruk av disse materialene er effektive og vedlikeholdsfrie, men etterlater betydelig større miljøavtrykk da disse er industrielt fremstilt ved bruk av høy varme som krever en større mengde energi.

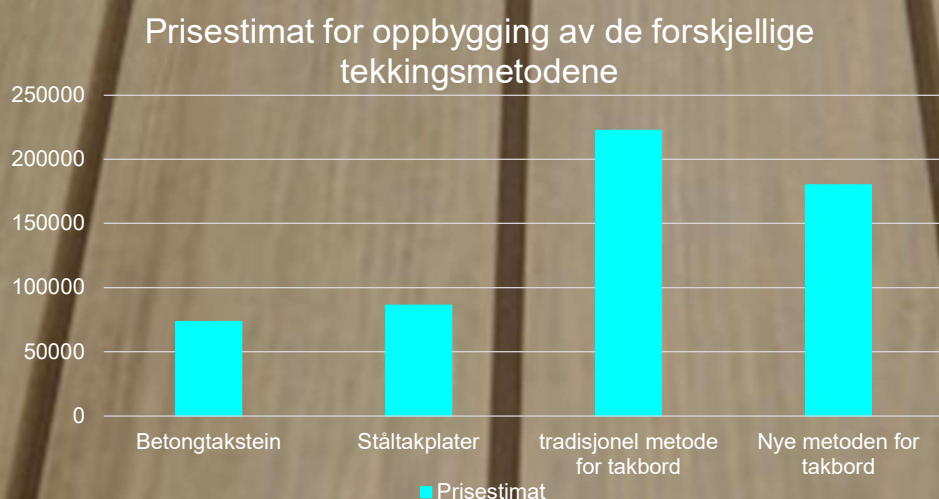
I eksisterende metode for takbord som teking er det oftest brukt over- og underliggende bord, og etterspørselen fra arkitekter på en mer minimalistisk profil er et faktum. Da disse bordene heller ikke regnes til og være tilfredsstillende tett på grunn av bevegelser i materialet, er det flere områder disse kan forbedres. I rapporten er det lagt frem forslag til nye bordprofiler, disse med hensikt å være tettere enn eksisterende løsninger. Det blir også lagt fram løsninger for å tilpasse et forenklet undertak i kombinasjon med trebord.

Samtidig som løsningene skal være byggeteknisk robuste og kostnadsbesparende, er fokuset på et arkitektonisk og moderne uttrykk viktig. Det er derfor lagt fram detaljtegninger for blant annet gavl-vegg og raft uten takutstikk.

Det er gjort beregninger for å sammenligne klimagassutslippene til de forskjellige tekkingsmetodene, i disse beregningene er det tatt med tekkingsmaterialet for betongtakstein, Cu- og royalimpregnerte takbord. Det vises i disse beregningene at selv om bordene også behandles, krever produksjonen av betongtakstein så store mengder energi, at man har et klimagassutslipp 2.4 ganger mer enn ved royalimpregnerte bord og hele 3.4 ganger mer ved Cu-impregnert takbord.



I rapporten er det også gjort en sammenligning av pris for både takteking av betongtakstein, ståltakplater, tradisjonell metode og den nye fremlagte metoden for tekking med trebord. Sammenligningen har tatt utgangspunkt i Norgeshus' husmodell «Dråpen». Denne husmodellen har et enkelt saltak på 94 m², der det kun er fokusert på oppbyggingen for taket i prisberegningen for å få en best mulig sammenligning. Beregningene viser en prisreduksjon på 19% fra tradisjonell takteking av bord til ny metode med dobbelfalsede bord og forenklet undertak.



OVERSIKT OVER FØLGENDE DETALJER:

| | |
|--------------|----------------------------|
| 4.1.1a..... | BORDPROFILER |
| 4.1.2..... | UNDERTAKSPROFIL |
| 4.2.1..... | MØNE |
| 4.2.2..... | STANDARD RAFT |
| 4.2.3..... | MODERNE RAFT |
| 4.2.4..... | STANDARD GAVL |
| 4.2.5..... | MODERNE GAVL |
| 4.2.6..... | TAK TILSTØTENDE VEGG |
| 4.2.7A..... | TAK LANGSGÅENDE VEGG |
| 4.2.7B..... | TAK LANGSGÅENDE VEGG |
| 4.2.8..... | KILRENNE |
| 4.2.9A..... | PIPEGJENNOMFØRING SIDE |
| 4.2.9B..... | PIPEGJENNOMFØRING NEDENFRA |
| 4.2.10A..... | TAKVINDU FRA SIDE |
| 4.2.10B..... | TAKVINDU OVENFRA |

*Alle detaljer er kommentert ytterligere i hovedrapport

Det er tatt utgangspunkt i Norgeshus sin husmodell "Dråpen" for dimensjonering av sløyfelekter i denne anvisningen.

Dimensjon for takbord er kun ment som forslag til løsning på oppgaven, hvor det her er benyttet 28x145mm royalimpregnerte bord. Dimensjon for sløyfer er beregnet ut fra tabell 32 i Byggforskblad 525.102 Isolerte skrå tretak med kombinert undertak og vindsperre.

Taklengde (raft til møne) = 3,36 meter
Takvinkel = 27 grader

Vedlagt ligger utklipp av tabell:

Tabell 32

Anbefalt sløyfehøyde (mm) avhengig av takvinkel og taklengde

Sløyfehøydene er avrundet oppover til nærmeste dimensjon en kan få ved å kombinere sløyfehøydene 23, 30 og 36 mm.

| Takvinkel | Taklengde (m) ¹⁾ | | |
|-----------|-----------------------------|---------|-----------------------|
| | 7,5 | 10 | 15 |
| 18–30° | 36 | 36 + 36 | 48 + 48 ²⁾ |
| 31–40° | 30 | 36 | 36 + 23 |
| ≥ 41° | 23 | 36 | 36 + 23 |

¹⁾ Målt langs skråtaket, fra raft til møne

²⁾ For store taklengder og lave takvinkler er det mest praktisk å bruke 48 mm sløyfer. Sløyfene må da skruses for å oppnå god klemming

Tegning:

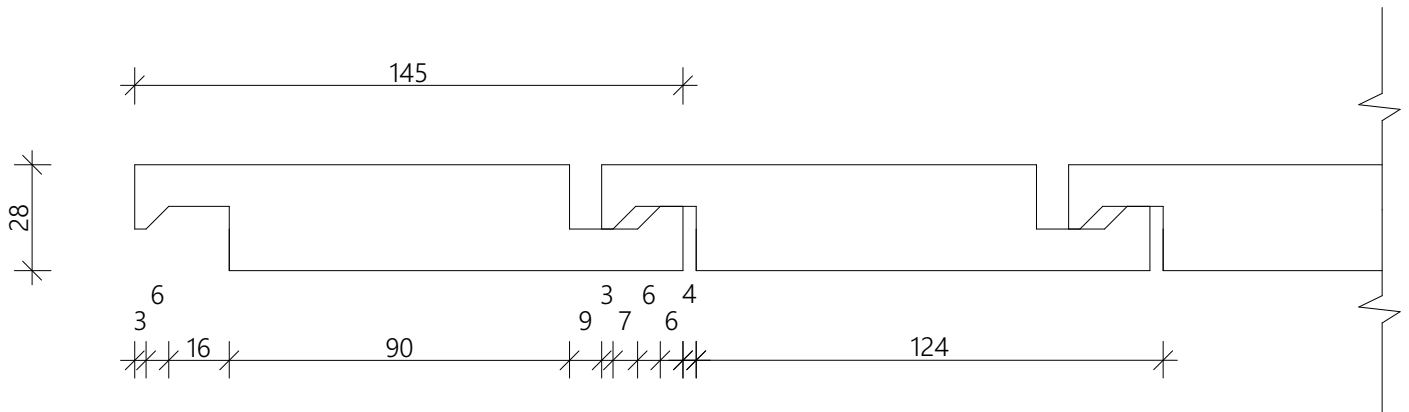
INNHALDSOVERSIKT
Prosjektnavn
Bachelor

Tegningsnr.

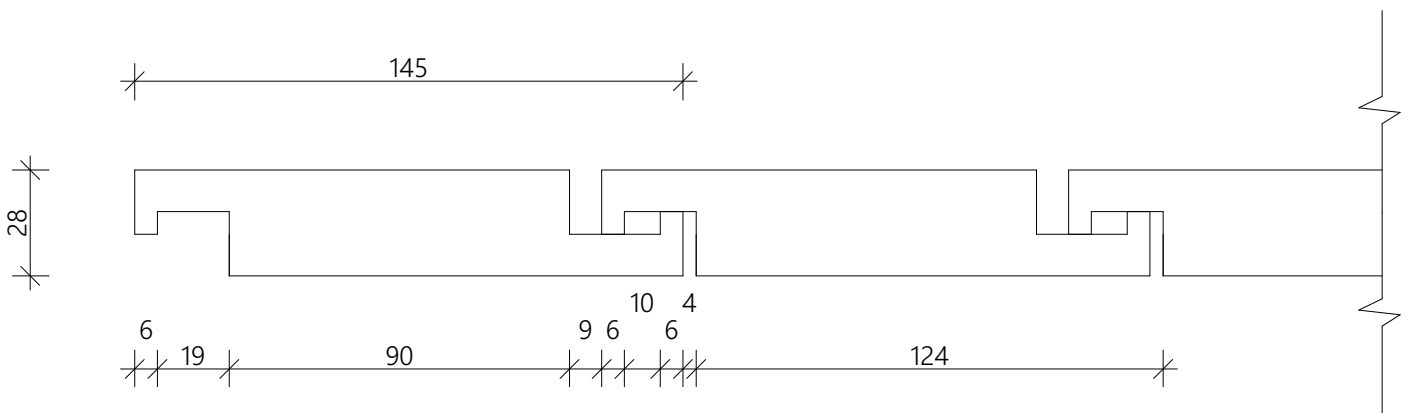
0.1

Mål

UTKAST 1



UTKAST 2

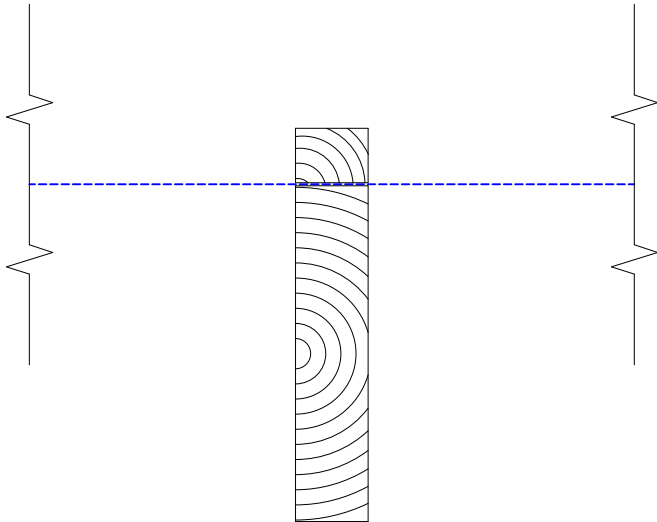


Tegning:
BORDPROFIL
Prosjektnavn
Bachelor

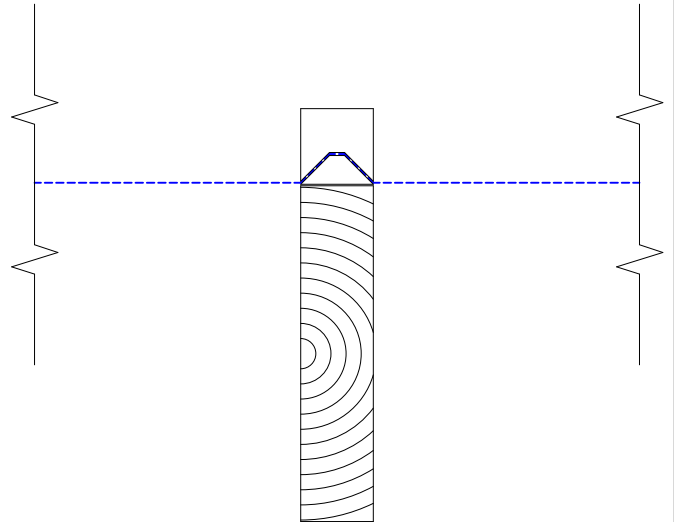
Tegningsnr.
4.1.1a

Mål
1:10, 1:2

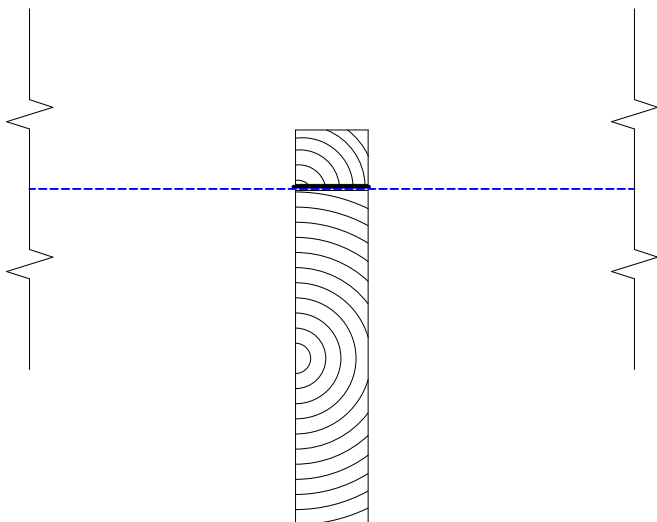
1: Forenklet undertak klemt av enkel sløyfelekt, uten sløyfebånd.



