

## **Renovering av laftede hus ved bruk av tannbjelker og skiferstein.**

Renovation of timber houses using tooth beams and slate.

### **Trondheim Mai 2020**

Studenter:

Ida Merethe Lindland Leithe  
Henrik Strand Dretvik  
Theodora Sideridis

Intern veileder:  
Bozena Dorota Hrynyszyn

Ekstern veileder:  
Roger Skaret  
Frank Vognild

Prosjektnr:  
06 - 2020

Rapporten er ÅPEN



Fakultet for ingeniørvitenskap  
Institutt for bygg- og miljøteknikk

## **Prosjektbeskrivelse og resultatmål**

Med utgangspunkt i rehabilitering av laftehuset velger vi å ta hovedfokus på bruk av tannbjelke fra Rennebu-bjelken. Vi ønsker å benytte tannbjelker for å støtte opp nåværende konstruksjon i etasjeskiller og fundament. Det er spennende å se på endring av fundamenteringen ettersom huset vurderes å flyttes. For eksempel å se nærmere på muligheter for bruk av tannbjelker ved åpen fundamentering, noe som enda ikke har blitt gjort i praksis. Dette kan bli et nytt bruksområde av bjelketypen og det blir spennende å undersøke om det er mulig.

Grappa ønsker å se nærmere på saksbehandlingsprosessen med kommunen. Viktige aspekter ved dette prosjektet er muligheter for bruksendring av bygget (fra bolig til hytte) samt flytting til ny tomt.

Vi velger også å se på tannbjelke sammenlignet med andre lignende produkter. Det anses da som mest relevant å sammenligne med bjelker av limtre, men også stål og betong. Vi ønsker å finne ut hvor konkurransedyktig tannbjelken er ved å sammenligne aspekter som styrke, tilgjengelighet, miljø, brannkrav osv.

Det vil bli interessant å se på eventuelle fordeler ved bruk av tannbjelker i fundament og etasjeskiller framfor andre materialer. Vi vil se om vi kan bevise at bruk av tannbjelken kan ha en bedre EPD-verdi sammenlignet med konkurrerende materialer i dagens marked. Vi har også tenkt å utføre styrketester på tannbjelke som er dimensjonert for prosjektet vårt for å se hvordan den sammenligner seg mot andre materialer.

Som del to av oppgaven ønsker vi å se på restaurering av skifertaket. Hvor vi også ønsker å se på muligheter for etterisolering av taket. Som utgangspunkt ønsker vi å beholde så mye som mulig av den resterende skiferen, hvor det også er mulighet for å ta stein fra den påbygde delen av bygget som skal rives.

## **Stikkord fra prosjektet:**

Renovering, trønderlån, skifer, tannbjelker, hytte, kulturverdi, bærekraft, åpen fundamentering, laftehus, flytting av bygg, bruksendring

## Forord

Denne bacheloroppgaven markerer slutten på det treårige studieprogrammet innen ingeniørfag, bygg ved NTNU i Trondheim. De tre studentene i gruppen har det siste året ved studiet valgt å fordype seg innen husbyggingsteknikk. Studentene har jobbet med denne oppgaven i sitt 6. semester ved studiet, fra januar til mai 2020.

Oppgaven ble til ved studentenes ønske om å jobbe med en oppgave som handler om restaurering av bygg. Målet var å få kunnskap rundt restaurering av eldre bygg samtidig som det skulle utforskes nye løsninger og muligheter med utgangspunkt i produktene til de eksterne. Et annet mål med oppgaven var å finne gode og miljøvennlige løsninger som går bort fra forbrukssamfunnet også når det gjelder nybygg. Muligheten for å forme oppgaven selv samtidig som vi fikk god støtte fra de eksterne har vært veldig givende og spennende.

Vi ønsker å takke Nasjonalparken Næringshage i Oppdal for å ha opprettet kontakten mellom studentene ved NTNU og de eksterne bedriftene.

Vi vil også takke begge våre eksterne veiledere, Roger Skaret fra Rennebu-Bjelken AS og Frank Vognild fra Bedrock AS. I tillegg vil vi rette en stor takk til Torleif Bøe ved Rennebu-Bjelken AS. Vi er takknemlige for at alle tre viste fra starten av et stort engasjement for denne bacheloroppgaven og delte med oss mye klokskap og lærdom.

Til slutt vil vi takke vår interne veileder Bozena Dorota Hrynyszyn for den gode støtten og innspillene gjennom prosjektperioden.

Trondheim 20.05.2020

---

Ida Merethe Lindland Leite

---

Henrik Strand Dretvik

---

Theodora Sideridis

## Summary

In collaboration with Rennebu-Bjelken AS and Bedrock AS the students have been reviewing renovation and transportation of logged houses. The paper specifically focuses on innovative solutions of foundation and roof with use of toothbeams and slate. The frame of the thesis statement was formulated on this basis:

How can the building structures of a timber house renovation project be designed to best meet modern building design demands using toothbeams and slate? How can building materials be reused in regards of restructuring a slate roof and keeping old elements of a building?

The thesis statement is explored and solved through working on a case-building attached to the report. This case-building is a 148 years old logged house situated in the Trøndelag region of Norway. The solutions for the renovation of the cabin are produced with the idea of being easy to execute, to minimize CO<sup>2</sup> pollution and to give a good standard of living. The construction designs will be drawn in detail with a focus on building technical solutions. There will be a focus in updating the house to TEK-17 standards, specially focused on heating efficiency. A core goal throughout the report has been trying to keep as much as possible of the original building, considering the environmental, cultural and economical aspects.

To answer the thesis statement a planning process of realizing which exact changes need to be done have been executed. Literature from similar renovation projects have been revised and theory on different demands, laws and regulations have been collected. Rennebu-Bjelken and Bedrock have given recommendations on different solutions that have been taken into consideration. Through a process of elimination, the group has decided which concept designs are best suited for the project. This has led to an open foundation using toothbeams. There are multiple solutions presented for the roof construction where the focus lies on insulating this part of the house. For the eventual transportation of the house we have decided that the logs will be dismantled one by one, moved to the new plot before they will be remounted.



## Sammendrag

I samarbeid med oppdragsgiver Rennebu-Bjelken AS og Bedrock AS har studentene sett på renovering og flytting av bygg med laftede vegger. I oppgaven har det blitt satt spesielt fokus på innovative løsninger av fundament og tak ved bruk av tannbjelker og skifer. Med disse rammene er hovedproblemstillingen utformet:

Hvordan egner tannbjelker og skifer seg til renovering av laftede bygninger, og kan disse brukes ved åpen fundamentering?

Gjenbruk av materialer har også vært viktig for oppgaven, med tanke på omlegging av skifertak og bevaring av eksisterende bygningsdeler.

Problemstillingen blir satt opp imot oppgavens case-bygg som er ei 148 år gammel trønderlån. Løsningene til renoveringen av bygget ble prosjektert med tanke på at de skal være lette å utføre, minimere CO<sup>2</sup>-utslippet og gi en god levestandard. Løsningene som ble valgt for de forskjellige endringene som blir gjort detaljtegnes med teknisk tilnærming som grunnlag. Det er satt fokus på å oppdatere bygget til TEK-17 standard der dette er aktuelt, spesielt med tanke på varmetap, samt gjenbruke så mange deler av bygget som mulig, både med tanke på økonomi og miljø.

For å svare på problemstillingene har det blitt gjennomført en kartleggingsprosess hvor gruppen har tatt for seg alle de forskjellige endringene som må bli gjort. Det har blitt innsamlet litteratur om lignende løsninger fra diverse referanse prosjekt. Teori om diverse krav, lover og forskrifter har blitt overgått for å finne hvilke retningslinjer som skal bli fulgt. Etter forslag ifra Rennebu-Bjelken og Bedrock på forskjellige løsninger har det blitt gjennomført en designprosess hvor det har blitt bestemt hvilke løsninger som passer prosjektet best mulig. Det ble sett på en mulig løsning med bruk av tannbjelker i åpen fundamentering. Det blir også fremstilt flere løsninger for takkonstruksjonen med hovedfokus på etterisolering. Den eventuelle flyttingen av case-bygget vil gjøres ved å demontere huset, stakk for stakk.

# Innholdsfortegnelse

<b>Forord</b> .....	i
<b>Summary</b> .....	ii
<b>Sammendrag</b> .....	iii
<b>1. Innledning</b> .....	1
1.1. Bakgrunn .....	1
1.2. Formål og tilnærming .....	2
1.3. Problemstilling .....	3
1.4. Omfang og avgrensing .....	4
1.4.1. Oppbygging av oppgaven .....	4
<b>2. Casebygg</b> .....	5
2.1. Metode .....	5
2.2. Generelt om case-bygget .....	6
2.2.1. Fundament .....	7
2.2.2. Vegg og etasjeskiller .....	8
2.2.3. Tak .....	9
2.2.4. Vindu og dører .....	10
2.2.5. Sefrak-register .....	11
2.3. Trønderlåna .....	13
2.3.1. Bakgrunn og karakteristiske trekk ved trønderlån. ....	13
2.3.2. Case-bygget .....	16
<b>3. Rennebu-Bjelken</b> .....	17
3.1. Teori .....	17
3.2. Metode .....	17
3.3. Historisk bruk .....	18
3.4. Produksjonsmåte .....	21
3.5. Konstruksjonsegenskaper .....	22
3.5.1. Kapasitet og skjærkrefter .....	22
3.5.2. Tverrspanning .....	23
3.5.3. Materialeegenskaper .....	24
3.6. Bruksområder .....	25
3.7. Lignende bjelketyper .....	27
3.7.1. Bjelker med tre-tapper .....	27
3.7.2. Andre sammenlignbare materialer .....	28
<b>4. Fundament</b> .....	32

4.1.	Gamle fundamentløsninger for laftede bygg.....	32
4.2.	Grunnforhold.....	32
4.3.	Åpen fundamentering.....	33
4.3.1.	Telehiv sikring.....	33
4.3.2.	Graving og planering av tilbakefyll.....	34
4.3.3.	Rør og ledninger.....	35
4.3.4.	Forskaling og armering.....	35
4.4.	Casebygget.....	36
5.	Lafting.....	38
5.1.	Teori.....	38
5.2.	Hovedprinsipp ved lafting.....	39
5.2.1.	Beskrivelse.....	39
5.2.2.	Noven.....	39
5.2.3.	Håndverk.....	40
5.3.	Historie.....	40
5.4.	Materialeegenskaper.....	42
5.5.	Lafting i dag.....	42
5.6.	Casebygget.....	43
5.7.	Flytting av casebygget.....	43
5.7.1.	Gjenbruk.....	44
5.7.2.	Forberedelse.....	44
5.7.3.	Demontering.....	44
5.7.4.	Montering.....	44
5.8.	Etterisolering av laftevegger.....	45
5.8.1.	Innvendig isolering.....	45
5.8.2.	Utvendig isolering.....	46
5.8.3.	U-verdi.....	47
6.	Skifer.....	48
6.1.	Skifer som materiale.....	48
6.1.1.	Kvartsskifer.....	49
6.1.2.	Glimmerskifer.....	50
6.1.3.	Fyllitt.....	51
6.1.4.	Leirskifer.....	51
6.2.	Utforming og behandling av skifer.....	52
6.2.1.	Kappemetoder.....	52
6.2.2.	Overflatebehandling.....	53