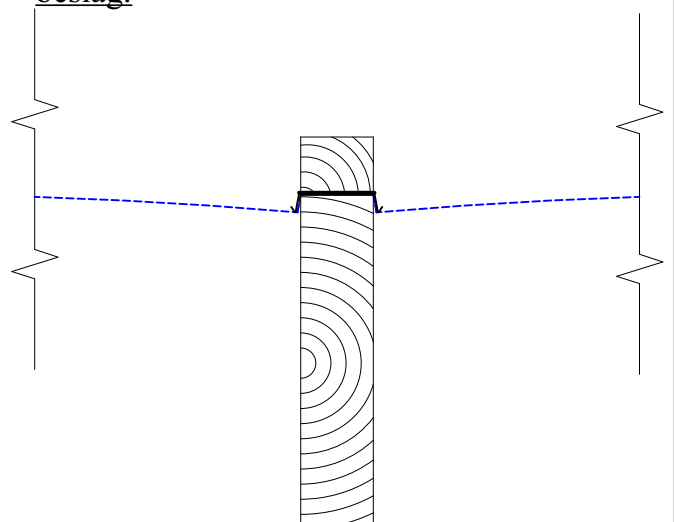
2: Forenklet undertak klemt av to-delt sløyfelekt.

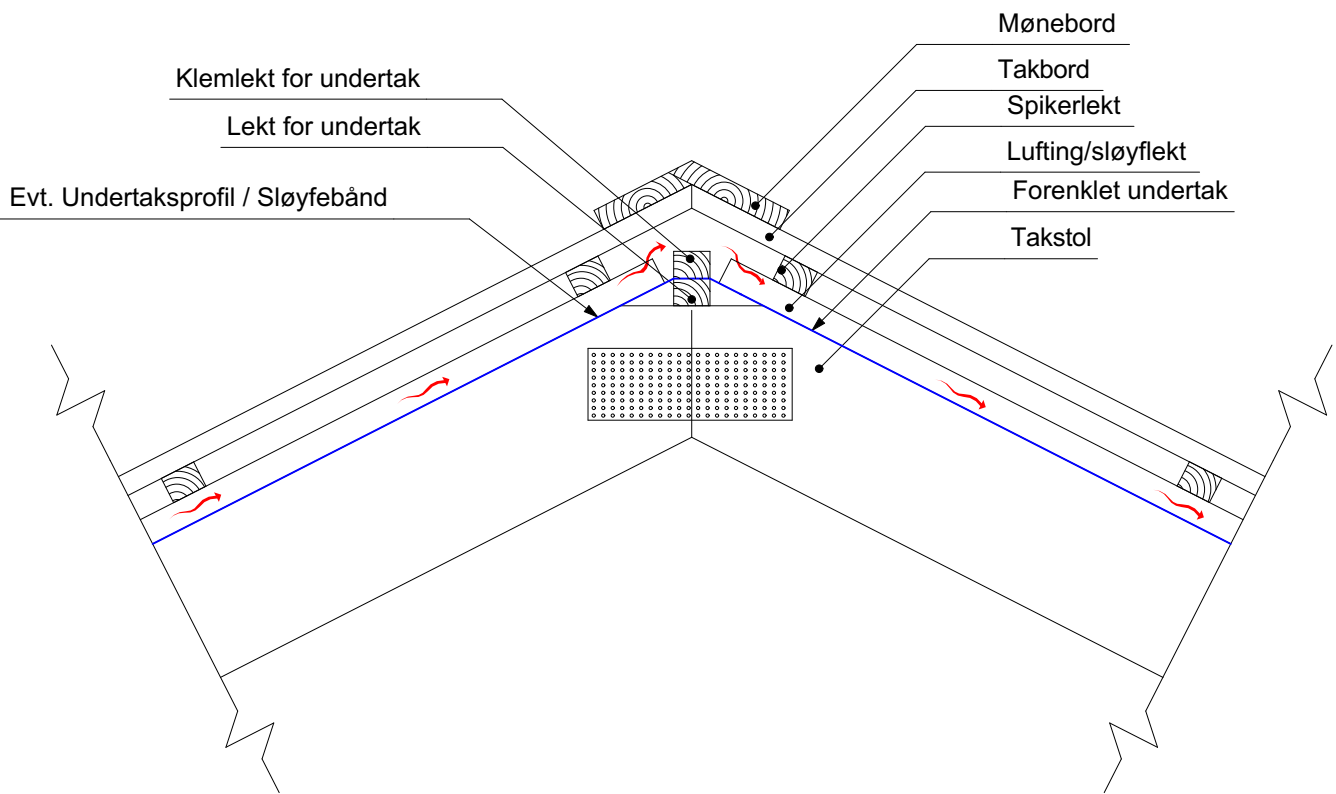


3: Forenklet undertak klemt av enkel sløyfelekt, med sløyfebånd.



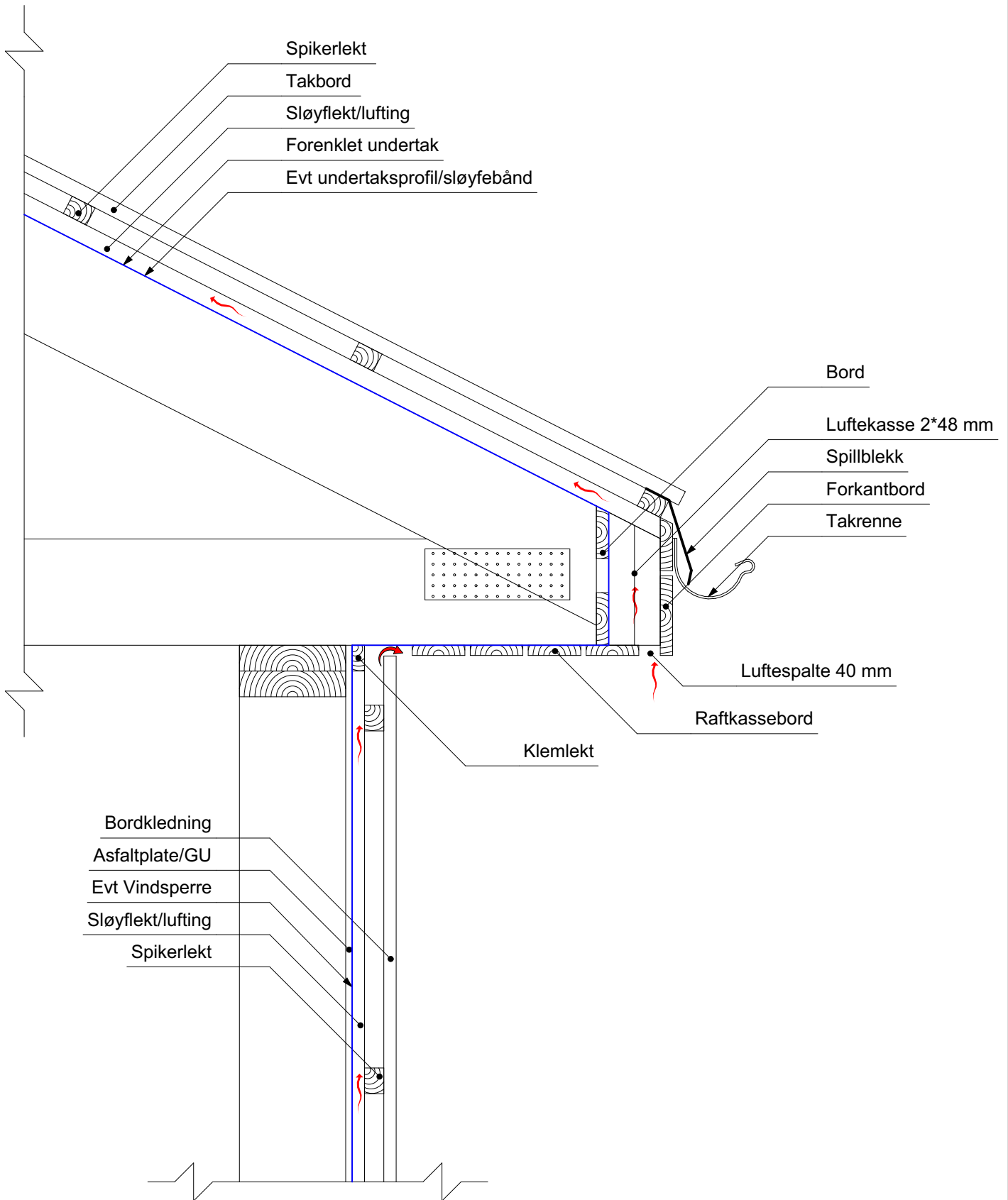
4: Forenklet undertak klemt av enkel sløyfelekt med pålimt sløyfebånd & beslag.





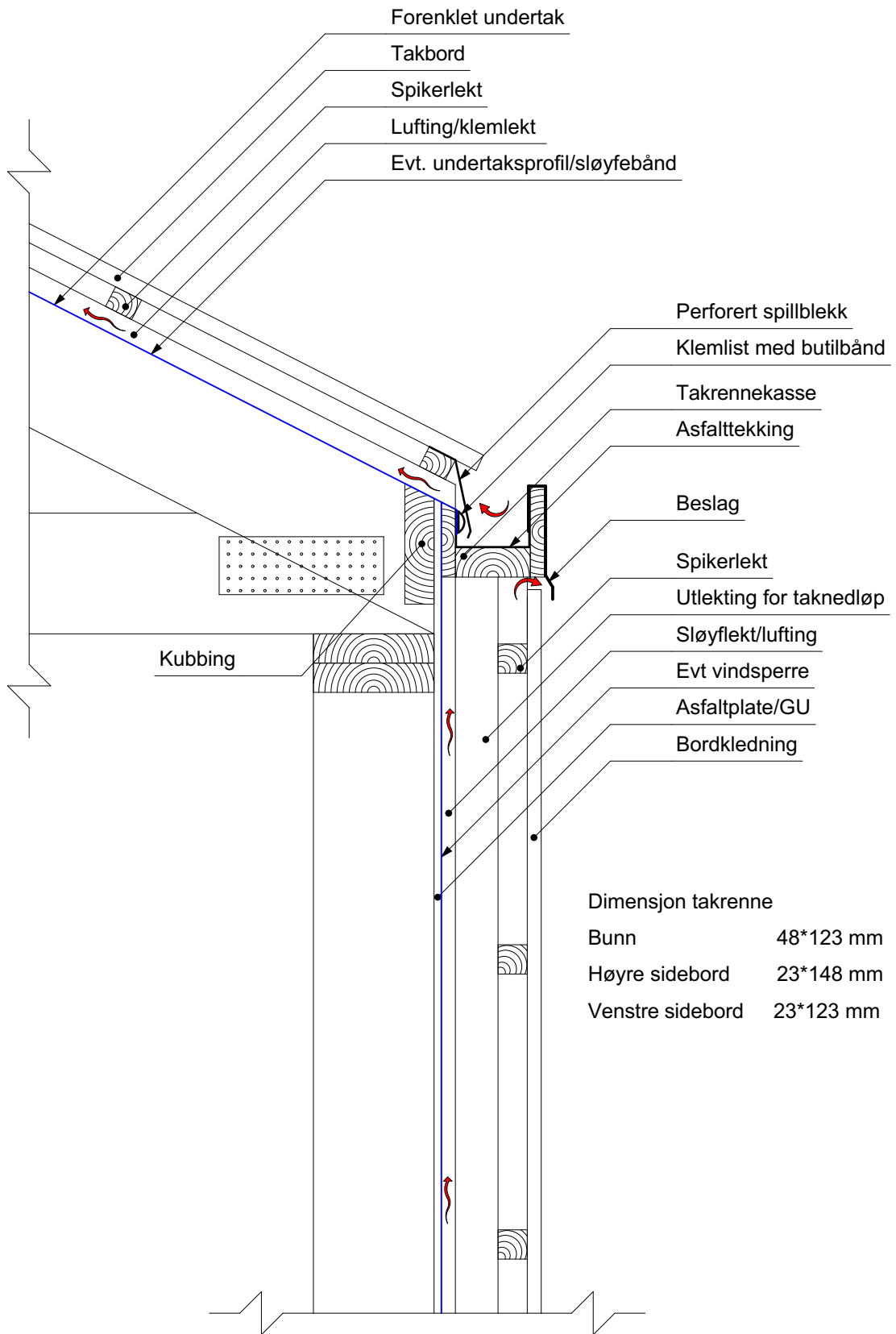
| Dimensjonstabell | |
|------------------|-----------|
| Sløyfelekt | 36*48 mm |
| Spikerlekt | 36*48 mm |
| Takbord | 28*145 mm |

| | |
|---|-----------------------------|
| Tegning: MØNE Prosjektnavn Bachelor | Tegningsnr. 4.2.1 |
| | Mål 1:10 |



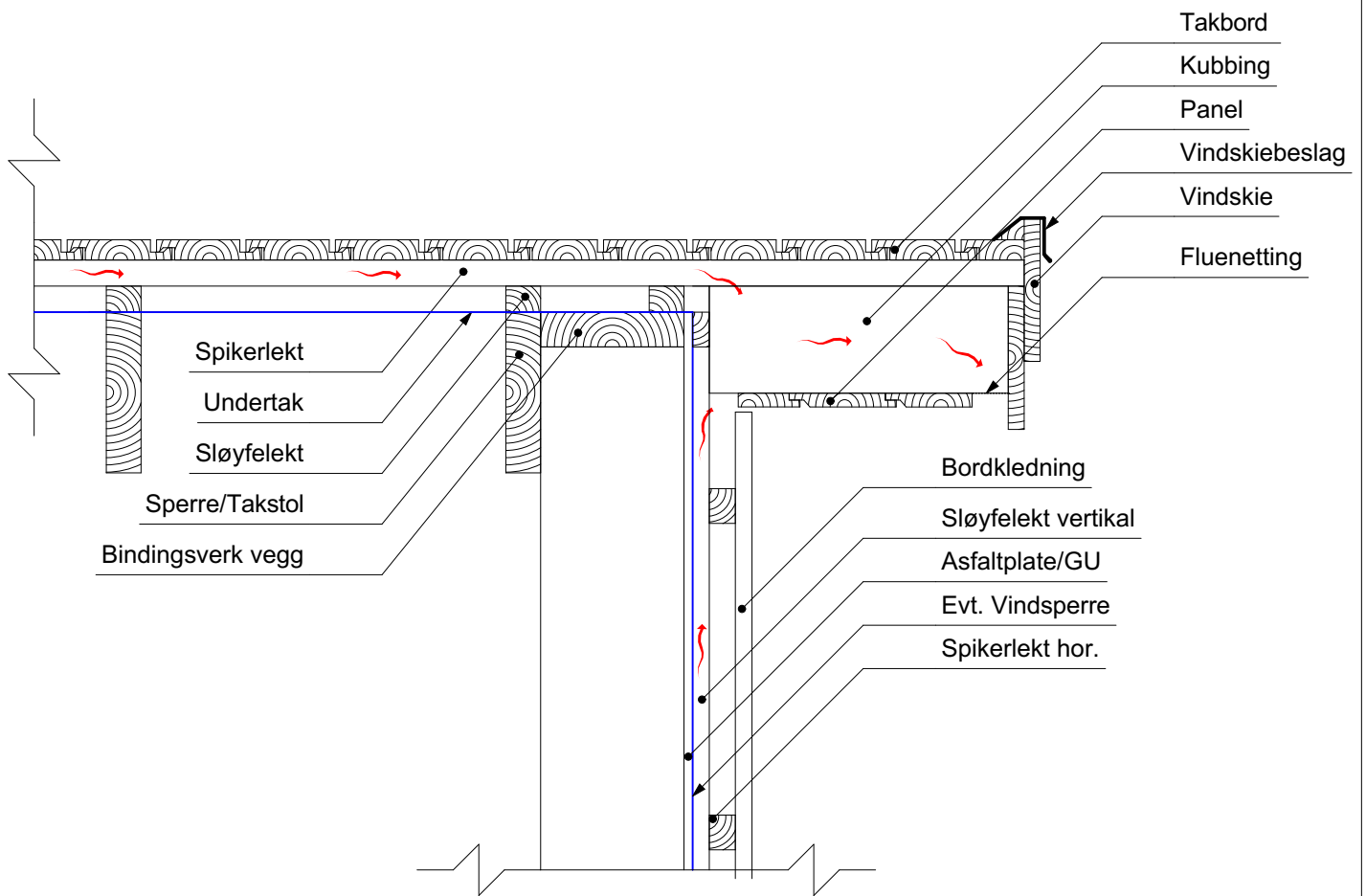
| Dimensjonstabell | |
|------------------|-----------|
| Sløyfelekt | 36*48 mm |
| Spikerlekt | 36*48 mm |
| Takbord | 28*145 mm |

| | |
|---|-----------------------------|
| Tegning: 2. STANDARD RAFT Prosjektnavn Bachelor | Tegningsnr. 4.2.2 |
| | Mål 1:10 |



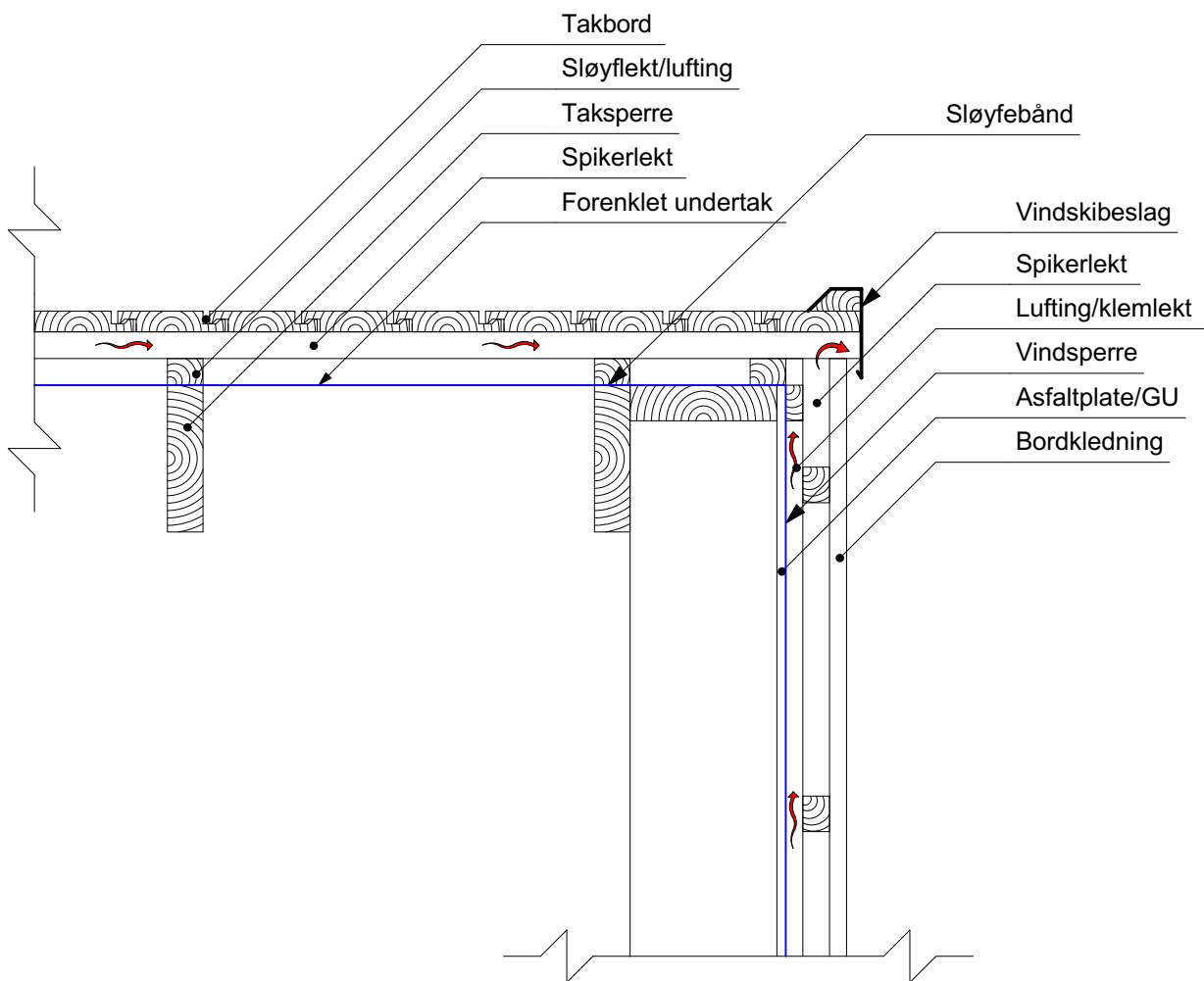
| Dimensjonstabell | |
|------------------|-----------|
| Sløyfelekt | 36*48 mm |
| Spikerlekt | 36*48 mm |
| Takbord | 28*145 mm |

| | |
|--|-----------------------------|
| Tegning: 2. MODERNE RAFT Prosjektnavn Bachelor | Tegningsnr. 4.2.3 |
| | Mål 1:10 |



| Dimensjonstabell | |
|------------------|-----------|
| Sløyfelekt | 36*48 mm |
| Spikerlekt | 36*48 mm |
| Takbord | 28*145 mm |

| | |
|--|-----------------------------|
| Tegning: STANDARD GAVL Prosjektnavn Bachelor | Tegningsnr. 4.2.4 |
| | Mål 1:10 |

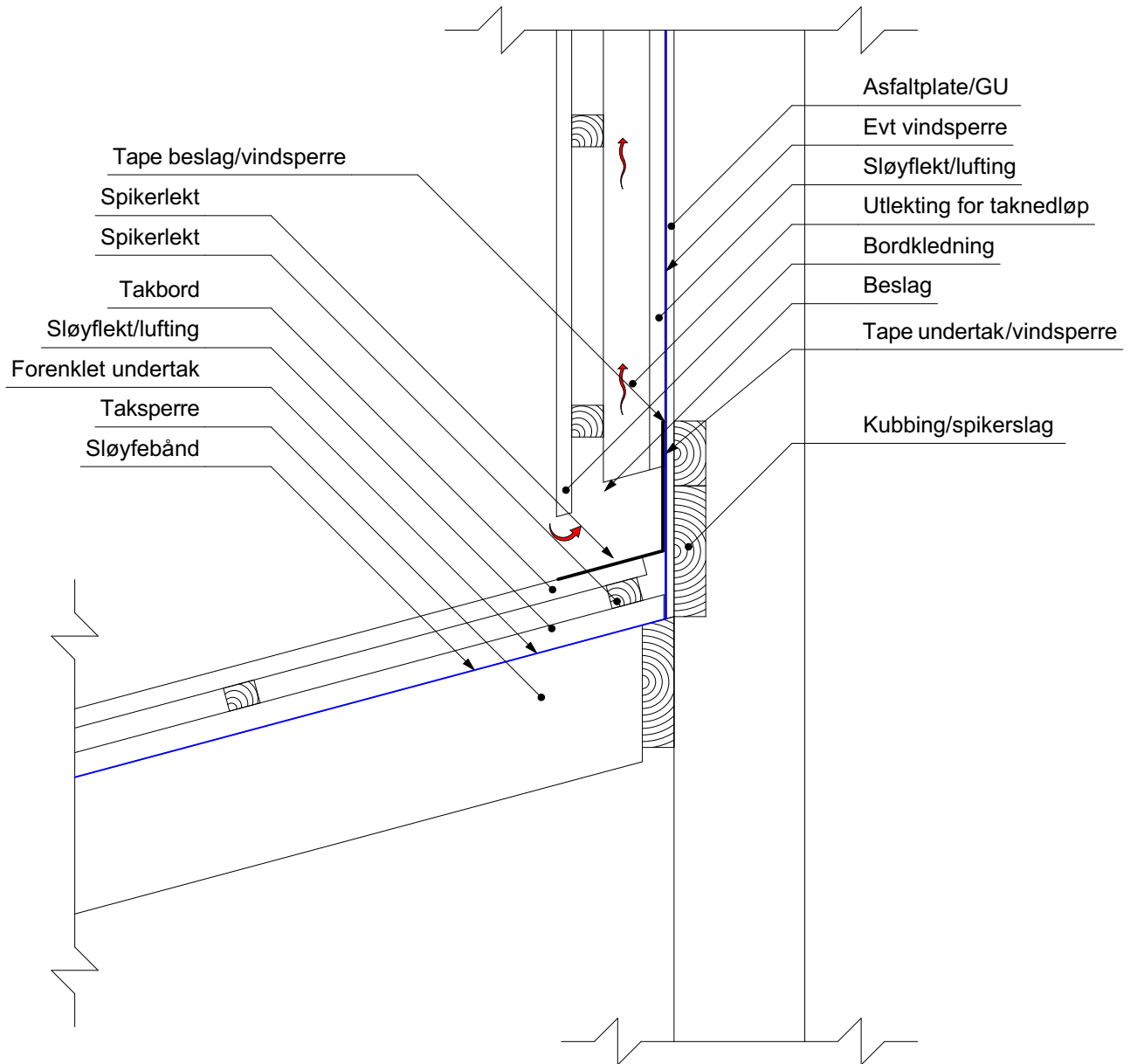


| Dimensjonstabell | |
|------------------|-----------|
| Sløyfelekt | 36*48 mm |
| Spikerlekt | 36*48 mm |
| Takbord | 28*145 mm |