6.3. Historisk bruk.....	54
6.3.1. Norsk skifer i utlandet.....	55
6.4. Skifer i bygg.....	55
6.5. Moderne skifertak .....	56
6.5.1. Skifersteinen .....	57
6.5.2. Undertak.....	59
6.5.3. Sløyfer og lekter.....	59
6.6. Restaurering og vedlikehold av skifertak .....	60
6.7. Skifertak og laft.....	61
6.8. Case-huset .....	61
6.8.1 Eksisterende .....	62
6.8.2. Mulige nye løsninger .....	65
6.8.3. Isolere loftsbjelkelaget .....	65
6.8.4. Isolere taket i stedet for etasjeskiller.....	67
6.8.5. Valg av løsning .....	68
6.8.6. Isolasjonstyper .....	69
7. Øvrige bygningsdeler.....	70
7.1. Vindu.....	70
7.2. Våtrom.....	71
8. Byggeadministrasjon og saksbehandling .....	72
8.1. Saksbehandling, Inderøy kommune .....	72
8.2. Sefrak-register .....	73
8.3. Fredet, vernet, verneverdig.....	74
8.4. Tek-17, krav og søknadsprosesser .....	75
8.4.1. Eldre bygningslover .....	75
8.4.2. Dagens krav .....	76
8.5. Casebygget .....	78
9. FoU .....	80
10. Kilder .....	83
11. Vedlegg.....	91
11.1. Artikkel.....	92
11.2. Plakat i A4 .....	95
11.3. Situasjonsplan.....	97
11.4. Fundamenttegninger .....	99
11.4.1. Nåværende fundament, plan.....	99
11.4.2. Nåværende fundament, snitt.....	99

11.4.3.	Nytt fundament, plan.....	99
11.4.4.	Nytt fundament, detalj 1.....	99
11.4.5.	Nytt fundament, detalj 2.....	99
11.5.	Plantegning 1. og 2. etasje.....	105
11.5.1.	Nåværende plantegning, 1. etasje.....	105
11.5.2.	Nåværende plantegning, 2. etasje.....	105
11.5.3.	Nåværende romplan, 1. og 2. etasje .....	105
11.5.4.	Ny plantegning, 1. etasje .....	105
11.5.5.	Ny plantegning, 2. etasje .....	105
11.5.6.	Ny romplan, 1. og 2. etasje.....	105
11.6.	Taktegninger.....	112
11.6.1.	Original takoppbygging.....	112
11.6.2.	Isolert loftsbjelkelag, overgang mellom vegg og tak .....	112
11.6.3.	Isolert loftsbjelkelag, detalj .....	112
11.6.4.	Isolert takflate.....	112
11.7.	Vindusdetaljer.....	117
11.7.1.	Vindu detalj, vertikal.....	117
11.7.2.	Vindu detalj, horisontal.....	117
11.8.	Mekanikk eksempel, bru.....	120
11.9.	Dokumentasjon og beregninger fra Rennebu-Bjelken AS .....	123
11.10.	Utdrag fra Grønn materialguide .....	129
11.11.	Referanseprosjekt fra Bygg og Bevar.....	137

# 1. Innledning

## 1.1. Bakgrunn

I løpet av de siste årene har det vokst fram et enormt fokus i bygg- og anleggsbransjen rundt bærekraft og det å bygge mer miljøbevisst. Dette gjenspeiler seg i materialvalg, men også i strengere krav for bygg, spesielt med tanke på energitap, fra Tek-17. Likevel konsentrerer dagens innsats veldig mye på å bygge *nye* miljøvennlige bygg. Samtidig vet vi at 70-80 % av de bygningene som vil bli brukt i 2050 er allerede bygget. Det må settes nytt fokus på miljøvernet som kommer fra ombruk av den eldre bygningsmassen framfor rivning og bygging av nytt. I dag står bygg- og anleggsbransjen for om lag 40 % av avfallsproduksjonen i Norge. Disse avfallsmengdene kan reduseres dersom vi velger vedlikehold og ombruk av bygninger i stedet for rivning og nybygging. I hovedsak vil også energibruken og den ytre forurensingen også reduseres ved vedlikehold og ombruk. (1) Sintef har nylig også avlagt en forskningsrapport hvor de konkluderer med at det lønner seg klimamessig å rehabilitere eksisterende byggverk framfor å bygge nytt. (2) Det er viktig å forvalte bygg og anlegg ut fra en samlet livsløpsbetraktning omkring miljø- og ressursmessige konsekvenser av ombruk fremfor bygging av nytt.

Det er et stort antall hytter som årlig blir bygd i Norge. Ifølge tall fra statistisk sentralbyrå sine nettsider har det blitt bygd nærmest 40.000 nye hytter i landet i årene mellom 2006-2016. (3) Samtidig står et ukjent antall bygg i landet ubrukt. Spesielt i landlige strøk er det ikke sjeldent å finne eldre våningshus, ofte i tilknytting til gårder, som står ubrukt og som fortærer med tiden. Med fortæringen av disse gamle bygningene går det noen ganger også kulturverdier tapt.

Det burde dermed bli vanligere med ombruk av eldre bygg til hytter både som et virkemiddel for å bevare flere kulturverdier i landet, men også for å redusere byggebransjens miljøavtrykk. Samtidig har byggingeniører et ansvar for å søke opp kunnskap og finne gode løsninger rundt renovering og rehabilitering av eldre bygninger. Bransjen må innse at framtiden ligger ikke bare i å bygge nye miljøvennlige hus, men også i å bruke og ta vare på den bygningsmassen vi har i dag. Det må gjøres enklere for hus- og hytte-eiere å ta sjansen på å gi nytt liv til eksisterende bygg.

## **1.2. Formål og tilnærming**

Tilnærmingen for å skape denne oppgaven tok utgangspunkt i de to eksterne firmaene og hver av deres produkt. Studentgruppen fikk kjennskap til begge firmaene gjennom en workshop-basert dag arrangert av NTNU og Nasjonalparken Næringshage i Oppdal. Første firma som er knyttet til denne rapporten er Rennebu-Bjelken AS som jobber hovedsakelig med produksjon av tannbjelker og konstruksjoner som anvender tannbjelker til bæring. Det andre firmaet som ble knyttet til studentoppgaven var Bedrock AS som er et firma som spesialiserer seg i skiferarbeid på bygg.

Videre har gruppen jobbet med å videreutvikle problemstillinger for hvordan disse produktene har vært og kan i framtida bli brukt på laftede bygg og trønderlån. Til slutt er formålet med oppgaven å komme fram til innovative løsninger ved å jobbe spesifikt med produktene opp imot oppgavens case-bygg.

Motivasjon for arbeidet kommer fra å måtte tenke fremtidsrettet, finne nye løsninger på problemer, men også fra å ha et case-bygg knyttet til oppgaven. Case-bygget ble funnet gjennom at den eies av en av studentenes familiemedlem. Case-bygget har vært spennende å jobbe med og vært med på å gi oppgaven en god referanse og viser seg å være en 'typisk' eksempel på ei eldre trønderlån. Det har vært motiverende og spennende å jobbe med et case-bygg hvor løsningene vi kommer fram til i rapportarbeidet kan muligens bli brukt i virkeligheten en gang i framtida.

For å komme fram til gode løsninger måtte arbeidet starte med å lære mye ny teori som skulle stå i grunn for det videre arbeidet. Det er en viktig del av prosessen å lære mer om tannbjelker, skifer, renovering og eldre byggeteknikker spesielt knyttet til lafting og fundamentering. Først etter denne informasjonen er funnet kan innovasjonsdelen av arbeidet og løsningene til problemstillingen starte.

### **1.3. Problemstilling**

Utgangspunktet for oppgaven er bruk av forspent tannbjelke i renovering, gjenbruk av skifer, samt generell forbedring av eldre laftede bygninger med utgangspunkt i et gammelt laftehus fra 1800-tallet.

Problemstillingen oppgaven ønsker å svare på er hvordan tannbjelken fra Rennebu-Bjelken AS egner seg generelt i forbindelse med restaureringsarbeid. Hovedfokuset er på bruk av bjelketypen i åpent fundament. Dette er et bruksområde som enda ikke er utprøvd for denne typen bjelke. I tillegg skal tannbjelken sammenlignes med andre materialer og produkter når det kommer til anvendelighet og miljøpåvirkning.

Tannbjelkene brukes for å oppnå store spennvidder, dette reduserer behov for antall pilarer. Oppgaven vil se på andre deler av bygningen og tiltak som er nødvendig for å sette det i stand og gjøre det mer energieffektivt. Det vil bli sett på løsninger for etterisolering av fundament, vegger og tak, samt mulighetene for å forbedre eller bytte vinduer og dører. Her vil det bli sett på fordelene med tiltakene i forhold til ønske om å bevare det originale ved bygget i uttrykk, materialer og teknikk.

Andre aspekter oppgaven vil se på er bruksendring av bygningen, fra hus til hytte samt muligheten for å flytte bygget til ny tomt. Spørsmål vi søker svar på angående dette er hvordan flyttingen skal gjennomføres, hvordan dette påvirker renoveringsarbeidet, samt hvordan det hele påvirker saksbehandlingen.

Andre del av oppgaven omhandler omlegging av tak med gjenbruk av skiferen, samt etterisolering av taket. Det blir sett på ulike løsninger og materialbruk. Ettersom det kun er den eldste delen av bygget som skal bevares vil det trolig være mer skifer enn det som trengs for å legge om taket. Det blir derfor sett på alternativ bruk av denne skiferen i andre deler av huset.



## **1.4. Omfang og avgrensing**

Prosjektperioden varer fra januar til mai 2020. Oppgaven skal svare til 20 studiepoeng.

Fokuset i oppgaven er å se på løsninger for det aktuelle case-huset, med hovedfokus på fundament, tak og flytting. Det blir også sett på andre mulige utbedringer, etterisolering, våtrom, vinduer og dører, og murpipen, men mindre detaljert.

Løsningene er basert på undersøkelser gjort ved besøk av case-huset, samt litteraturstudie for oppbygning av tradisjonelle trønderlån og laftede bygninger. Grundige undersøkelser av tilstanden på case-huset er ikke blitt gjennomført, og det tas forbehold om at huset har annen bygningsoppbygging enn antatt på punkter som ikke har vært mulig å undersøke.

### **1.4.1. Oppbygging av oppgaven**

Første del av oppgaven omhandler case-husets nåværende tilstand samt teoristudie om trønderlån. Kapittel 3 fokuserer på ulike aspekter rundt tannbjelker. Kapittel 4, 5 og 6 omhandler ett bygningsdel hver mens kapittel 7 tar for seg to mindre bygningsdeler. Hvert av disse kapitlene har egen teoridel og en del hvor teorien blir knyttet opp mot case-huset og løsningene blir presentert. Etter dette er det et kapittel om byggeadministrasjon og søknadsprosesser. Avslutningsvis kommer forsknings og utviklings (FoU) kapittelet om fremtidsrettede lafteteknikker.

## **2. Casebygg**

### **2.1. Metode**

Gjennom prosjektperioden ble det gjennomført to befaringer av case-bygget. Det var viktig å samle informasjon og bildemateriale til det videre prosjektarbeidet. På første befarings ble huset målt slik at det videre var mulig å tegne opp huset ved bruk av Archicad. Det ble også gjennomført visuell inspeksjon av innsiden av huset og loftene. På det andre besøket var fokuset å undersøke tilstanden og oppbyggingen av fundamentet.

Det meste av informasjonen som er samlet om case-bygget kommer fra eierne av huset og de visuelle inspeksjonene. Det ble ikke tatt fra hverandre bygningsdeler for å undersøke tilstanden av bygget for eksempel under kledningen. Dermed vil det alltid være en usikkerhet ved det som blir anbefalt og prosjektert videre i oppgaven og den virkelige tilstanden av bygget.

Det har også vært viktig for det videre prosjektarbeidet å ha en god samling av bilder fra case-huset. Bilder har vært en god måte på å få informasjon i etterkant av en befarings uten å trenge å besøke case-huset på nytt.

Den innvendige målingen av rommene ble gjennomført med en krysslasermåler. Verktøyet gjorde oppmålingsarbeidet effektivt, men også mer nøyaktig. Et stort fortrinn ved å utføre oppmålingene med krysslaser er at en kan kontrollere mye bedre om etasjeskilleren sies. Med en krysslaser får man ei horisontal referanselinje en kan benytte til å måle høydeforskjeller i for eksempel himling eller gulv. Slike målinger er nyttige i arbeid med eldre bygg som da ofte har skeivheter i konstruksjonen.

## 2.2. Generelt om case-bygget

Case-bygget i denne prosjektrapporten er det gamle våningshuset på gården Vestre Snerting som ligger i Inderøy kommune. Selve gården har gamle røtter som kan spores tilbake til 1600-tallet. Case-huset ble bygd i 1872 men har senere fått to tilbygg i byggets lengderetning. Første påbygget ble bygd i 1898 mens det siste påbygget kom i 1942. Huset har blitt brukt som våningshus fra 1872 og fram til 1993. I 1988 ble det bygd et nytt våningshus på gården og case-bygget har siden stått for det meste ubebodd.



*Figur 1 Maleri av gården fra ca. 1900 der parstua har fått sitt første tilbygg. Bilde: T. Sideridis.*

Huset bærer i dag preg av alder og at det ikke blir brukt. For at bygget skal bevares videre bør det renoveres i årene som kommer. For dagens eiere overstiger renoveringskostnadene byggets verdi både materielt og kulturelt. Dermed vurderes huset å rives. Beste måten å bevare slike gamle hus på er ved å bruke dem. Gruppens forslag er å gjøre ei bruksendring av huset fra våningshus til hytte og flytte den til ei ny tomt. Huset er likevel i dag ganske stort.

Ei mulig løsning er å kun bevare den originale delen av bygget som ble bygd i 1872. Dette er fordi det sjeldent er behov for hytter over 120m<sup>2</sup>. I tillegg vil renoveringsprosjektet kreve mindre penger ved å ikke bevare påbyggene. Påbyggene vil da kunne skape en naturlig "materialbank" for prosjektet. Fra skifer til laft og vindu vil det være mulig å finne brukbare materialer som kan gjenbrukes til renoveringen av delen av bygget som skal bevares. På denne måten blir det et minimalt behov for innkjøp og produksjon av nye materialer. I dette prosjektet tar vi dermed utgangspunkt på denne løsningen, altså å kun bevare byggets originale del og gjøre ei mulig bruksendring til hytte. I dette kapittelet er det fokus på å beskrive tilstanden av kun den originale delen av bygget.

Etter oppmålingene og observasjonene som ble gjort under besøkene på case-huset har det blitt produsert tegninger av hvordan huset er i dag, men også hvordan nye løsninger ved renovering kan se ut. Disse tegningene er vedlagt i kapittel 11 av rapporten.

### 2.2.1. Fundament

Det er noen forskjeller mellom fundamentet på den eldste delen av bygget og fundamentet på tilbyggene. Felles for begge fundamentene er at det består av en tykk mur og krypkjeller. Den opprinnelige delen av case-huset ligger på en dobbel ringmur av naturstein, hvor den ytre muren holder oppe laftestokkene til ytterveggene og den indre muren støtter gulvbjelkene. Ringmuren består av naturstein uten bindemiddel eller utvendig puss. Muren sin totale tykkelse er på 760mm. Innermuren har en tykkelse på ca. 300mm og støtter gulvbjelkelaget. Det er 100mm med luft og jord mellom innermur og yttermur. Videre er det 360mm med yttermur som har ull og andre isolerende tekstiler mellom de to lagene. Ytermuren støtter opp lafteveggene. Kjelleren under originale delen av huset er en jordkjeller. Den har før i tiden blitt brukt som "potetkjeller" for lagring av mat gjennom året. Tilgang til jordkjelleren består av ei åpning i kortsiden av bygget. Åpningen er liten og dekkes til med noen løse stein eller beholdes åpen for lufting. Gulvbjelkene virker etter den visuelle inspeksjonen å være i god stand.



Figur 3 Jordkjelleren med gulvbjelker og steinmur under case-bygget. Bilde: T. Sideridis.



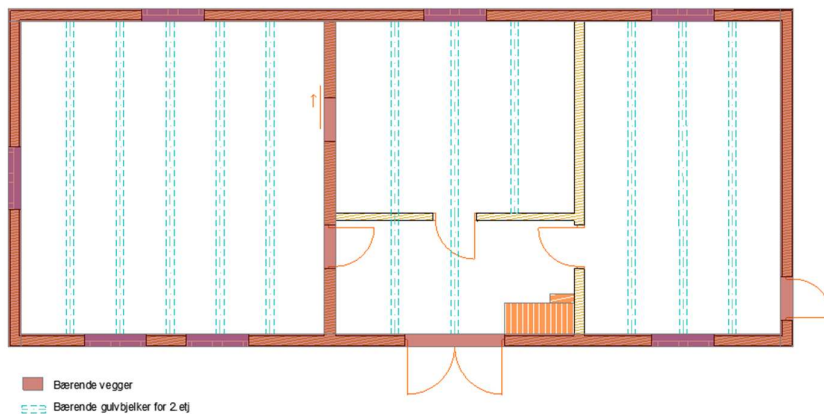
Figur 2 Inngang inn til jordkjelleren. Bilde: T. Sideridis.

### 2.2.2. Vegg og etasjeskiller

Veggene i hele huset består av skåret laft. Veggtykkelsen varierer noe, men ytterveggene har i prinsipp 200mm laft. Ytterveggene er utvendig kledd med stående panel. Det er usikkert om det er et lag med papp mellom ytterkledningen og laftet, men det er funnet antydning til dette i ett av påbyggene. I tillegg til ytterveggene er det noen av innerveggene som også er bærende slik det er vist i figuren under. Innerveggene varierer en del i tykkelse fra å ha laft mellom 120mm-200mm.

Byggets 1. etasje er oppusset mer gjennom årene enn det 2. etasjen har. Dette er logisk siden 1. etasjen består av oppholdsrom hvor man vil oppholde seg på dagen men også rom hvor man ville ta imot gjester. Det er for eksempel satt opp plater med veggtapet i begge stuen samt lagt inn laminatgulv. Uttrykket i 2. etasje er en helt annen hvor alle vegger har innvendig trepanel og det er fortsatt tregulv, slik 1. etasje mest sannsynlig også var opprinnelig.

Etasjehøyden i 1. etasje er på omkring 2,24 meter. Etasjehøyden i 2. etasje er betraktelig lavere på 1,82 meter romhøyde.



Figur 4 Plantegning av 1. etasje med markerte bærende vegger og gulvbjelker i etasjeskilleren. Bilde produsert i Archicad.

Etasjeskilleren mellom 1. og 2. etasje består av enkle trebjelker på omtrent 120x120mm som er lagt på tvers av lengden på huset. Bjelkene er lagt med cc 800mm og har en spennlengde lik bredden på huset som er på ca 4,85m. Over bjelkene ligger det et enkelt tregulv og etasjeskilleren er uisolert.

Det er ikke behov for støtte til etasjeskiller i den originale delen av case-bygget. Det er visuelt ikke noe betydelig sig i etasjeskilleren. Det ble i tillegg målt ca. 1 cm sig fra enden av rommet til midten av bjelkene som er mindre enn maksimale kravet på sig i bjelker på  $L/200$ . I de senere tilbyggene, spesielt på kjøkkenet i første tilbygg er det tydelig sig i etasjeskilleren. Her er det trolig behov for å sette inn noen form for ytterligere støtte til de eksisterende bjelkene.



### 2.2.3. Tak

På Case-huset er det brukt diamantformede Altaskifer på taket. Fra gammelt av er det kaldt loft på case-huset, det er ingen isolasjon mellom takåsene eller på oversiden. Taket er bygd opp av flere runde takåser og med taktro av liggende planker på lekter og det som ser ut til å være spon eller en form for rupanel eller lignende utenpå. Taktroa er de bordene oftest av tre som ligger utenpå takåsene/sperrene og er underlag for undertaksbelegg og bærer taktekningen. Fra gammelt av var det vanlig å feste skiferen direkte på taktroen, ofte også uten takpapp eller annen form for tetting. I casehuset kan man se spikrene stikke gjennom undertaket og være synlig fra innsiden.

Det som er litt spesielt med taket er at lektene er festet med kvister som er bøyd rundt takåsene. Dette er originalt fra da huset ble bygd i 1872 og virker fortsatt å være i god stand.



Figur 6 Lektene som er festet til takåsene med kvister. Bilde: T. Sideridis.



Figur 5 Skader rundt pipa. Bilde: T. Sideridis.

Under inspeksjon av casehuset ser loftet tørt ut og virker til å være i god stand. Eneste synlige problemene er at det er noen skader på taket rundt murpipa på grunn av fukt, noe som er relativt vanlig på eldre bygg. Her må det nok skiftes ut noen bord og stokker. Loftsbjelkelaget antas å være stubbeloft. Det er uisolert og det er ikke lagt gulv i loftsetasjen.

#### 2.2.4. Vindu og dører

Som nevnt i avsnitt 2.2.2. så har 1. etasjen i case-huset blitt oppusset mer gjennom tidene enn det 2. etasjen har. Dette gjelder også vinduer og dører. Alle vinduene i 1. etasje ble skiftet ut på 1950-tallet. Unntaket i denne etasjen er ett vindu i stua som ble valgt å skjule bak tapetveggen og har ikke blitt skiftet ut. Vinduene i 2. etasje har ikke blitt skiftet ut gjennom årene. Det er også kun ett unntak i denne etasjen, og gjelder vinduet i det midterste soverommet som ble skiftet ut samtidig som vinduene i 1. etasje. Vi ser tydelig forskjellen mellom gamle og "nye" vinduer i de utvendige bildene av bygget. De gamle vinduene har sprosser og mindre glassruter som var lette å erstatte hvis en glassrute knuste.

Vinduene i 1. etasje har høyde 102 cm, bredde 101 cm og brystningshøyde 80cm. Vinduene i 2. etasje har høyde 79 cm, bredde 95 cm og brystningshøyde 67cm.

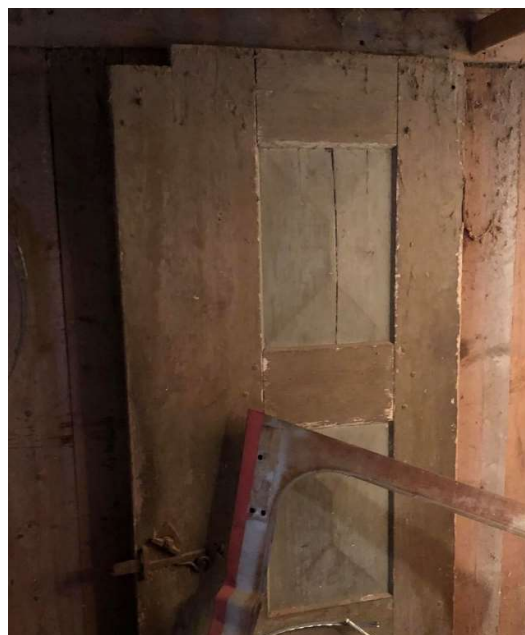


*Figur 7 Tydelig forskjell mellom gamle og nye vindu. De gamle vinduene har sprosser og mindre glassruter. Bilde: T. Sideridis.*

Hoveddøra til huset er en viktig del av byggets estetiske utvendige uttrykk. Ytterdøra er tofløyet og bredere enn de andre dørene i bygget. Hoveddøra som står i case-bygget i dag er ikke den originale døra. Nåværende dør har vindu i hvert dørblad noe som slipper mer lys inn til gangen. Den opprinnelige hoveddøra til case-huset er fortsatt bevart på gården. Den har ikke vindu på dørbladene, men selve treet er mer pyntet. Dette kan vi se på maleriet av huset slik det sto originalt. For å få mer lys i gangen med den gamle døra var det små glassruter rett over døra. Dette partiet med glass ble erstattet med ei treplate når døra ble skiftet ut. Døra er totalt omtrent 1,2m bred.