Tegning:
MODERNE GAVL
Prosjektnavn
 Bachelor

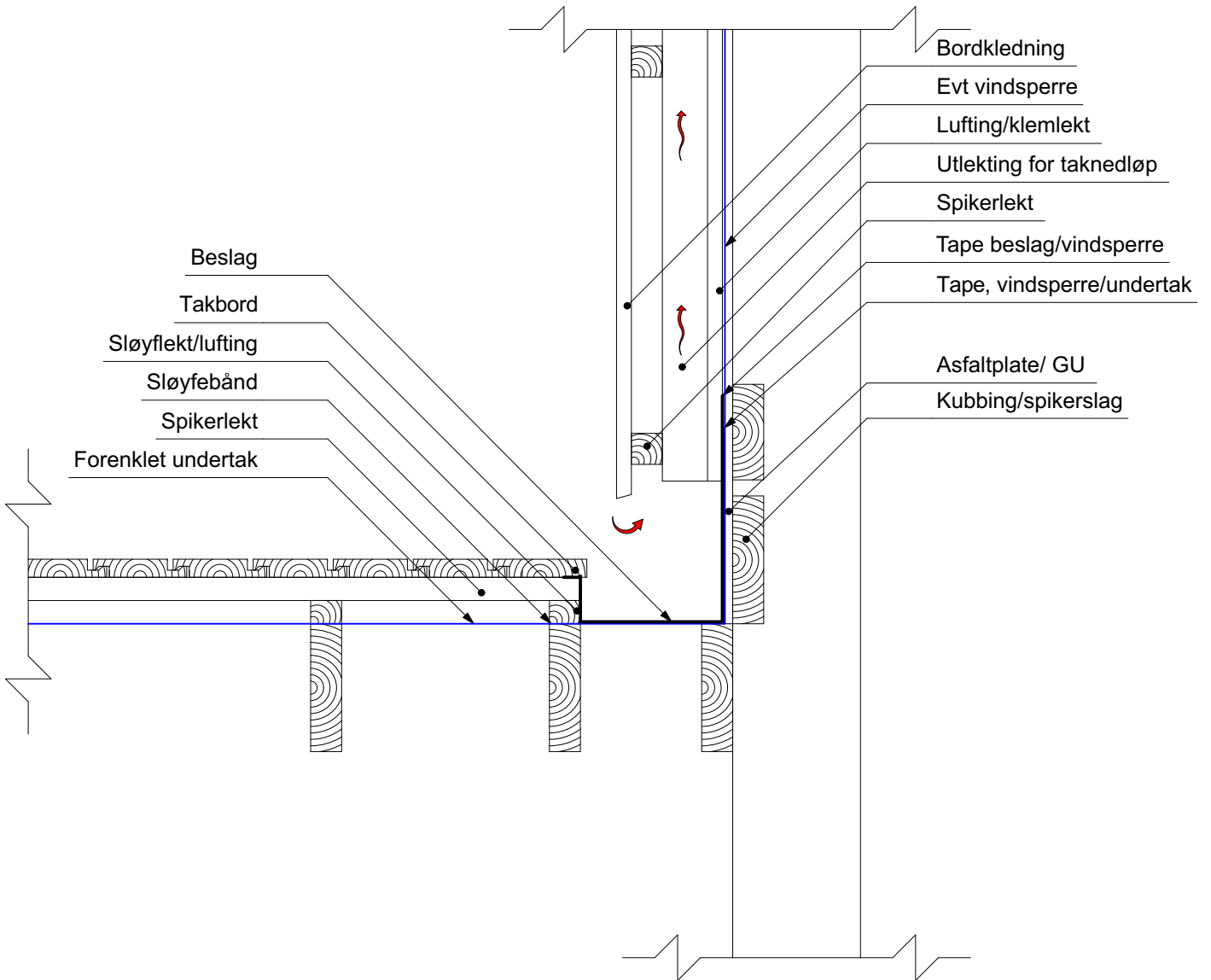
Tegningsnr.
4.2.5

Mål
1:10



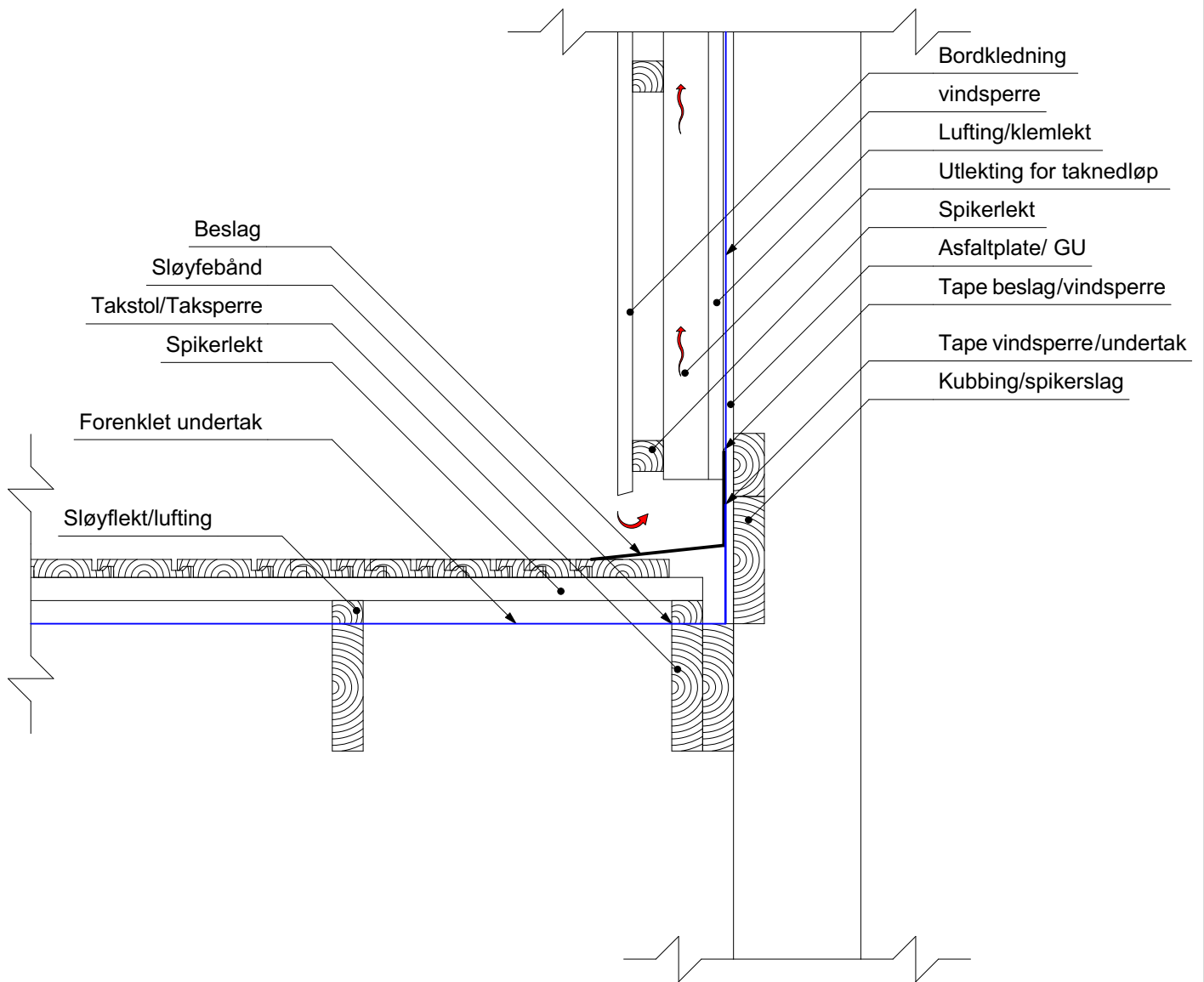
| Dimensjonstabell | |
|------------------|-----------|
| Sløyfelekt | 36*48 mm |
| Spikerlekt | 36*48 mm |
| Takbord | 28*145 mm |

| | |
|---|-----------------------------|
| Tegning: TAK TILSTØTENDE VEGG Prosjektnavn Bachelor | Tegningsnr. 4.2.6 |
| | Mål 1:10 |



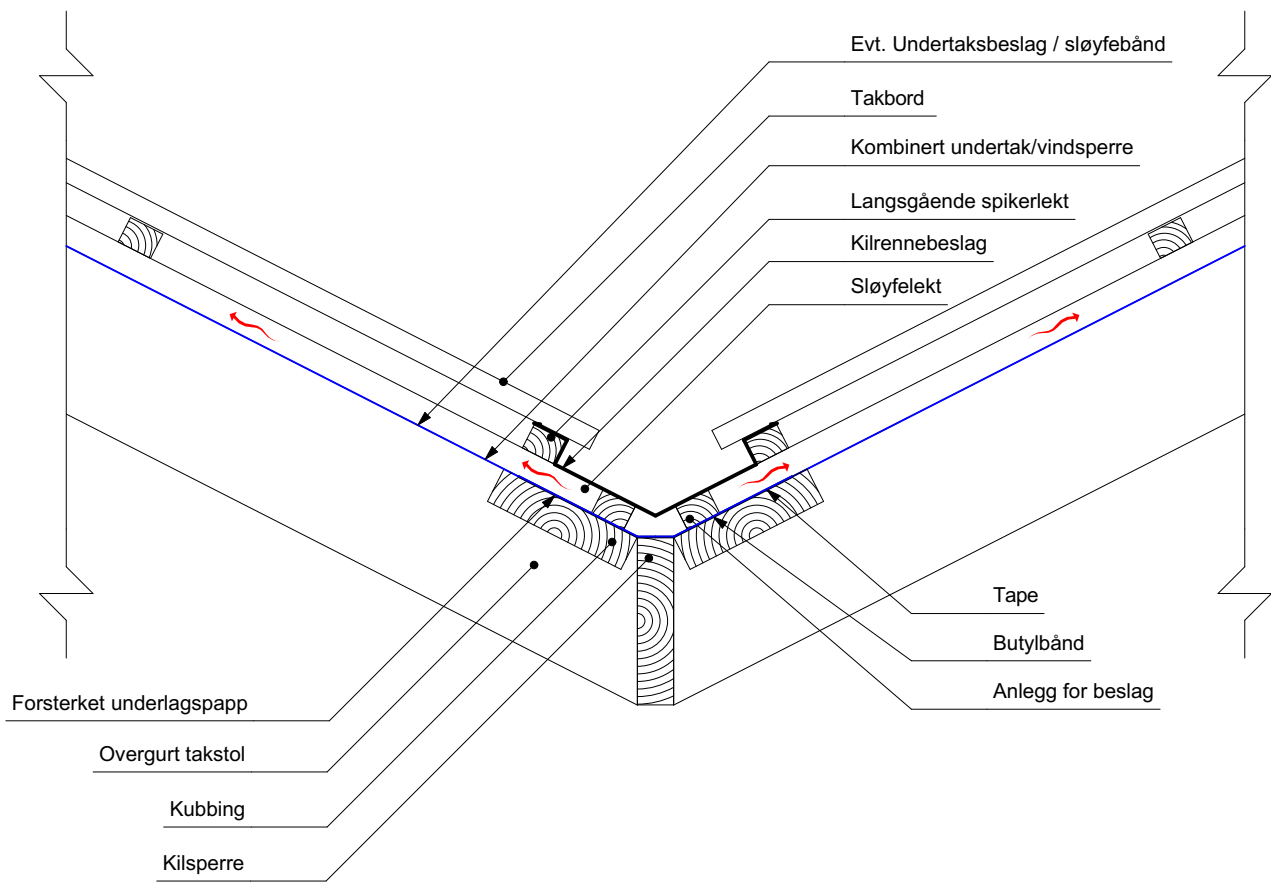
| Dimensjonstabell | |
|------------------|-----------|
| Sløyfelekt | 36*48 mm |
| Spikerlekt | 36*48 mm |
| Takbord | 28*145 mm |

| | | | |
|----------|-----------------------------|-------------|----------------|
| Tegning: | TAK LANGSGÅENDE VEGG | Tegningsnr. | 4.2.7 A |
| | Prosjektnavn | | |
| | Bachelor | Mål | 1:10 |