Figur 8 Hoveddøra slik den står idag. Bilde: T. Sideridis.



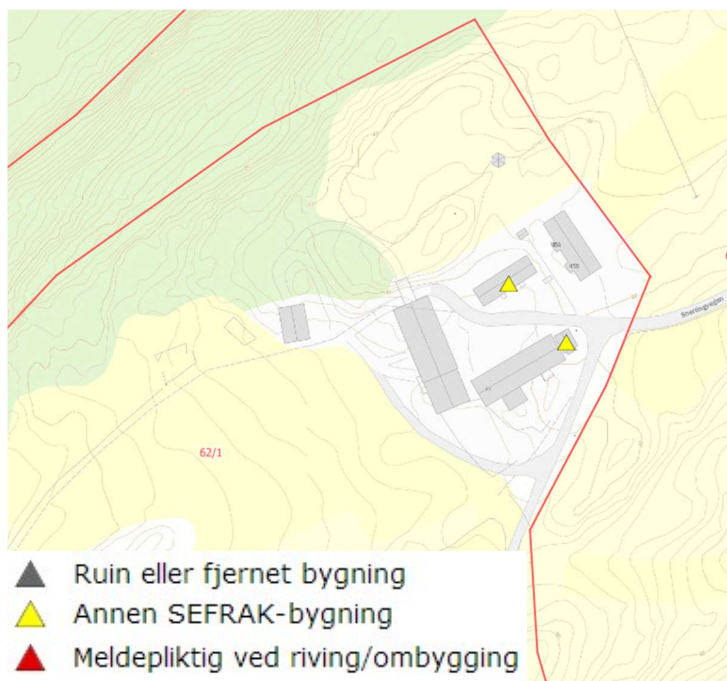
Figur 9 De opprinnelige dørbladene er satt på lager. Bilde: T. Sideridis.

### 2.2.5. Sefrak-register

Case-bygget ligger i SEFRAK-registeret siden det ble bygget før år 1900. Huset er ikke automatisk meldepliktig ettersom det er bygd etter 1850. Bygg som er SEFRAK-registrert, men ikke automatisk meldepliktig er anbefalt å likevel få ei verdivurdering i forhold til verneinteressen til kommunen før det tas vedtak om endringer. Dette vil ofte bestå av et besøk fra kommunen til bygget.

I miljødirektoratets karttjenester kan en søke opp og finne Vestre Snertingen som er gården som case-bygget er en del av. På bildene under kan en se hvordan byggene som er SEFRAK-registrert er markert med en gul trekant. I dette tilfellet er dette da case-huset, altså det gamle våningshuset og stabburet.





Figur 10 Skermbilde av Vestre Snertingen i miljødirektoratets karttjenester hvor SEFRAK-registrerte bygg uten meldeplikt er markert med gul trekant. (4)

Ved å trykke på et registrert bygg på kartet får man opp ei informasjonsside om bygget. På bildet under kan en se den tilgjengelige informasjonen som vises fram for case-huset.

Informasjonen er ofte veldig begrenset, men samtidig nyttig. Man får for eksempel vite hva husets funksjon er og omtrentlig byggeår. I vår tilfelle har vi da et våningshus fra tredje kvartal av 1800-tallet. (5)



#### Fakta: Bygninger før 1900 (Sefrak)

Navn	Våningshus, snerting Vestre
Bygningstype	Annen landbruksbygning
Tidsangivelse	1800 tallet, tredje kvartal
SEFRAK-ID	1729-0011-035
Bygningsnummer	140730122
Opprinnelig sosialt miljø	undefined

Dataene hentes direkte fra Riksantikvarens [SEFRAK-register](#).

Figur 11 Informasjon som er offentlig tilgjengelig på nett om case-bygget. (5)

## 2.3. Trønderlåna

### 2.3.1. Bakgrunn og karakteristiske trekk ved trønderlån.

Ei trønderlån er våningshuset som er å finne, hovedsakelig i tilknytting til en gård, i Trøndelag. Det er mange kjennetegn ved disse husene. De viktigste kriteriene er nok et langt og smalt hus i to etasjer. Husene er også karakteristisk smale, har små takutstikk og en slak takvinkel.

Takvinkelen skulle kunne passe til torvtak. Huset har i hovedsak bare ett rom i bredden, noe som hjelper med ønsket om at stuene skal være gjennomlyste. Regelmessige vindusrekker og markerte inngangsparti er også typiske trekk. Siste hovedtrekket utvendig i bygget er nok trepanelet, den vertikale ytterkledningen, som er normalt malt rød eller hvit.

Inspirasjonen for det utvendige arkitektoniske uttrykket til trønderlånene ble hentet fra bygårdene og storgårdene. I Europa var det fra omkring 1800 en ny arkitektonisk trend som gjaldt og det var empirestilen med et klassisk formspråk. Disse europeiske stilimpulsene kom etter hvert også til Norge. Det var husene til den rike overklassen som var bygd i ny stil og spesielt Trondheim sine trepale fra slutten av 1700-tallet som inspirerte videre til trønderlånene. Den gamle lokale bygningskulturen ble beholdt når den nye klassiske stilen ble populær, dermed ble den europeiske empirestilen tilpasset tradisjonelle byggemetoder i tre.



Figur 12 Det greske parlament, ferdigstilt i 1843 i neoklassisistisk stil. (Bilde fra Google)



Figur 14 Nasjonal palasset i El Salvador i neoklassisistisk stil. (Bilde fra Google)



Figur 13 Stiftsgården i Trondheim som var ferdig oppført i 1778. (Bilde fra Google)

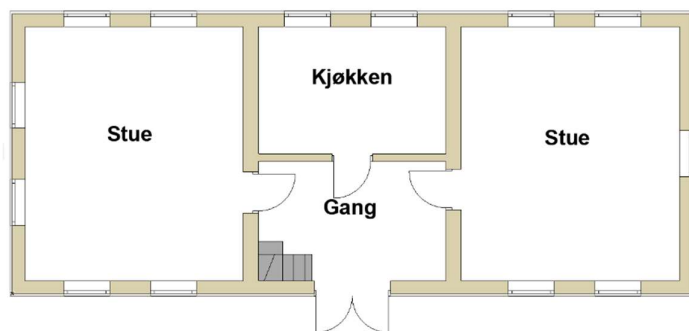


Figur 15 Låna på Vibe gård på Steinkjer, oppført i 1796. (Bilde fra Google)

Over ser vi bildeeksempler av hvordan storslåtte neoklassisistiske bygg sørover i Europa har vært til inspirasjon når overklassen har bygget bolig i Norge. Stiftsgården i Trondheim, som stod ferdig oppført i 1778, er et godt eksempel på en neoklassisk bygg i laft som kunne godt ha fungert som inspirasjon og forbilde til trønderlånene. (6) Samme idealene ser vi ble tatt med videre fra storbyen Trondheim til bygda, slik som på Vibe gård, hvor vi ser at dobbelsymmetrien er vel gjennomført. Låna på Vibe gård har så fin symmetri utvendig fordi den ble bygget under ett i 1796. Det var ellers veldig vanlig med påbygging i de fleste trønderlånene noe som til tider kunne ødelegge for det symmetriske idealet.

På 1700-tallet så man at opplysningstiden førte til modernisering av landbruket. Dette har blitt kalt "det store hamskiftet", som også førte med seg store endringer i de lokale byggetradisjonene på slutten av 1700-tallet og første del av 1800-tallet. Før skiftet var det vanlig at gårdene bestod av mange mindre bygg, hvor hvert av byggene hadde hver sin funksjon. Etter skiftet så man sammenbyggingen av flere av de små husene til færre lange bygninger. De nye byggene på gården kunne settes sammen av de gamle mindre husene slik at laftet ble brukt om igjen. Eventuelt kunne låna bygges som ny fra grunnen. Dette kom an på hvordan økonomien til gården var og tilstanden til det gamle tømmeret. Det var vanligere å bruke om igjen materialene fra de små byggene til å bygge de sekundære byggene på gården som driftsbygg. Bordkledningen ble etter hvert rimeligere slik at folk flest kunne kjøpe det. Med bordkledningen kunne man da kamuflere at et bygg var satt sammen av ulike gamle gjenbrukte laft og skape et finere eksteriør.

De fleste trønderlånene som ikke tilhørte overklassen, var ofte bygd i flere omganger. Midtkammerbygningen eller parstua som det også blir kalt, var ofte utgangspunktet for bondehuset. Den bestod av en gang i midten og stue i hver side. Så var det vanlig å få ei kårstue som tilbygg. Da bygges det til i lengden for å få et lengre bygg og for å fortsett ha ett rom i bredden.



Figur 16 Vanlig planløsning av parstua. Tegningen er laget i Archicad.

Et annet ideal for de trønderske gårdene var å oppnå et firkanttun. Byggene medvirket dermed til å skjerme tunet for vind og snø fra alle retninger. Topografi og lokal byggeskikk gjorde firkanttunet vanligst i Trøndelag. Andre steder i landet finner man andre tunsystem som rekketun og totunsgårder.

Byggemetodene i Norge og spesielt i bygda var gjort ut ifra empiriske erfaringer og lokale byggeskikk. Dette gjaldt også for bestemmelsen av takvinkelen i byggene. For trønderlån ser vi at torvtak hadde ei loddrett høyde fra takfot til møne som er  $\frac{1}{4}$  av bredden på huset. For skifer-, tegl- og spontekkinger kunne taket være brattere slik at den loddrette høyden fra takfot til møne ble  $\frac{1}{3}$  av husets bredde.

Det var mye kjennskap til trematerialets egenskaper og hvordan man best mulig kunne utnytte disse i bygg. Kvaliteten på tømret var bedre enn den vi vanligvis finner i dag. Dette er spesielt tydelig når man ser på hvor tett årringene på panelet er og bruken av kjerneved til vindu og dører. Gamle vinduer er ofte mulig å reparere til original tilstand siden de er enkelt oppbygde og kjerneveden er spesielt fukt- og råtebestandig. Vinduene består også av flere små glassruter slik at det er lett å skifte ut en glassrute i tilfelle den knuste. En negativ aspekt ved å beholde disse gamle vinduene er at de ikke kan måle seg mot dagens svært energieffektive glass. Ofte ved restaureringsprosjekt hvor det ikke er snakk om fredning må eieren selv bestemme mellom å beholde uttrykket fra de originale vinduene eller bytte til nye vinduer for å øke den innvendige varmekomforten.

Hovedinngangen inn til trønderlåna kan ofte bli sett på som byggets smykke. Våningshusene ble ellers ikke tilføyet kosmetiske element med unntak av hoveddøra. Dermed var det viktig hvordan dørene var utskjæret og smykket. I tillegg er hoveddøra til trønderlåna oftest tofløyet og bredere enn vanlige dører. Dette hadde også sine praktiske årsaker som for eksempel for å lettere kunne bære inn i huset større møbler.