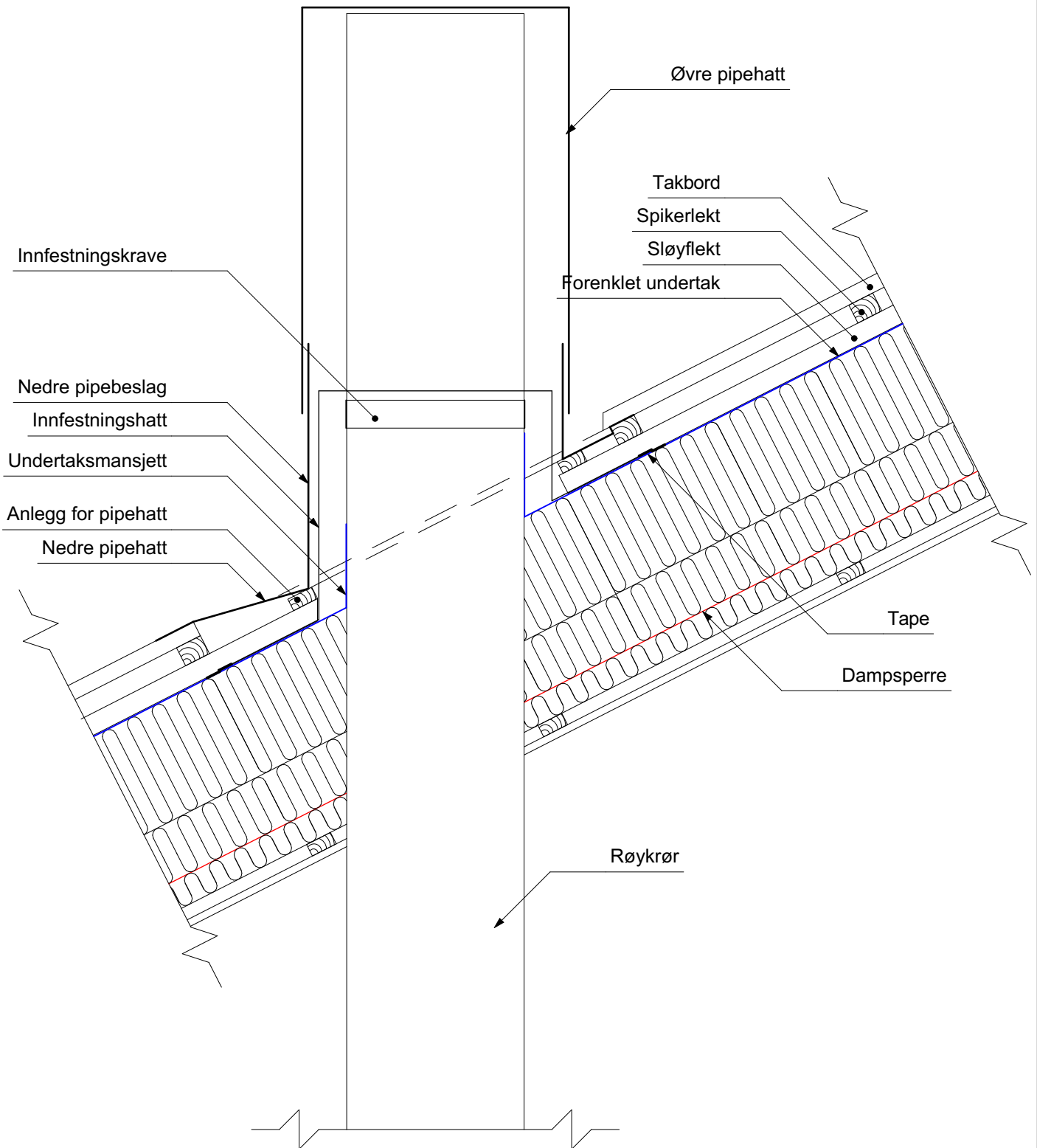
| Dimensjonstabell | |
|------------------|-----------|
| Sløyfelekt | 36*48 mm |
| Spikerlekt | 36*48 mm |
| Takbord | 28*145 mm |

| | |
|---|--------------------------------|
| Tegning: TAK LANGSGÅENDE VEGG Prosjektnavn Bachelor | Tegningsnr. 4.2.7. B |
| | Mål 1:10 |



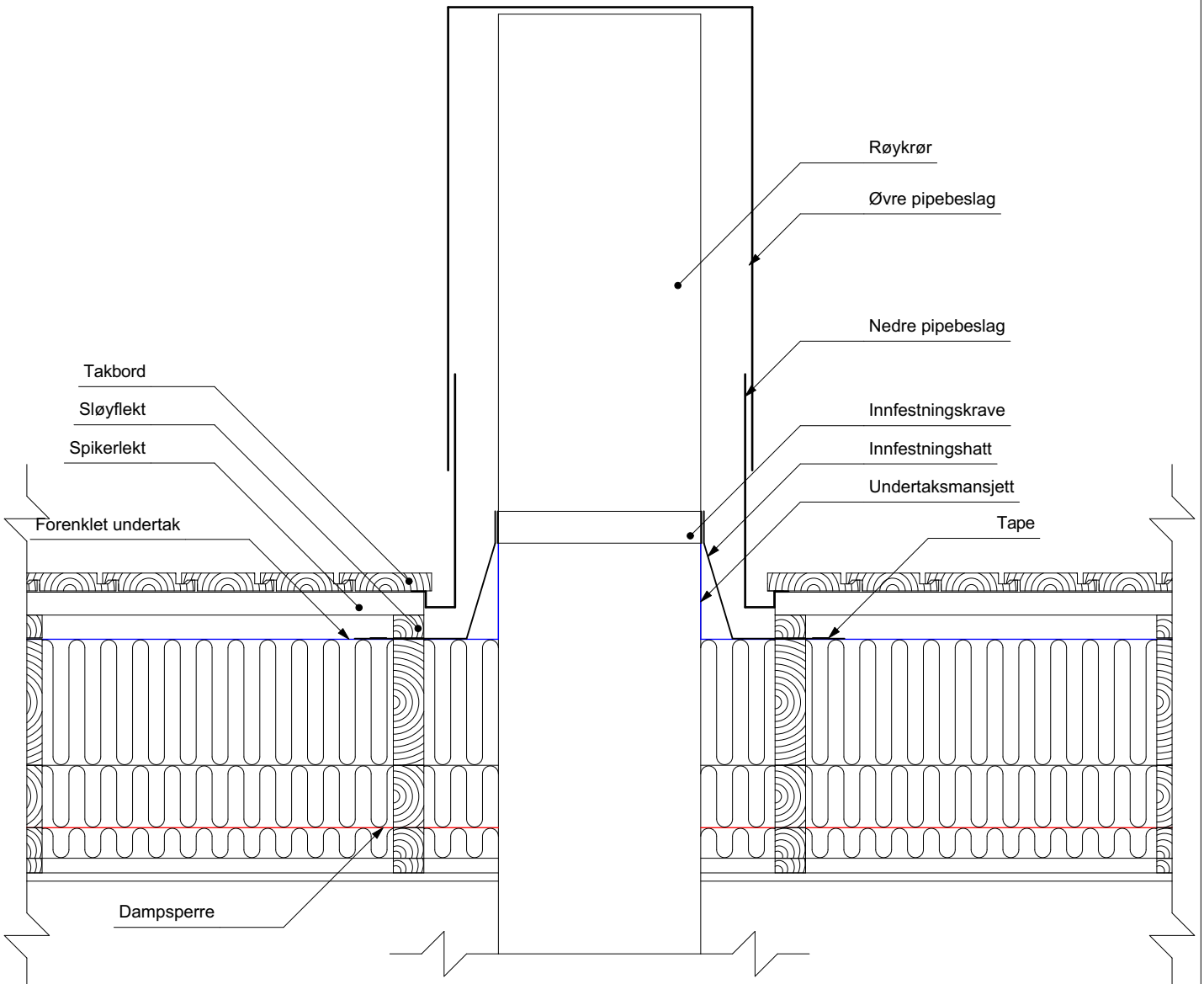
| Dimensjonstabell | |
|------------------|-----------|
| Sløyfelekt | 36*48 mm |
| Spikerlekt | 36*48 mm |
| Takbord | 28*145 mm |

| | |
|---|-----------------------------|
| Tegning: KILRENNE Prosjektnavn Bachelor | Tegningsnr. 4.2.8 |
| | Mål 1:10 |



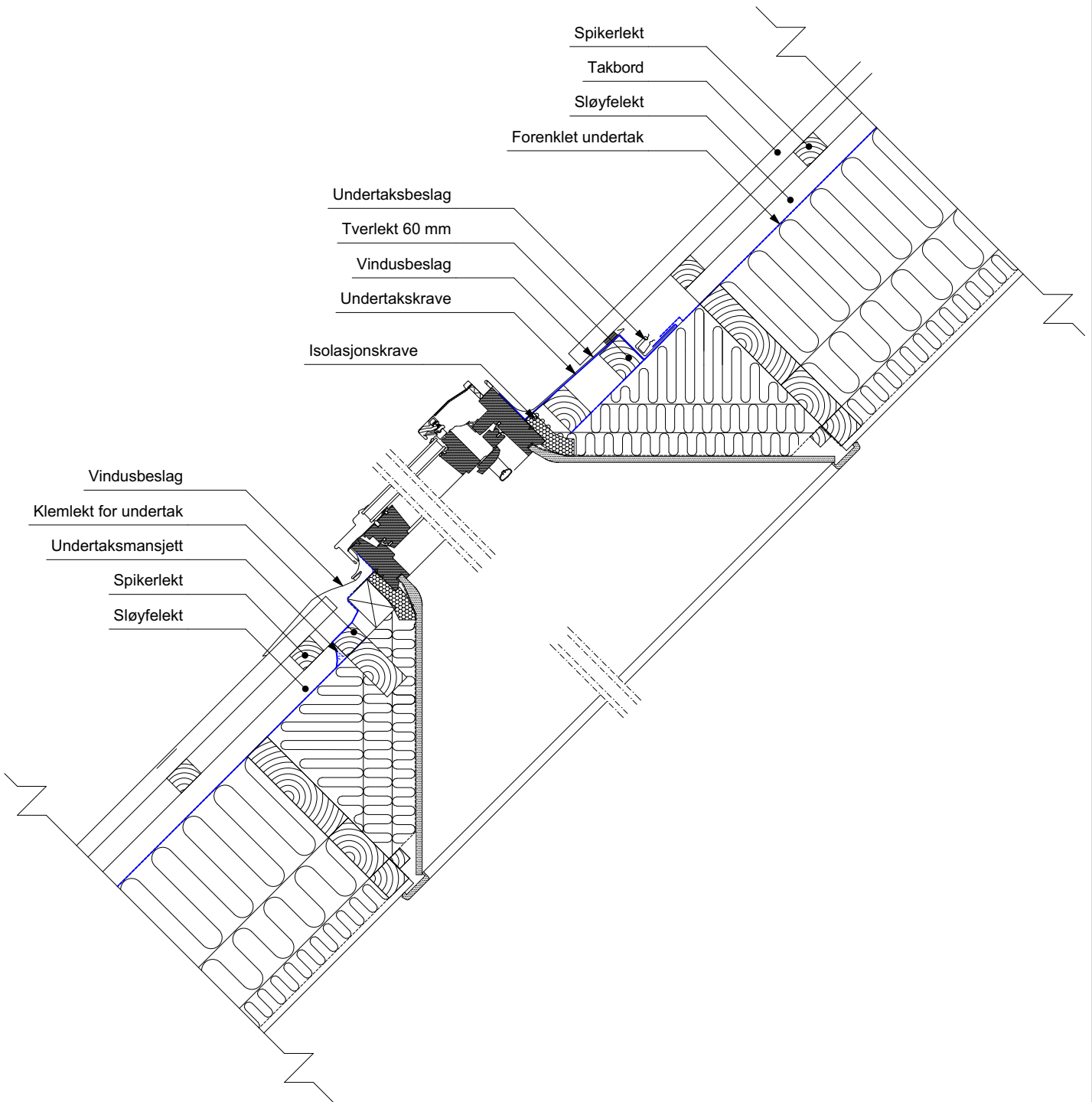
| Dimensjonstabell | |
|------------------|-----------|
| Sløyfelekt | 36*48 mm |
| Spikerlekt | 36*48 mm |
| Takbord | 28*145 mm |

| | |
|---|-------------------------------|
| Tegning: PIPEGJENNOMFØRING SIDE Prosjektnavn Bachelor | Tegningsnr. 4.2.9 A |
| | Mål 1:10 |