Det er tidligere nevnt at trepanelet på utsiden av trønderlån var oftest malt rød eller hvit. Den hvite malingen var dyrere enn den røde og dermed førte med seg høyere status for gården hvis låna var malt hvit. Dermed er det vanlig å se at lånene først var malt rød og etter hvert som gården fikk råd til det, ble eventuelt våningshuset malt hvit i ettertid. (7)

I det 1. etasjen av trønderlåna ble brukt til opphold med stue og kjøkken ble 2. etasjen brukt til soverom. Av flere grunner ble etasjehøyden i 2. etasje bygd lavere enn 1. etasjen. En grunn til dette var at det ikke var samme behov for god takhøyde siden det ikke var vanlig å ha oppholdsrom i 2. etasje. En annen viktig grunn var at en sparte laft og arbeid ved å redusere

takhøyden. På grunn av den lavere takhøyden kan man også se at vinduene i 2. etasje oftest er mindre høye enn de i 1. etasje.

### **2.3.2. Case-bygget**

Prosjektoppgavens case-hus er det man kan kalle ei typisk trønderlån. Dimensjoner, utvendig uttrykk og de fleste aspekt nevnt over stemmer godt overens med byggets historie. For eksempel var case-bygget originalt malt rødt utvendig og ble i ettertid malt hvit slik den fortsatt står i dag. Etasjehøyden i 2. etasje er lavere enn den i 1. etasje. Case-bygget ble originalt bygd som ei parstue og har senere blitt påbygd to ganger, noe som var svært vanlig.

### 3. Rennebu-Bjelken

#### 3.1. Teori

Tannbjelker er en type tre bjelker. En tannbjelke består av to trestokker som er laminert sammen ved bruk av utskårne tenner. Måten bjelken er satt sammen på gjør at den får gunstige egenskaper når det gjelder styrke og å utnytte for fullt trematerialets egenskaper. Bedriften Rennebu-Bjelken AS produserer produkter som består i hovedsak av tannbjelker. Bedriften, som ligger i Rennebu kommune, er eneste firma i Norge i dag som produserer tannbjelker.



Figur 17 Tannbjelke under produksjon. Bilde: Rennebu-Bjelken AS.

Denne bjelketypen egner seg godt i konstruksjoner hvor en ikke ønsker å bruke materialer som stål og betong. Dermed var det høyst aktuelt å se på tannbjelker for dette prosjektet siden det på flere måter egner seg best å tilføye tre bjelker i et restaureringsprosjekt av et laftet hus.

#### 3.2. Metode

I forbindelse med litteratursøk om tannbjelker ble det funnet svært få litteraturkilder om bjelketypen. Felles for all litteratur kildene som ble funnet, med unntak av en, var at de var svært gamle. En artikkel av den tyske ingeniøren Jacob Leupold fra 1726 om delvis fortannede bjelker brukt i bruer (8) er den eldste skrevne kilden som har blitt funnet i sammenheng til denne prosjektoppgaven. Andre steder hvor tannbjelker er funnet nevnt er i et britisk leksikon utgitt i 1842 (9) og en bok fra den britiske ingeniøren Thomas Tredgold fra 1820. I de to sistnevnte kildene er tannbjelker benevnt som “joggled beam” på engelsk. På grunn av kildenes alder blir de stort sett ikke brukt videre i denne rapporten.

Det ble funnet kun en norsk litteraturkilde av interesse. Denne ble publisert i 1968 av en av Norges fremste forskere på tre, Rolf Birkeland. (10) Bladet har navnet *Trebjelker på en annen måte* og handler om en lignende trebjelketype til tannbjelken. (11)

Den mest omfattende litteraturkilden som ble funnet er ei doktoravhandling om sammensatte bjelker av tre basert på gamle teknologier. Denne rapporten er skrevet av sivilingeniør Joseph F. Miller ved Michigan Technological University i 2009. (8) Dette er en verdifull litteraturkilde for denne rapporten på grunn av påliteligheten av en doktorgradsavhandling og at den relativt sett er skrevet i nyere tid.

Som nevnt har det blitt funnet svært lite litteratur og forskning på tannbjelker i forbindelse med litteratursøk for dette prosjektet. Dermed har studentgruppen basert seg sterkt i muntlig informasjon. Slik informasjon er kun å finne av de som lager tannbjelker selv: de ansatte ved Rennebu-Bjelken AS og sivilingeniør Arne Vaslag som har jobbet tett med firmaet.

Resultatene fra litteratursøket kan gjenspeile hvor lite tannbjelker og andre lignende bjelker benyttes og produseres i dag. Det viser også hvordan gammel kunnskap kan bli gjenglemt og forsvinne. Det at byggenæringen gikk bort fra denne gamle trebjelketypen kan sees som en naturlig progresjon når byggebransjen i det forrige århundre ble introdusert til materialer som betong og stål. Likevel vil vi nok se en økende interesse for disse tradisjonelle trebjelkene på grunn av at fokuset i byggenæringen nå i økende grad handler om å bygge med tanke på miljøet. Dermed har folk allerede begynt å se mer på trekonstruksjoner igjen og prøver å unngå for mye stål og betong.

### **3.3. Historisk bruk**

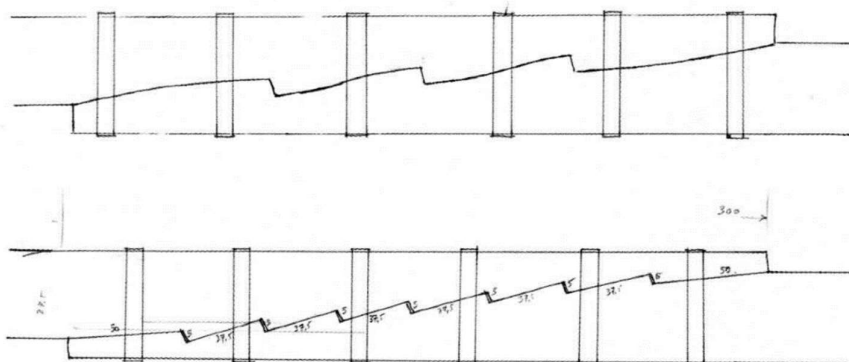
Å bygge konstruksjoner av tømmerstokker har en lang tradisjon og kan spores langt tilbake i tid. Tømmer blir brukt på grunn av trematerialets styrke, er lett å bearbeide, er estetisk fin i tillegg til å være en fornybar ressurs.

Omfattende kunnskap rundt egenskapene til tre og hvordan å utnytte det til byggeformål finner vi helt tilbake i romernes tid hvor de blant annet bygde komplekse trebruer. (12) Romernes kunnskap var svært viderekommen når det gjaldt bruken og egenskapene til ulike tresorter også. Arkitekten Vitruvius, som skrev mye angående ulike konstruksjonsteknikker, går i notatene sine i dybde om når og hvordan en skal hogge ned et tre, hvor gammelt treet skal være, hvor lenge den skal tørke osv. Alt dette delt inn etter tresort. (13)

Det er romernes kunnskap om tre og bruer som ifølge arkitekt og ingeniør Emmanouil Korres førte til at grekerne klarte å konstruere ett imponerende tretak med et spenn på 50m for Herodes amfiteateret i Athen, bygd fra 160 e.kr. til 174 e.kr. Spennet på 50 meter var ifølge Korres sin forskning et åpent spenn uten støttesøyler. I boken han skrev i forbindelse med forskningen på



denne trekonstruksjonen presenterer han mange illustrasjoner på hvordan denne konstruksjonen var satt sammen. Det viser seg at det ikke hadde blitt brukt noen tannbjelker, men vi kan se et lignende prinsipp bli brukt for å sette sammen bjelker i lengderetning slik figuren under viser. (14)

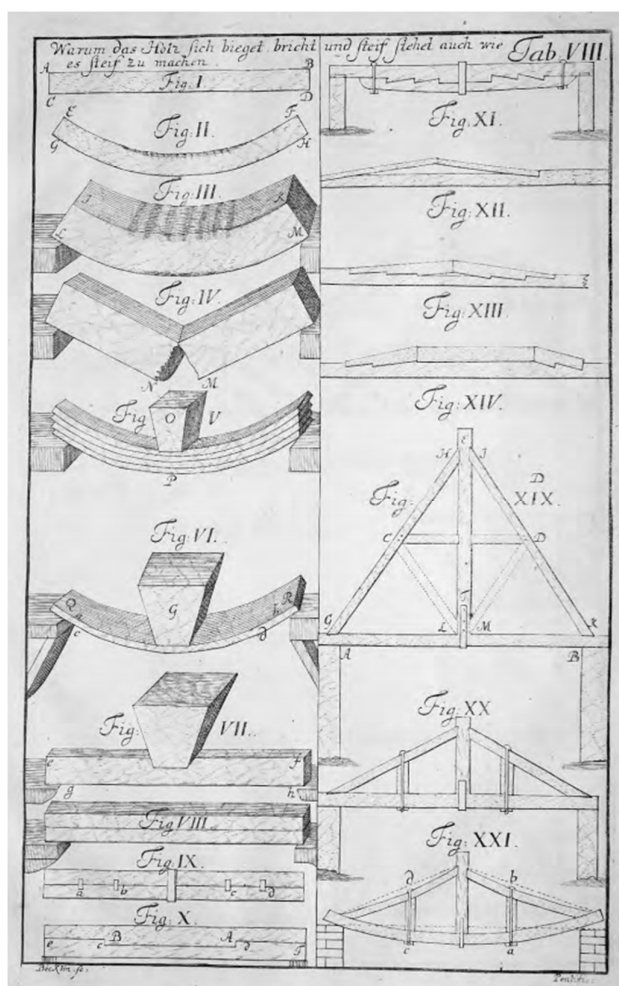


Figur 18 Ideel utforming av bjelkeender som er festet med tenner for å forbinde bjelker i lengderetning. Figuren er tatt fra boken om takkonstruksjonen til Herodes amfiteateret. (14)

Uten å ha funnet direkte spor på at tannbjelker ble brukt av romerne og grekerne i tiden før 200 e.kr. kan man likevel med sikkerhet si at det allerede da eksisterte mye kunnskap rundt det å bruke tre som konstruksjonsmateriale.

Sporene av faktiske tannbjelker kan trekkes langt tilbake i tid. Storslåtte bygg og konstruksjoner holdes opp til den dag i dag av denne gamle teknologien. De eldste kjente referanser på tannbjelker er 600 år gammel, men en kan ikke se bort ifra at en form for tannbjelke ble brukt enda lenger bak i tid. Tannbjelker kan en finne i konstruksjonen til Maria kirka i Krakow og som bæring til etasjeskiller i Akershus Festning. I tillegg er bjelketypen å finne som bæring i gamle bybro i Trondheim. Dagens bro stod ferdig i 1861 og har en lengde på 82 meter mens hovedspennet er på 42 meter. (15) Eksempel på at tannbjelker ble brukt til brukonstruksjoner i eldre tid er også å finne i en artikkel av Jacob Leupold i 1726 hvor han introduserer ulike måter å øke tverrsnittet til bjelkene i bruer. På illustrasjonen under fra Leupolds publisering ser vi forslag for *delvis fortannet* bjelke (fig. IX under), som vi vil komme tilbake til senere i rapporten, men også andre varianter på tannbjelker. (8)





Figur 19 Bøying, stivhet og brudd i tre og hvordan gjøre det stivt. Illustrasjonen kommer fra artikkelen til Leupold utgitt i 1726. (8)

En kan lett se for seg hvorfor tannbjelker som bjelketype ble tatt i bruk. Den baserer seg på svært enkle prinsipp og utnytter godt et materiale som har blitt brukt til bygg formål i tusenvis av år. En trengte strengt tatt bare ei øks og tremateriale for å produsere en sterkere bjelke. Når det i dag skal produseres en tannbjelke er det akkurat samme prinsipp som står i grunn. Det som er nytt er bruken av redskap som gjør utskjæringen av materialet langt mer nøyaktig enn det var mulighet for før. I tillegg har vi i dag konstruksjonsberegninger som står i grunn for dimensjoneringen. Videre vil vi se nærmere på akkurat dette: hvordan tannbjelker blir produsert og brukt i dag.

### 3.4. Produksjonsmåte

En tannbjelke er et relativt enkelt produkt å produsere. Kompleksiteten består av behovet for et svært høyt nøyaktighetsnivå. I starten gjelder det å dimensjonere bjelken. Rennebu-Bjelken AS har et eget beregningsprogram for dimensjonering av tannbjelker. Denne programvaren ble laget og ferdigstilt av sivilingeniør Arne Vaslag i 2016 og er patentert i flere land. Etter at man er kjent med de nødvendige dimensjonene til treverket bestilles selve materialet i riktig kvalitet og størrelse. Tresortene som er vanlig å benytte er furu og gran. Materialene som blir brukt er lokale, noe som fører til et bedre klimagass-utslipps regnskap til det ferdige produktet.



*Figur 21 Saga som befinner seg inn i maskinrommet og som skjærer ut tennene i treverket. Bilde: Rennebu-Bjelken AS.*



*Figur 20 Lukket maskinrom med bånd som fører treverket inn og ut av sagrommet. Bilde: Rennebu-Bjelken AS.*

Neste steg i produksjonen er saging av tennene på tre-bjelkene. Saga befinner seg i et eget lite maskinrom inn i bedriftens produksjonslokale. Materialet sendes gjennom sag-rommet på et bånd. Hele denne operasjonen foregår automatisk, der saga vet presist hvor stor vinkel, størrelse og avstanden mellom tennene skal være ut ifra informasjon fra dimensjoneringsberegningene fra programvaren. Slike maskiner kalles CNC-styrte maskiner. Navnet står for Computer Numerical Control og betyr at en maskin er automatisk styrt gjennom et dataprogram. (16) Saga opererer under programmering og beregning med 1/1000 mm presisjon. Det er likevel en feilmargin på 0,25mm i utskjæring av 12 meters langt trevirke som oppstår på grunn av friksjonspunkter og trekvaliteten. For å minimere avviket mellom tegningene i programmet og den faktiske sagde bjelken må man unngå at selve materialet har vridninger og deformasjoner. Det forutsettes at materialet, altså trebjelkene som skal sages, er bearbeidet i forkant og er så slette og rette som mulig for å unngå store avvik. Den svært gode nøyaktigheten ved utskjæringen av tennene fører til små avvik mellom dimensjonert lastkapasitet og den faktiske lastkapasiteten av den ferdige bjelken.

Siste steg i produksjonen er da å bøye og sette sammen de to bjelkene til en tannbjelke. Rennebu-Bjelken AS benytter for denne operasjonen en lang hydraulisk pressebenk. Samme pressebenk benyttes for å utføre kontroll på lastkapasiteten til bjelken etter at produksjonen er ferdig.



Figur 22 Hydraulisk pressebenk. Bilde: Rennebu-Bjelken AS.

### 3.5. Konstruksjonsegenskaper

#### 3.5.1. Kapasitet og skjærkrefter

Bak den enkle fasaden av produksjonen av en tannbjelke ligger det godt anvendte mekanikk-beregninger i grunn for produktets design. Tannbjelker utnytter trematerialets egenskaper og dekker også behovet for større tverrsnitts-dimensjoner i bjelker.

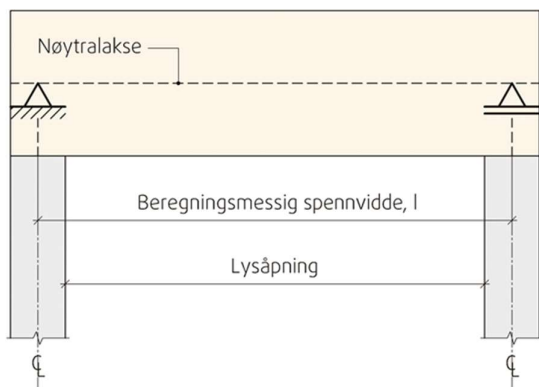
En tannbjelke består av to stokker som er mekanisk laminert til hverandre. En mekanisk bindemetode betyr at man ikke har brukt lim for å binde to deler sammen, som er å betrakte som en kjemisk bindemetode, for eksempel brukt i limtrebjelker. De to stokkene holder seg sammen ved bruk av innskårede tenner. Størrelsen og posisjonen på disse tennene er som tidligere nevnt nøye bestemt ved bruk av et digitalt beregningsprogram.

Tennene på bjelken bidrar til å ta opp skjærkreftene. Ved jevnt fordelt last eller punktlast midt i bjelken vil aksialkreftene være tilnærmet null midt på bjelken og øke mot endene av bjelken. En kan i tillegg bruke posisjonen på tennene til å forspenne bjelken.

Tannbjelker forspennes i lengderetningen ved å bøye bjelken oppover. Ved å skape en overhøyde som er like stor som tillatt nedbøyning kan en si at bjelkens nedbøyningskapasiteten har blitt doblet. Overhøyden i tannbjelken skapes ved at tennene blir plassert med en liten

forskyving mellom tennene i overdel av bjelken i forhold til underdelen. Differansen mellom overdel og underdel er liten på midten av bjelken men øker mot endene. Vi vil senere i rapporten også se at teknikken med å skape en overhøyde i bjelkene for å utnytte materialets fulle lastkapasitet også er brukt i *delvis fortannede* bjelker.

Nasjonale standarden NS-EN 1995-1-1 og Tek-17 må følges ved beregning av kapasiteten og dimensjonering av trebjelker. I bruddgrensetilstand er dimensjoner og spennvidder kontrollert med hensyn til moment- og skjærkapasitet. Akseptable deformasjoner i bruksgrensetilstand bør også opprettholdes etter standarden. Dette er kontrollert med hensyn til at nedbøyningen ikke skal være større enn  $l/200$  for generelle bjelker i for eksempel etasjeskillere (mellomlangtidslast/halvårslast), og  $l/300$  for hovedbjelker i for eksempel tak (korttidslast). (17)



Figur 23 Beregningsmessig spennvidde  $l$  for bjelker. (17)

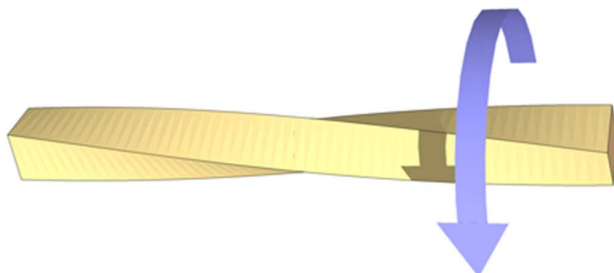
Man kan oppnå større tverrsnittdimensjoner på bjelken ved å sette sammen to trestokker. Med større tverrsnitt oppnår man naturligvis også større lastkapasitet på bjelken. Dermed brukes sammensatte trebjelker der det er behov for større dimensjoner enn man vanligvis kan finne i naturen og hvor bruk av bjelker av andre materialer som stål og betong ikke er foretrukket.

Vedlagt i rapporten ligger det dimensjoner og kapasitet på ulike tannbjelkekonstruksjoner. Dette kan finnes som vedlegg 11.09 og er hentet fra beregninger og tester utført av Rennebu-Bjelken AS og sivilingeniør Arne Vaslag.

### 3.5.2. Tverrspanning

I sammensatte slanke bjelkekonstruksjoner slik som bruer vil det fort være behov for tverrspanning. Det kan oppstå fleksing på brua ved sidebelastning noe som kan oppleves som ubehagelig. Forspent tverrarmering settes da inn mellom bjelkene i brukonstruksjonen for å ta opp torsjons-kreftene. Torsjon, også kalt torsjonsmoment, er en vridning som følger av et moment som virker om elementets egen akse. (18) For å unngå vridninger i konstruksjonen på

grunn av torsjon må en da sette inn en eller annen form for tverrspanning på tvers av lengderetningen til brua for å oppnå samvirke mellom bærebjelkene. Selve bjelkene i brukonstruksjonen tar ikke opp noe særlig torsjonskrefter. Man kan da sette inn forspent tverrarmering sammen med kubbing eller plater mellom bjelkene for å avstive konstruksjonen og for å ta opp torsjonskreftene.



Figur 24 Illustrasjon av torsjonsmoment. (18)

På smale bruer inntil 1 meter bruker Rennebu-Bjelken AS gjengestang med diameter på 24 mm som tverrspanning. Disse spennes opp for hånd. På bruer som er bredere enn 1 meter benyttes det wire med koniske hylser og kiler. Disse spennes opp til 16 tonn per punkt/wire ved bruk av en hydraulisk jekk. Det benyttes også runde stålskiver for å feste tverrarmeringen på plass. Skivene har en diameter på 200-300mm og en tykkelse på 30mm for å ikke bli bøyd av de store kreftene. Wirene plasseres normalt med en avstand rundt 1-1,2 m.

Det er produsert et enkelt eksempel som viser hvordan krefter virker på ei bru for å forklare de enkle mekanikk-teoriene som inngår. Dette forklaringseksempelet er vedlagt i rapporten som vedlegg 11.08.01 og 11.08.02.

### 3.5.3. Materialeegenskaper

Som nevnt er det furu og gran som blir brukt som trematerialer i produksjonen av tannbjelker hos Rennebu-Bjelken AS. Hver tresort har sine materialeegenskaper. Gran er en mer langfibret tresort som gjør den bedre egnet for større last. De lange fibre gir bedre egenskaper med tanke på nedbøying i bjelkene. Gran i styrkeklasse C-30 blir dermed foretrukket i brukonstruksjoner og lignende bruk som skal tåle stor belastning. Furu er som tresort mer kortfibret og vil dermed være utsatt for større nedbøyninger sammenlignet med gran. Furu blir brukt i mindre konstruksjoner som for eksempel i synlige bjelker av heltre i hus. Materialkunnskap rundt egenskapene til ulike tresorter har eksistert lenge noe vi kan se på laftede bygg, hvor det typisk benyttes gran på takåsene mens furu blir brukt for laftet på veggene.



### 3.6. Bruksområder

Tannbjelker kan brukes for alle slags type formål og konstruksjoner hvor det er behov for bjelker. Rennebu-Bjelken AS bruker bjelketypen i hovedsak for bygging av trebruer. Disse bruene kan dimensjoneres for både gangtrafikk og for kjøretøy. Etterspørselen etter gangbruer i tre for å settes i naturområder er størst siden trematerialet passer estetisk mye bedre enn andre materialer i slike sammenhenger.



*Figur 25 Bru i Skjåk, laget med tannbjelkekonstruksjon av Rennebu-Bjelken AS. (19)*

En annen bruksområde for tannbjelker er som bæring for etasjeskillere og fundament. I kapittel 5 av rapporten som omhandler fundament blir det sett nærmere på hvordan en kan anvende tannbjelker som gulvbjelker i et nytt pælefundament for case-bygget. Tannbjelker egner seg også flere steder i forbindelse med renovering av eldre trehus. Det finnes tidligere gjennomførte prosjekt hvor tannbjelker er brukt for å gi ekstra støtte til eksisterende etasjeskillere.