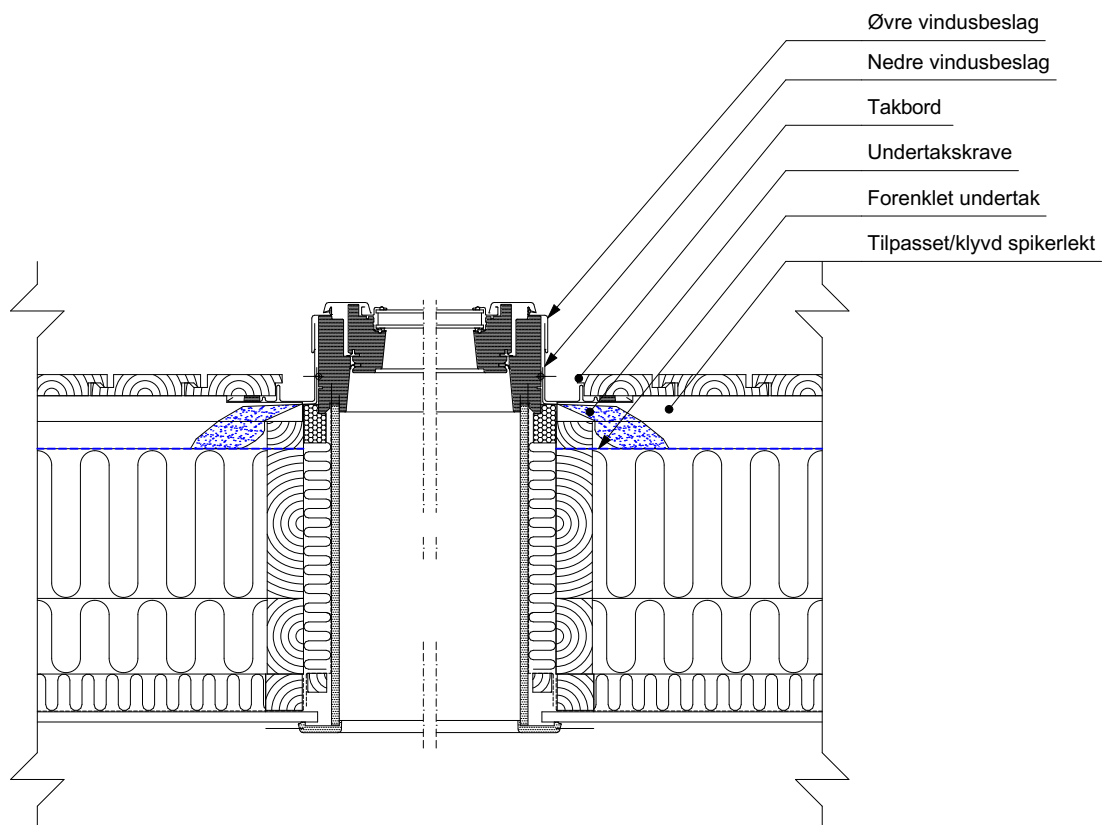
| Dimensjonstabell | |
|------------------|-----------|
| Sløyfelekt | 36*48 mm |
| Spikerlekt | 36*48 mm |
| Takbord | 28*145 mm |

| | |
|---|-------------------------------|
| Tegning: PIPEGJENNOMFØRING NEDENFRA Prosjektnavn Bachelor | Tegningsnr. 4.2.9 B |
| | Mål 1:10 |



| Dimensjonstabell | |
|------------------|-----------|
| Sløyfelekt | 36*48 mm |
| Spikerlekt | 36*48 mm |
| Takbord | 28*145 mm |

| | |
|---|-------------------------------|
| Tegning: TAKVINDU FRA SIDEN Prosjektnavn Bachelor | Tegningsnr. 4.2.10a |
| | Mål 1:10 |



| Dimensjonstabell | |
|------------------|-----------|
| Sløyfelekt | 36*48 mm |
| Spikerlekt | 36*48 mm |
| Takbord | 28*145 mm |

| | |
|---|-------------------------------|
| Tegning: TAKVINDU OVENFRA Prosjektnavn Bachelor | Tegningsnr. 4.2.10b |
| | Mål 1:10 |

Forsøk gjennomført av:

Harald Hansen

Petter Lervik

Ole Petter Volden

Monteringsforsøk av nye bordprofiler og undertaksløsninger

Hensikt

I denne bacheloroppgaven er det lagt frem forslag til nye bordprofiler for å oppnå så tett tekking som mulig. Det er også lagt frem forslag til utførelse av undertak, for å forsikre at det ikke kan trenge vann og fukt gjennom spikerhullene som vil punktere undertaket under klemléktene.

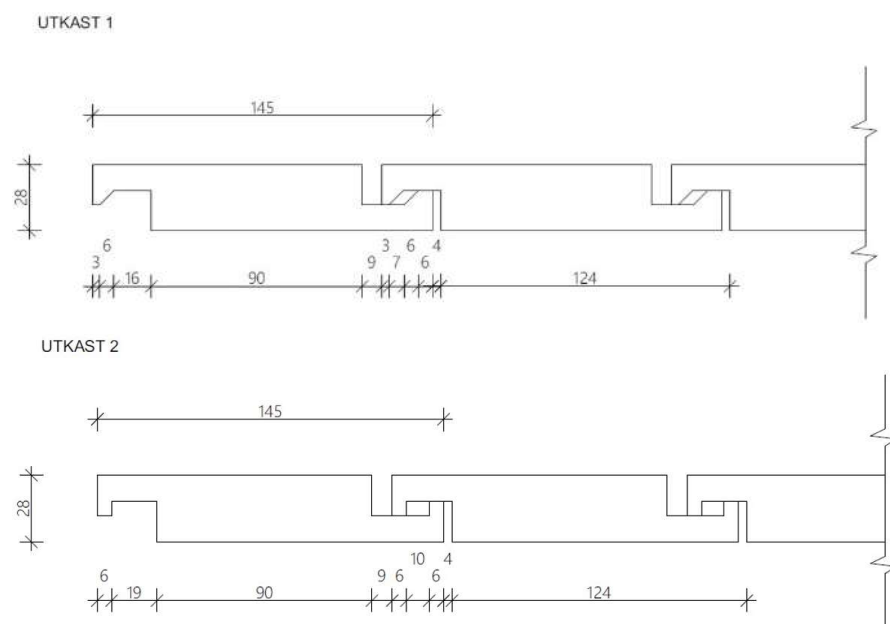
Prosjektgruppen utførte dette forsøket for se om det i det heletatt lar seg gjøre på en god måte, samt få et innblikk i hvordan det vil bli for utførende håndverker å montere disse løsningene ut på arbeidsplassen.

Bakgrunnsteori

I dag utføres de fleste taktekkingene av trebord med over og underliggere, disse har en betydelig svakhet når det kommer til tetthet, særlig da de etter kort tid vil krympe og i noen tilfeller sprekke. For å forbedre dette har prosjektgruppen utarbeidet to nye bordprofiler som hypotetisk sett skal være tette, og ha god dreneringsevne både før og etter krymp og vridning. Et forenklet undertak har også en kjent svakhet, at drencvann kan demme opp mot klemléktene å trenge gjennom spikerhullene som vil punktere undertaket. For å forhindre dette er det også utarbeidet to løsninger, som sørger for at punkteringen av undertaket vil ende opp som høyeste punkt sett i horisontal retning.

Hypotese

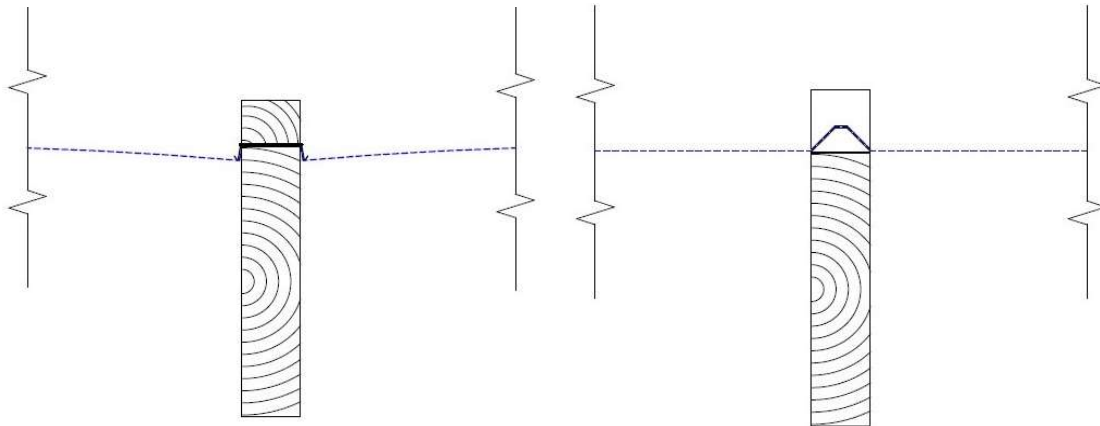
Takbord



Som vist i figuren over har begge disse

forslagene to hindringer for at vannet ikke skal komme inn på undertaket. Imellom disse hindringene er det plassert en dreneringsrenne, denne sørger for å drenere bort eventuell fukt samt å lede vannet som skulle komme gjennom første hinder ned fra taket. Disse bordene profilert slik at de har svært liten kontaktflate til sidebordet, dette for å få en hyppigere opptørking etter endt nedbørsperiode, samt at det gir mulighet for bevegelse i bordene. Da disse profilene ble konstruert var det tenkt at den skrå profilen (utkast 1) skulle kunne være sterkere mot slitasje både ved frakt og montering.

Undertaksløsning



Som nevnt tidligere var disse undertaksprofilene tenkt for å hindre gjennomtrenging av vann og fukt gjennom spikerhullene fra klemløkten. Ved den første løsningen vil det være en profil av blikk som legges mellom undertaket og klemløkten, som vil presse ned undertaket slik at drenevannet ikke har mulighet til å demmes opp mot punkteringene. Ved den andre løsningen er det laget to profiler av en 48x48 mm lekt, hvor den nederste profilen legges før undertaket, deretter vil den øverst legges over etter at undertaket er lagt. Med dette sørges det for at punkteringen av undertaket er bygd opp over det resterende undertaket, slik at det heller ikke her har mulighet for oppdemming til punkteringene.

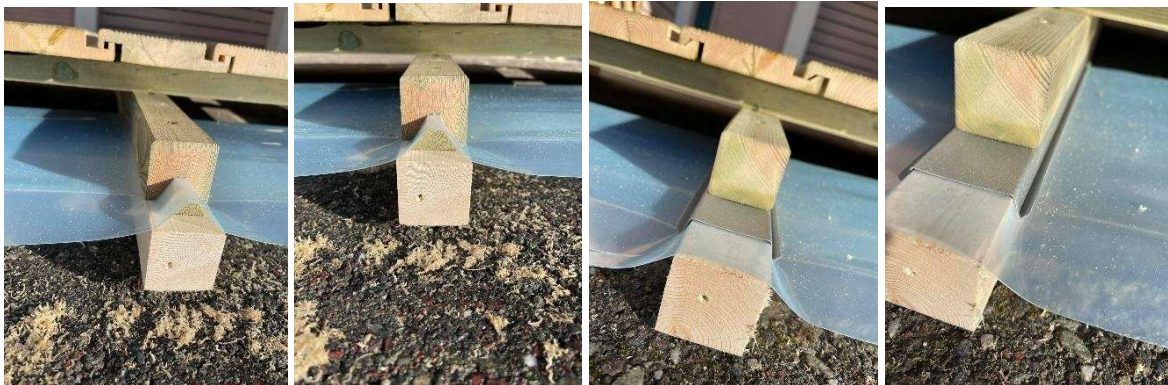
Utstyrsliste:

- Materialer
 - Royalimpregnerte terrassebord 28x145 mm
 - Lekter 48x48 mm gran
 - Lekter 36x48 mm Cu-imp furu
 - Blikkprofil (fått av blikkenslager)
 - Undertak (her brukt dampsperre for illustrasjon)
 - Skruer
- Klyvsag
- Kappsag
- Skrumaskin
- Målband
- Tommestokk
- Blyant
- Vinkel

Metode

Gruppen satte sammen en liten modell av et tak, for å prøve og montere de forskjellige løsningene som var kommet frem til. Først ble det bygd en ramme for å plassere lekter med senteravstand på 600 mm som skulle illustrere sperrene eller takstolene.

Da disse lektene var plassert ut og gjort fast kunne vi starte med undertaksløsningene. På de to første lektene prøvde vi ut metoden ved bruk av blikkprofilen som skulle senke undertaket, denne gikk veldig greit, spesielt da dette bare var en liten modell. På de neste to sperrene prøvde vi ut metoden hvor vi hadde kløvet to profiler av en lekt, og monterte undertaket mellom disse. Dette var en litt mer vrien metode, da vi måtte sikre oss om at undertaket forble stramt etter at overdelen var plassert over. Etter at begge undertaksmetodene var testet og montert, begynte vi å produsere takbordene.



For å lage profilene takbordene skulle ha, kappet vi først alle bordene i riktig lengde (1 meter), før vi brukte klyvsagen for å ta ut sporene slik profilen fremstiller. Deretter målte vi oss frem til monteringsmålet til bordene, markert opp lektene og plasserte ut bordene. Da det er så liten forskjell mellom de to type bordprofilene, ble det svært liten forskjell i både produksjonen og monteringen av bordene.