Etasjeskillere i gamle bygg kan ofte bli bøyd og få sig med årene på grunn av underdimensjonerte bjelker. For å rette opp gulvet kan en dermed forsterke bjelkelaget som bærer etasjeskilleren ved å tilføy tannbjelker på ulike måter. Letteste metoden er å feste en sammenhengende tannbjelke under og på tvers av de eksisterende bjelkene. Dette er vist på første figur under. Ulempen med denne metoden er at en mister en del av romhøyden der tannbjelkene går. Andre metoden er å kappe de eksisterende bjelkene delvis eller helt der tannbjelken krysser de. Eksempler på slikt arbeid vises på bildene under. Tannbjelkene kan festes direkte til veggen ved bruk av bjelkesko av stål eller ved å lage hull i vegglaftet slik at bjelken hviler på selve veggkonstruksjonen. I tillegg kan tannbjelker fint brukes som takåser og for å erstatte råtne takåser av laft i restaureringsprosjekt. I begge de sistnevnte tilfellene egner

tre seg godt som materiale for bjelken både med tanke på brannkrav med også for å beholde det originale estetiske uttrykket til trebyggene.



*Figur 26 Tannbjelke lagt rett under eksisterende bjelker i etasjeskiller. Bilde: Rennebu-Bjelken AS.*



*Figur 28 Ny tannbjelke lagt gjennom eksisterende bjelker. Bilde: Rennebu-Bjelken AS.*



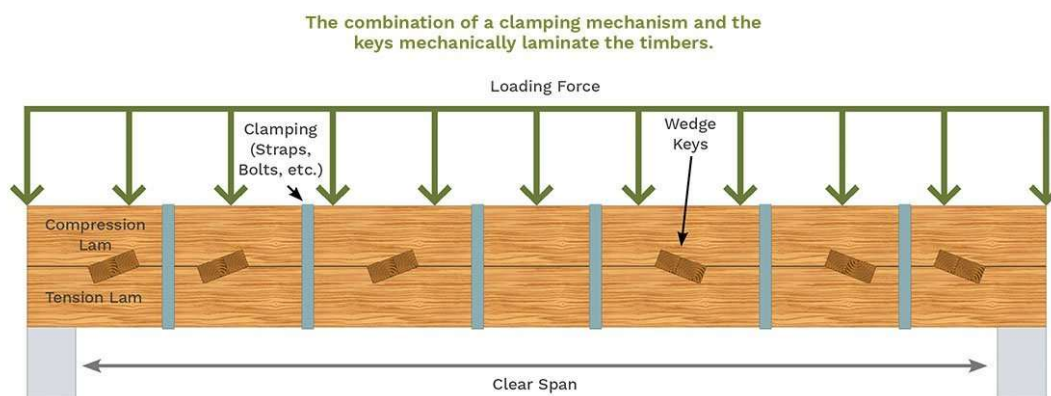
*Figur 27 Tannbjelker brukt for bæring av etasjeskiller og festet med bjelkesko. Bilde: Rennebu-Bjelken AS.*

### 3.7. Lignende bjelketyper

#### 3.7.1. Bjelker med tre-tapper

Derevyagin-bjelker eller også kalt *key-laminated beams* på engelsk er nært beslektet tannbjelken. De er begge bygget opp av flere trestokker som er satt sammen på en mekanisk måte, uten bruk av lim. En derevyagin-bjelke er satt sammen av to eller tre vanlige bjelker av rektangulært tverrsnitt, og som er forbundet med hverandre ved hjelp av løse tapper av hardved. Etter dimensjoneringen for bjelken er gjort starter produksjonen ved at bjelkene bøyes til en forhåndsbestemt kurve mot den siden som blir belastet. Høyden på denne kurven (overhøyden) er beregnet i forkant av produksjon slik at bjelken er nøyaktig rett når den blir belastet. Videre i produksjonen freses slissene ut. I disse slissene slås eller drives tappene inn. Tappene skal som nevnt bestå av hardved som for eksempel eik. Tappene skal være godt tørket og eventuelt i tillegg trykkimpregnert. Tappenes fiberretning skal være vinkelrett på kontaktflaten mellom bjelkene. (11)

For å videre sikre at de to eller tre bjelkene holder seg godt sammen er det funnet eksempel fra en kanadisk produsent som benytter klemmer/stropper med bolter slik det er vist på bildet under. (20) Denne sikringstiltaket er kanskje mest aktuelt for relativt høye/slanke bjelker og der bjelken kan bli utsatt for torsjons-krefter. På figurene som er visst under er det ingen tapper i midten av bjelken. Dette er på grunn av at ved jevnt fordelt last eller punktlast midt i bjelken vil aksialkreftene være tilnærmet null midt på bjelken. I tillegg blir det tettere mellom tennene jo nærmere man kommer endene på bjelken siden skjærkreftene øker mot endene.



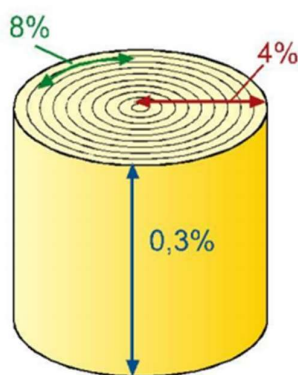
Figur 29 Illustrasjon av en delvis fortannet bjelke med klemmer. (20)

Denne bjelketypen produseres også av Rennebu-Bjelken AS. Der blir bjelken kalt *delvis fortannet*. Det er likevel ved sjeldnere anledninger at bjelketypen blir brukt på grunn av at produksjonsprosessen er mer arbeidskrevende enn ved den vanlige tannbjelken. Tannbjelken krever bare utskjæring fra den automatiske saga mens en delvis fortannet bjelke trenger

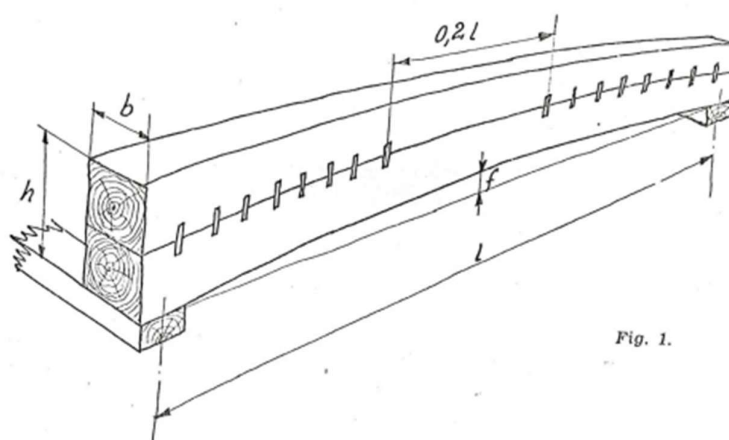


merarbeidet med å kappe og montere de løse mellombitene/tappene. En fordel ved å produsere delvis fortannet bjelker er at mindre materiale kreves til produksjon i forhold til tannbjelker. Under produksjonen av full fortannet tannbjelker kutter saga ca 2cm av høyden til trebjelkene. Under produksjonen av delvis fortannet bjelker vil man derimot ikke miste denne høyden under sag-prosessen og det benyttes dermed mindre materiale til produksjon.

Eneste produksjonsforskjellen mellom de delvis fortannede bjelkene som Rennebu-Bjelken AS produserer og de andre referansebjelkene (Derevyagin og keyd-beam) er fiberretningen til tappene. Vanligvis er det funnet at tappene legges inn med fiberretninga på tvers av lengderetningen til bjelken. Dette forutsetter at treet som brukes for tappene er som nevnt godt tørket. For å unngå problemer med krymping av treet som brukes til tapper velger Rennebu-Bjelken AS å sette inn tappene med fiberretningen i bjelkens lengderetning. Dette er fordi tre krymper ulikt i forskjellige retninger. Det å unngå krymp i tappene ved å endre fiberretningen fører til at tappene ikke trenger å være like uttørket og samtidig beholder styrken i bjelken.



Figur 31 Trevirket krymper forskjellig i tangentiell, radiell og aksial retning. (21)



Figur 30 Derevyagin-bjelke av to vanlige bjelker satt sammen med tapper og bøyd med overhøyde f. (11)

### 3.7.2. Andre sammenlignbare materialer

Her presenteres andre materialer og produkter som er vanlig å finne i bærekonstruksjoner. Det er interessant å sammenligne mer vanlige og brukte alternativ til tannbjelker i forhold til estetikk, miljø og brann.

#### Limtre

Limtre er laminert trevirke som er bygget opp av tynne trebord som er limt sammen. Limtre kan brukes i bærende konstruksjoner i form av bjelker og søyler. Lamineringsteknikken ble

utviklet tidlig på 1900-tallet mens produksjonen i Norge startet ikke for alvor før på slutten av 1950-årene. (22) Limtre har en betraktelig lavere vekt i forhold til styrke sammenlignet med stål og betong. Det finnes flere limtreprodusenter rundt om i landet og produktene produseres oftest av norsk eller svensk trelast. Bærekonstruksjoner i limtre er betydelig mer brannsikre enn stålkonstruksjoner. (23)

På mange måter kan egenskapene til limtre være lik egenskapene til tannbjelker. En viktig forskjell en kan peke ut mellom tannbjelker og limtre er at sistnevnte har blitt svært normalisert som et standard bygge produkt. Dette har gjort at det finnes lett tilgjengelige, ferdigproduserte elementer i standard dimensjoner.

## Stål

Stål er også et normalt materiale å bruke for bjelker og søyler. Stål er en legering av jern og karbon, som øker styrken på jernet på bekostning av duktiliteten. Karboninnholdet i vanlig stål kan utgjøre inntil 2,1 vektprosent. Utover dette betegnes materialet som støpejern. På grunn av sin høye strekkstyrke og moderate kostnad benyttes stål i mange konstruksjoner, både komplette bæresystemer og som sekundære elementer i forbindelse med andre materialer. Dermed finnes det standardiserte profiler og dimensjoner på stålbjelker og andre konstruksjonsdeler i stål. Stål kommer dårligst ut når det gjelder klimagassutslipp i forhold til tre- og betongkonstruksjoner. Likevel kan det være store variasjoner på dette. En kan for eksempel benytte i større grad resirkulert stål og i tillegg forsikre seg om at det er brukt ren energi under produksjonen. Ved endt levetid kan 100% av stålet resirkuleres. Samtidig kan stål tåle en høy resirkulert andel uten å miste styrke. Ved å benytte stål med mindre vekt for samme funksjon f.eks høyfast stål, kan de totale utslipp for konstruksjonen reduseres ytterligere. Stål produseres i verk i Norge, men kan også komme fra andre verk i Norden og Europa.

Stål som konstruksjonsmateriale har dårlige brannegenskaper. Avhengig av kapasitetsutnyttelsen av stålet vil kritisk temperatur variere, men for de fleste belastede stålkomponenter vil denne temperaturen ligge rundt 500 °C. Ved en temperatur på 500 °C vil stålet ha mistet ca. 50 % av sin fasthet. Ubeskyttede stålkonstruksjoner kan vanligvis ikke oppnå høyere brannmotstand enn 10 til 15 minutter. Dette er langt under den minste brannmotstandskravet R30, tilsvarende minimum 30 minutters brannmotstand, for bærende konstruksjonsdeler. Dermed brukes alltid brannbeskyttelsessystem for bærende stålelementer for å forsinke oppvarmingen av stålet og tidspunktet for sammenbrudd eller varige deformasjoner. Stålkonstruksjonene kan dermed oppnå høyere brannmotstand, men

dimensjonene på for eksempel bjelkene blir noe større på grunn av gipsplater som må festes rundt bjelken for å oppfylle brannkravene. (24)

## Betong

Betong er en blanding av sement, vann, tilslag og tilsetningsstoffer. Tilslag er normalt sand, stein og pukk. Blandingsforhold og tilsetningsstoffer benyttes for å endre egenskapene til betongen, for eksempel for å forkorte herdetiden. Betong er et materiale som tåler store trykkrefter. Det legges nesten alltid armering i betongen, for å ta strekkraftene. Betong blir da et allsidig materiale som kan brukes både i fundament, bæresystem, gulv og vegger.