Resultater og observasjoner

I løpet av dette forsøket fikk gruppen et lite innblikk i at noen av disse metodene kan bli vanskeligere å utføre enn andre ved et tak i «normal» størrelse. Undertaksmetoden ved bruk av blikkprofil for å presse ned undertaket, virket som en enkel metode, men at det burde gjøres suksessivt med legging av undertaket opp langs takstolene. Metoden ved bruk av lektprofilene ser vi på som litt mer problematisk, da kan bli vanskelig eller tidkrevende å sørge for at undertaksduken blir stram etter øverste profil er lagt ned. Det virker likevel som at begge løsningene vil få bukt med problemet rundt inntrenging av vann gjennom undertaket, da punkteringen vil havne i god høyde over resterende undertak.

Monteringen av takbordene virket uproblematisk i vår lille modell, og vi ser for oss at det vil forbli uproblematisk ved en faktisk størrelse av taket da monteringsmålet merkes av på spikerlektene.



Drøfting og feilkilder

I dette lille forsøket kan det være flere feilkilder som bør nevnes. Den første og kanskje den største feilkilden er at modellen forsøket ble utført på er en liten modell på cirka 2 meter bred og 1 meter lang. Dette gjør at alt fra undertak, profiler og takbord blir enklere å jobbe med, da det ikke er snakk om lange lengder og at vi kunne stå på bakken og ikke på taket. Dette gjør det mye enklere å utføre jobben enn det ville blitt i virkeligheten.

Noe som også kan gjøre at vi ikke fikk et optimalt innblikk i utførelsen, er at det ble brukt en dampsperre som illustrasjon for undertaket, da det hadde blitt dyrt for en hel rull undertak for og bare å bruke to meter av den.

Bordprofilene ble kløvet til med en klyvsag, da sagbladet til klyvsagen ikke har rette tenner vil dette føre til at noen av sporene ikke blir helt jevne. Dette kunne virke uproblematisk i vår modell hvor det ikke ble noe krymp av bordene. Ved bruk av disse bordprofilene på et hustak hadde det vært viktig at disse sporene hadde vært jevne og fine slik at profilene ikke knekker ved bevegelse. Da fabrikk som masseproduserer slike bord hadde brukt høvler, og ikke klyvsag, tror vi at bordprofilene ikke hadde hatt noen skade av krympingen som vil skje med tiden.

Konklusjon

Etter å ha utført dette forsøket sitter gruppen igjen med noen tanker om hva som kunne ha fungert, og hva som kunne virke problematisk. Begge bordprofilene virket gode og solide, og var også greie å montere. Selv om det ikke var resurser eller tid til og teste en slik modell i en lab, tror gruppen at disse bordprofilene skal være tettere enn de mye brukte over- og underliggerne. For gruppen virker det også som at bruk av disse bordprofilene også vil være tidsbesparende i forhold til over og underliggere.

Etter å ha prøvd ut begge forslagene til bedre tetting av undertaket, sitter gruppen igjen med tanken om at blikkprofilen sannsynligvis var den beste løsningen av disse to. Dette da metoden med lektprofilene krever mer nøyaktighet for at undertaket skal bli stramt etter montering av øverste profil, og vil da ta lengre tid å gjennomføre.

Til slutt en kort oppsummering av gruppens tanker. Bordprofilene mener vi kommer til å fungere bra, mens for løsningen rundt undertaket vil trolig blikkprofilen være den mest effektive, selv om vi tror at begge løser problemet ved gjennomtrenging av fukt.

En tredje metode for å tette mellom undertak og sløyfelekter er bruk av butylbånd. Denne metoden ble ikke utprøvd i dette forsøket, men er ut i fra prosjektgruppens perspektiv aktuell å inkludere i en eventuell framtidig laboratorieprøving.

| Systemgrenser (X = modul inkludert, MID = Modul ikke inkludert, MIR = Modul ikke relevant, *= Se forklaring under) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-----------|-------------|-----------------------------------|----------------------------|-----------|-------------|------------|--------------|------------|-----------------------|-----------------------|-------------|-----------|-------------------|----------------------------|---|--|
| Produktfase | | | Konstruksjon og installasjonsfase | | Bruksfase | | | | | | | Slutfase | | | | Etter endt levetid | |
| Råmaterialer | Transport | Tilvirkning | Transport | Konstruksjon innstallasjon | Bruk | Vedlikehold | Reparasjon | Utskiftinger | Renovering | Operasjonell vannbruk | Operasjonell vannbruk | Demontering | Transport | Avfallsbehandling | Avfall til sluttbehandling | Gjenbruk-gjenvinning- resirkulering-potensiale | |
| A1 | A2 | A3 | A4 | A5 | B1 | B2 | B3 | B4 | B5 | B6 | B7 | C1 | C2 | C3 | C4 | D | |
| X | X | X | X | MID | ** | MID | MID | MID | MID | MID | MID | MID | MID | * | MID | MID | |

* For NEPD-1934-857-NO og NEPD-1808-766-NO bindes hhv. 797 og 815 kg CO2 pr m3 i fase A1-A3. Den samme mengde CO2 frigis ved fase C3. Modul C3 er derfor inkludert for Cu-Imp og Royal-imp men utelatt for betongtakstein.

** Teknisk tilleggsmasjon for NEPD-2709-1409-NO Skarpnes Betongtakstein Behandlet 1kg:

Karbonopptak i betongtakstein er ikke tatt med i EPD pr. dags dato. Rapport fra Sintef og Østfoldforskning tyder imidlertid på at klimagassutslippet (kg CO2-ekv/m2) reduseres med 47% dersom CO2 opptak fra karbonatisering inkluderes, uavhengig av om en antar 30, 60 eller 100 års levetid.

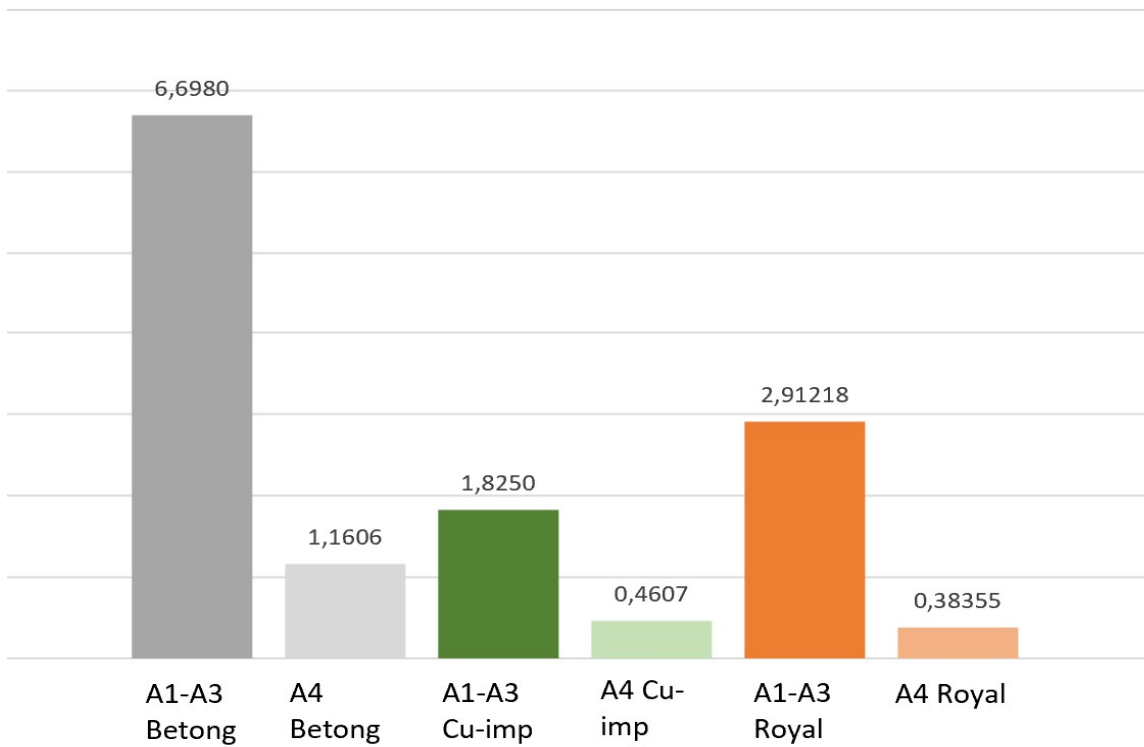
(kilde:Karbonopptak i Betong i LCA og EPD', Rapport nr. OR.01.14, Østfoldforskning, Rapport 'CO2 binding by Concrete', Rapport nr. SBF2014A0019, SINTEF)

LCA - Sammenligning med sammensatt modul A1-A3 + A4. Alle resultater er oppgitt pr m2, 300 km transport.

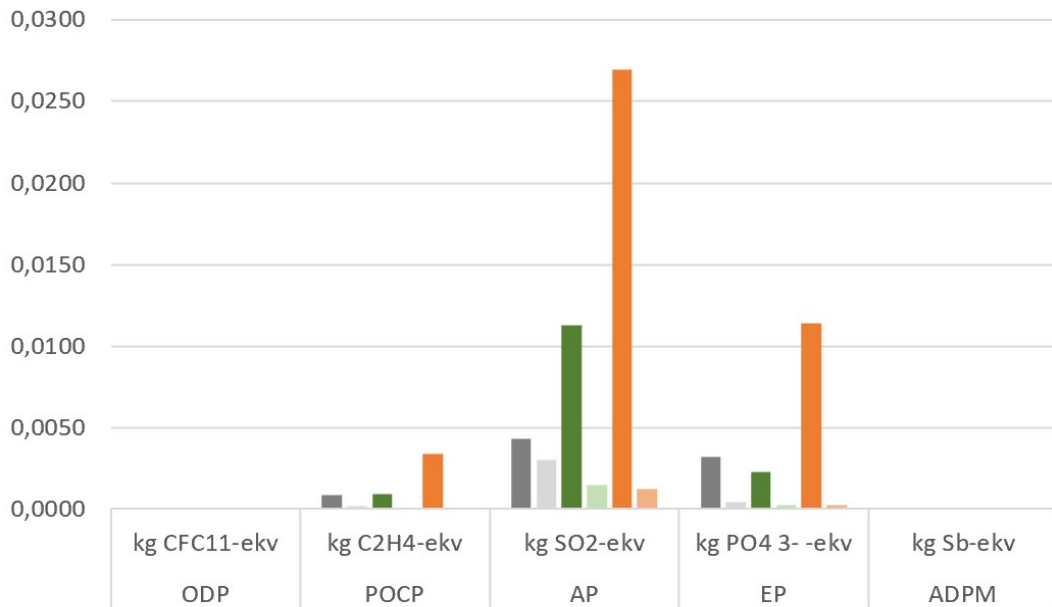
| Parameter | Unit | Betongtakstein Behandlet 1 m2. | | Cu-impregnert trelast av furu. 1 m2. | | Royal-impregnert trelast av furu 1 m2. | |
|-----------|----------------|-----------------------------------|---------|---|--------|---|---------|
| | | A1-A3 | A4 | A1-A3 | A4 | A1-A3 | A4 |
| GWP | kg CO2-ekv | 6,6980 | 1,1606 | 1,8250 | 0,4607 | 2,91218 | 0,38355 |
| ODP | kg CFC11-ekv | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,00000 | 0,00000 |
| POCP | kg C2H4-ekv | 0,0008 | 0,0002 | 0,0009 | 0,0001 | 0,00339 | 0,00006 |
| AP | kg SO2-ekv | 0,0043 | 0,0030 | 0,0113 | 0,0015 | 0,02692 | 0,00124 |
| EP | kg PO4 3- -ekv | 0,0032 | 0,0004 | 0,0023 | 0,0002 | 0,01144 | 0,00021 |
| ADPM | kg Sb-ekv | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,00002 | 0,00000 |
| ADPE | MJ | 22,8384 | 19,0944 | 27,6980 | 7,5435 | 49,95998 | 6,37673 |

GWP Globalt oppvarmingspotensial;**ODP** Potensial for nedbryting av stratosfærisk ozon;
POCP Potensial for fotokjemisk oksidantdannning; **AP** Forsurningspotensial for kilder på land og vann;
EP Overgjødslingspotensial; **ADPM** Abiotisk uttømmingspotensial for ikke-fossile ressurser;
ADPE Abiotisk uttømmingspotensial for fossile ressurser

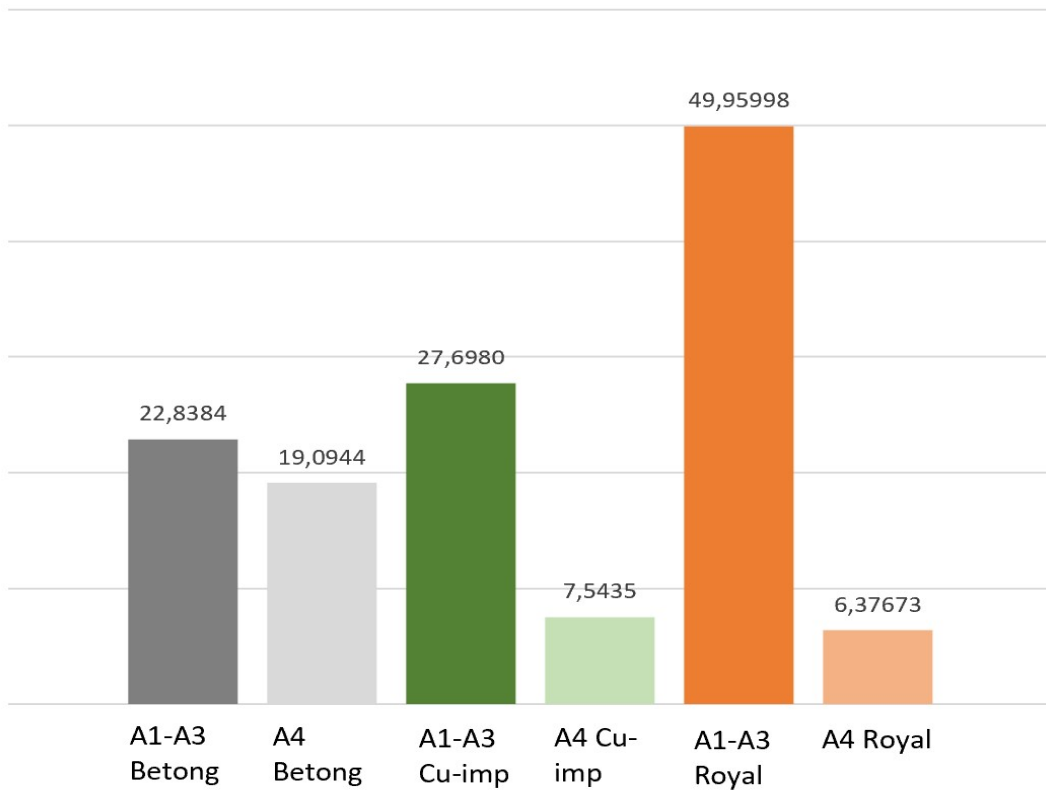
GWP kg CO2-Ekv



ODP - POCP - AP - EP - ADPM



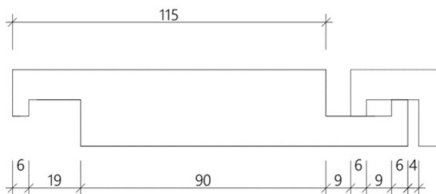
ADPE MJ



Omregning LCA

Ved omregningsfaktor på skarpnes betongtaksteing henvises det til tabellverdier gitt av produsent. Disse finnes i vedlegg.

Ved omregningsfaktor for kobberimpregnert trelast er følgende bordprofil lagt til grunnlag:
Byggebredde per bord = 123,5 mm



Omregning transport

Ved omregning for NEPD-1934-857- NO 3/7 er det oppgitt i EPD en transport med EURO5, >32 tonn i 75 km og EURO5, 16-32 tonn i 30 km. For NEPD-1808-766- NO Royalimpregnert trelast er det oppgitt 300km transport med EURO5 >32 tonn og 30 km transport med EURO5 16-32 tonn. Disse verdiene midles i dette tilfellet og multipliseres opp til samme antall km som for NEPD-2709-1409-NO, altså 300 km.

Dette er en forenkling av sammenligningen, og vil ikke være den mest korrekte måte å gjøre det på. Det sees likevel i sammenheng med de andre modulene (A1-A3), slik at resultatet vil være tilnærmet korrekt.

Miljøpåvirkning med **OMREGNET** enhet og kvantum. (1m2 betongtakstein, 1m2 Cu-Impregnert virke, 1m3 Royalimpregnert virke.)

| | | NEPD-2709-1409-NO Skarpnes Betongtakstein Behandlet 1 m2 | | | | NEPD-1934-857- NO 3/7 Cu-impregnert | | NEPD-1808-766-NO Royalimpregnert | |
|-----------|----------------|---|---------|---------|---------|--|---------|-------------------------------------|---------|
| Parameter | Unit | A1 | A2 | A3 | A4 | A1-A3 | A4 | A1-A3 | A4 |
| GWP | kg CO2-ekv | 6,5E+00 | 1,3E-01 | 1,1E-01 | 1,2E+00 | 1,8E+00 | 4,6E-01 | 2,9E+00 | 3,8E-01 |
| ODP | kg CFC11-ekv | 1,1E-07 | 2,6E-08 | 1,4E-08 | 2,4E-07 | 2,4E-07 | 8,9E-08 | 4,3E-07 | 7,5E-08 |
| POCP | kg C2H4-ekv | 7,9E-04 | 2,0E-05 | 2,2E-05 | 1,8E-04 | 9,2E-04 | 7,4E-05 | 3,4E-03 | 6,1E-05 |
| AP | kg SO2-ekv | 3,4E-03 | 3,3E-04 | 5,4E-04 | 3,0E-03 | 1,1E-02 | 1,5E-03 | 2,7E-02 | 1,2E-03 |
| EP | kg PO4 3- -ekv | 3,0E-03 | 4,5E-05 | 1,2E-04 | 4,1E-04 | 2,3E-03 | 2,5E-04 | 1,1E-02 | 2,1E-04 |
| ADPM | kg Sb-ekv | 2,8E-06 | 3,0E-07 | 5,9E-07 | 2,8E-06 | 1,9E-05 | 1,1E-06 | 2,2E-05 | 8,2E-07 |
| ADPE | MJ | 2,0E+01 | 2,1E+00 | 1,2E+00 | 1,9E+01 | 2,8E+01 | 7,5E+00 | 5,0E+01 | 6,4E+00 |

Miljøpåvirkning med **OPPRINNELIG** enhet og kvantum. (1kg betongtakstein, 1m3 Cu-Impregnert virke, 1m3 Royalimpregnert virke.)

| | | NEPD-2709-1409-NO Skarpnes Betongtakstein Behandlet 1kg | | | | NEPD-1934-857- NO 3/7 Cu-impregnert | | NEPD-1808-766-NO Royalimpregnert | |
|-----------|----------------|--|---------|---------|---------|--|---------|-------------------------------------|----------|
| Parameter | Unit | A1 | A2 | A3 | A4 | A1-A3 | A4 | A1-A3 | A4 |
| GWP | kg CO2-ekv | 1,4E-01 | 2,7E-03 | 2,4E-03 | 2,5E-02 | 7,1E+01 | 6,2E+00 | 1,13E+02 | 1,63E+01 |
| ODP | kg CFC11-ekv | 2,3E-09 | 5,6E-10 | 3,0E-10 | 5,1E-09 | 9,4E-06 | 1,2E-06 | 1,67E-05 | 3,19E-06 |
| POCP | kg C2H4-ekv | 1,7E-05 | 4,2E-07 | 4,8E-07 | 3,9E-06 | 3,5E-02 | 1,0E-03 | 1,31E-01 | 2,61E-03 |
| AP | kg SO2-ekv | 7,3E-05 | 7,0E-06 | 1,2E-05 | 6,4E-05 | 4,4E-01 | 2,0E-02 | 1,04E+00 | 5,27E-02 |
| EP | kg PO4 3- -ekv | 6,4E-05 | 9,6E-07 | 2,5E-06 | 8,8E-06 | 8,8E-02 | 3,4E-03 | 4,42E-01 | 8,85E-03 |
| ADPM | kg Sb-ekv | 6,0E-08 | 6,4E-09 | 1,3E-08 | 5,9E-08 | 7,3E-04 | 1,5E-05 | 8,39E-04 | 3,47E-05 |
| ADPE | MJ | 4,2E-01 | 4,4E-02 | 2,7E-02 | 4,1E-01 | 1,1E+03 | 1,0E+02 | 1,93E+03 | 2,71E+02 |

Omregningsfaktorer transport

| Produkt | Enhet deklarerert | Antall | Enhet omregnet | Antall | Omregningsfaktor |
|--|-------------------|--------|----------------|--------|------------------|
| NEPD-2709-1409-NO Skarpnes Betongtakstein Behandlet 1kg | km | 300 | km | 300 | 1 * modul A4 |
| NEPD-1934-857- NO 3/7 Kobberimpregnert (Cu) trelast av furu i klasse AB | km | 105 | km | 300 | 2,857 * modul A4 |
| NEPD-1808-766-NO Royalimpregnert trelast | km | 330 | km | 300 | 0,909 * modul A4 |

Omregningsfaktorer LCA

| Produkt | Enhet deklarerert | Antall | Enhet omregnet | Antall | Omregningsfaktor |
|--|-------------------|--------|----------------|--------|---------------------|
| NEPD-2709-1409-NO Skarpnes Betongtakstein Behandlet 1kg | kg | 1 | m2 | 1 | 46,8 (kg pr m2) |
| NEPD-1934-857- NO 3/7 Kobberimpregnert (Cu) trelast av furu i klasse AB | m3 | 1 | m2 | 1 | 0,025886 (m3 pr m2) |
| NEPD-1808-766-NO Royalimpregnert trelast | m3 | 1 | m2 | 1 | 0,025886 (m3 pr m2) |

| Dagens metode for trebord | | | | | | |
|----------------------------------|-------------|------------|--------|--------------|------------|---------------|
| Material | Mengde (m2) | Enhetspris | Sum | Antall timer | Enhetspris | Sum |
| Undertak pro xtra | 94 | 110 | 10340 | 9,2 | 430 | 3956 |
| Lekter 48*48 | 94 | 77 | 7238 | 7,9 | 430 | 3397 |
| Tro plate, OSB | 94 | 243 | 22842 | 10,5 | 430 | 4515 |
| Undertaksbelegg isokraft | 94 | 157 | 14758 | 9,2 | 430 | 3956 |
| Sløyflekker 36*48 imp | 94 | 65 | 6110 | 6,6 | 430 | 2838 |
| Spikerlekter 36*48 imp | 94 | 110 | 10340 | 13,2 | 430 | 5676 |
| Takbord møre royal | 94 | 1075 | 101050 | 59,2 | 430 | 25456 |
| Sum materialkost | | | | | | 172678 |
| Sum Timer | | | | | | 115,8 |
| Sum timeskost | | | | | | 49794 |
| Sum totalt | | | | | | 222472 |

| Kombinasjon av forenklet undertak og trebord | | | | | | |
|---|-------------|------------|--------|--------------|------------|---------------|
| Material | Mengde (m2) | Enhetspris | Sum | Antall timer | Enhetspris | Sum |
| Skråstag | 94 | 37 | 3478 | 1,3 | 430 | 559 |
| Undertak pro xtra | 94 | 110 | 10340 | 9,2 | 430 | 3956 |
| sløyfebånd | 94 | 95 | 8930 | 3 | 430 | 1290 |
| Sløyflekker 36*48 imp | 94 | 65 | 6110 | 6,6 | 430 | 2838 |
| Spikerlekter 36*48 imp | 94 | 110 | 10340 | 13,2 | 430 | 5676 |
| Takbord møre royal | 94 | 1075 | 101050 | 59,2 | 430 | 25456 |
| Sum materialkost | | | | | | 140248 |
| Sum Timer | | | | | | 92,5 |
| Sum timeskost | | | | | | 39775 |
| Sum totalt | | | | | | 180023 |

| Ståltakplater | | | | | | |
|----------------------|-------------|------------|-------|--------------|------------|--------------|
| Material | Mengde (m2) | Enhetspris | Sum | Antall timer | Enhetspris | Sum |
| skråstag | 94 | 37 | 3478 | 1,3 | 430 | 559 |
| Undertak pro xtra | 94 | 110 | 10340 | 9,2 | 430 | 3956 |
| Sløyflekker 36*48 | 94 | 58 | 5452 | 6,6 | 430 | 2838 |
| Spikerlekter 36*48 | 94 | 79 | 7426 | 7,9 | 430 | 3397 |
| Takplater av stål | 94 | 399 | 37506 | 26,3 | 430 | 11309 |
| Sum materialkost | | | | | | 64202 |
| Sum Timer | | | | | | 51,3 |
| Sum timeskost | | | | | | 22059 |
| Sum totalt | | | | | | 86261 |

| Betongtakstein | | | | | | |
|------------------------------------|-------------|------------|-------|--------------|------------|--------------|
| Material | Mengde (m2) | Enhetspris | Sum | Antall timer | Enhetspris | Sum |
| Skråstag | 94 | 37 | 3478 | 1,3 | 430 | 559 |
| Undertak Pro Xtra | 94 | 110 | 10340 | 9,2 | 430 | 3956 |
| Sløyflekker 36*48 | 94 | 58 | 5452 | 6,6 | 430 | 2838 |
| Steinlekter 36*48 | 94 | 69 | 6486 | 7,9 | 430 | 3397 |
| Betongtakstein, Zanda arktis svart | 94 | 266 | 25004 | 28 | 430 | 12040 |
| Sum materialkost | | | | | | 50760 |
| Sum Timer | | | | | | 53 |
| Sum timeskost | | | | | | 22790 |
| Sum totalt | | | | | | 73550 |