Betong har relativt høyt klimagassutslipp i forhold til andre vanlige konstruksjonsmaterialer. Det er kun stål som har noe høyere klimagassutslipp. Sement og armeringen i betongen gjør den mindre miljøvennlig. En kan i dag kjøpe 100% resirkulert armering noe som bør være foretrukket. Sement produseres av kalkstein, gips og jernsulfat og er i likhet med armeringsstålet ikke fornybare ressurser. Sement er delen av betongen som utgjør største del av klimagassutslippet. Dette utslippet kan reduseres ved å benytte lavkarbonbetong, der en andel av sementen i blandingen byttes ut med flyveaske, som er et avfallsprodukt fra kraftproduksjon. Ved å benytte flyveaske i sementen kan CO<sub>2</sub> utslippet reduseres med opp til 1/3.

Betong kan ha en lang levetid på flere år men vil brytes ned med tiden av vann og luft som vil trenge inn og/eller frostskaier. Det er til en viss grad mulig å resirkulere betong. Betongen blir da knust for å videre kunne brukes som tilslag. Likevel er det ikke trygt nokk å bruke resirkulert betong som tilslag i konstruksjoner og kan derfor bare gjenbrukes som fyllmasse.

## Treprodukter i forhold til stål og betong

Det er lett å forestille seg at treprodukter kommer svært mye bedre ut i klimagassutslippsregnskap i forhold til stål og betong. Tre som byggemateriale binder karbon, er en fornybar og lokal ressurs og ikke minst gjenbrukbar etter byggets levetid. Dette kan vi også se ut ifra materialveilederen til grønn byggallianse. (25) Relevant informasjon fra veilederen ligger i vedlegg 11.10 i denne rapporten. Der blir de ulike materialene som brukes i konstruksjoner sammenlignet med fokus på miljøpåvirkning.

Når det gjelder brannmotstand kommer treprodukter bedre ut enn stål.

## KONSTRUKTIVE MATERIALER



Figur 32 Utklipp fra materialveilederen hvor de vanligste konstruksjonsmaterialene sammenlignes med tanke på miljø. (25)

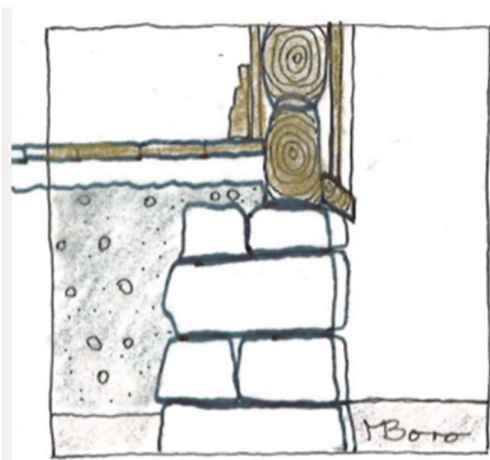
Materialvalg kan også gjøres ut ifra ønsket estetisk og arkitektonisk uttrykk. For eksempel vil det se mer naturlig og passende ut å sette inn en trebjelke i et laftet bygg framfor å introdusere stål, som vil i liten grad passe inn estetisk sett. De senere årene har det i byggebransjen også blitt populært å bygge prestisjefulle høye bygg i tre. Eksempel på slike prosjekter er ett av verdens høyeste trebygg, Mjøstårnet i Brumunddal som stod ferdig i mars 2019. (26) Grunnen til at arkitekter og utbyggere nå vender mer mot tre som byggemateriale er sterkt knyttet til fokuset rundt klimaspørsmål.

## 4. Fundament

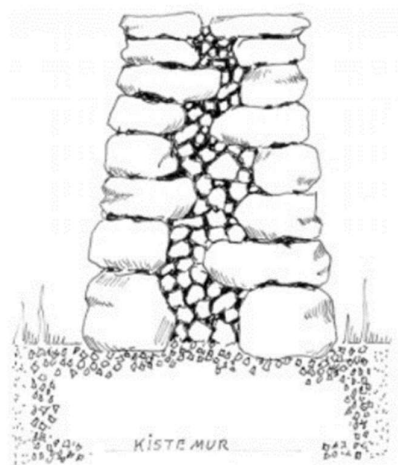
I dette kapittelet skal det bli sett på forskjellige fundamenttyper til laftebygg som har blitt brukt gjennom historien. Videre blir det fokusert mest på bruk av åpen fundamentering til laftebygg.

### 4.1. Gamle fundamentløsninger for laftede bygg

Laftebygg har gjennom historien blitt bygd på flere forskjellige typer fundament. Eldre bygg brukte steinfundament, enten ved bruk av større flate steiner som fordelte vekten langs svillstokken eller ved holdsteinsmur som er en stein plassert under hver av laftknutene. (27) Selv om disse metodene fortsatt ble brukt, begynte ringmur av stein å bli brukt fra og med 1800-tallet. Ringmur i sin enkleste form kunne være ei grøft fylt med stein, med en tørrmur oppå. Tørrmur er en steinmur uten noe form for bindemiddel. Ensidige murer (støttemurer) var også en normal metode hvor det vil være et bakfyll mellom murveggene som muren vil være avhengig av som støtte. En til ofte brukt metode var kistemur, hvor det er to atskilte natursteinsmurer med finere stein eller jord i midten. (28)



Figur 34 Støttemur. (93)



Figur 33 Kistemur. (94)

### 4.2. Grunnforhold

Ved fundamentering av bygg er det viktig å ta hensyn til eventuelle setninger eller telehiv. Den største faktoren som må bli tatt hensyn til da er eksisterende grunnforhold. Det er derfor viktig å få en slags formening om hvordan grunnforholdene ser ut der bygget skal stå. Det er ikke alltid aktuelt å utføre sonderings forsøk til mindre byggeprosjekt, men man kan få seg en formening om hvordan grunnforholdene er ved å undersøke tidligere byggeprosjekt i området. Tiltak som kan gjøres er å vurdere hvor stor overflaten til fundamentet skal være. Ved bruk av åpen fundamentering vil størrelsen på fundament-sålen variere både i forhold til telehiv og

setninger. Det må også vurderes hvor stor andel av massene som vil bli erstattet med ikke telefarlige masser.

### **4.3. Åpen fundamentering**

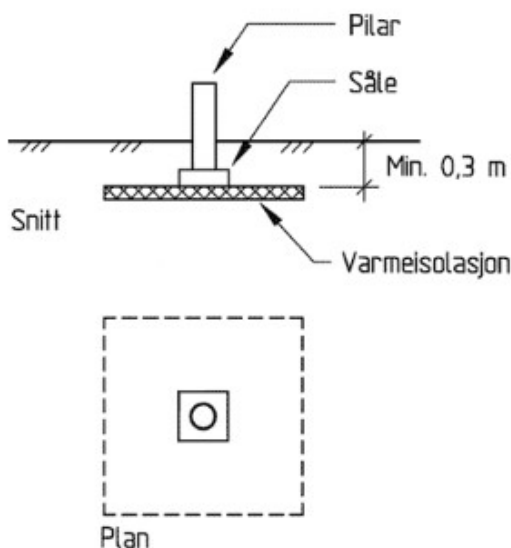
Åpen fundamentering er en av de eldre fundamenteringsmetodene. Begrepet dekker alle tilfeller hvor luftrommet mellom huset og terrenget står i åpen forbindelse med uteluften. Metoden tillater full frakobling mellom grunnen og bygget, og gir i tillegg veldig god lufting. Åpen fundamentering fungerer derfor bra i våte forhold. Metoden egner seg også derfor spesielt bra i grunn med dreneringsproblematikk. Åpen fundamentering egner seg også bra i ujevnt terreng ettersom det ikke er nødvendig å planere jorda der huset skal stå. Uansett grunnforhold krever denne fundamenteringsmetoden minimale inngrep i terrenget. Noen problemer med åpen fundamentering derimot kan være kulde fra gulv og estetikk. Gulvet mot grunnen må derfor etterisolerers. Det estetiske kan løses ved å bruke panel mellom overgang fra grunn til yttervegg, og i denne rapporten blir det foreslått en løsning med bruk av skifer. Det må også brukes en løsning som gir nok lufting i henhold til krav for åpen fundamentering. (29)

#### **4.3.1. Telehiv sikring**

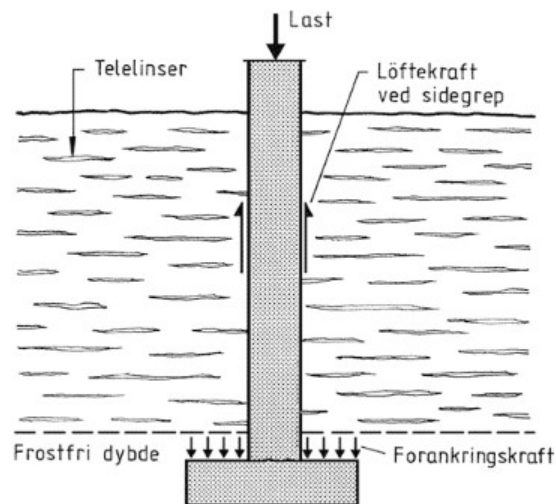
Ved bruk av betong pilarer er det viktig å ta hensyn til eventuell telefarlig grunn. Det vil derfor bli støpt en såle til pilaren. Størrelsen på sålen vil variere med lasten til bygget og bæreevnen til grunnen. Dersom det er bæredyktig fjellgrunn kan pilarene festes ned til fjellet uten bruk av såle. Man kan beregne behov for størrelse på nødvendig bæreflate av pilaren ved å dividere pilarlasten med tillatt grunntrykk, eller ved bruk av tabell. Videre kan nødvendig såleytykkelse og underkantarmoring beregnes etter NS 3473. Dersom det er telefarlig grunn, kan fundamentet bli utsatt for telehiv grunnet telens sidegrep. Dette forekommer fordi jorda fryses fast til siden av pilarene og løfter med seg pilaren med telehivet. Pilarene må derfor forankres med en såle i frostfri dybde. Pilarene kan også forankres over frostfri dybde ved å legge varmeisolasjon mellom pilarsålen og grunnen. Det må derimot vurderes om det er nødvendig å gjøre dette, med tanke på at om pilarenes og byggets egenlast kombinert er større enn motlasten til telehivet vil det ikke være nødvendig å ha søylesålen under frostfri dybde.

Dimensjonerende frostmengde	Frostfri dybde	Løftkraft på ubelastet pilar	Pilarens last, kN									
			0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
10 000	1,0	30	0,85	0,70	0,55							
20 000	1,5	60	1,00	0,95	0,85	0,75	0,65	0,50				
30 000	2,0	80	1,05	1,00	0,95	0,85	0,80	0,70	0,60	0,50		
40 000	2,5	90	1,00	0,95	0,95	0,85	0,80	0,75	0,60	0,55	0,50	
50 000	3,0	100	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75	0,70	0,60	0,55	0,45

Figur 35 Tabell for å finne størrelse av pilarsåle. (30)



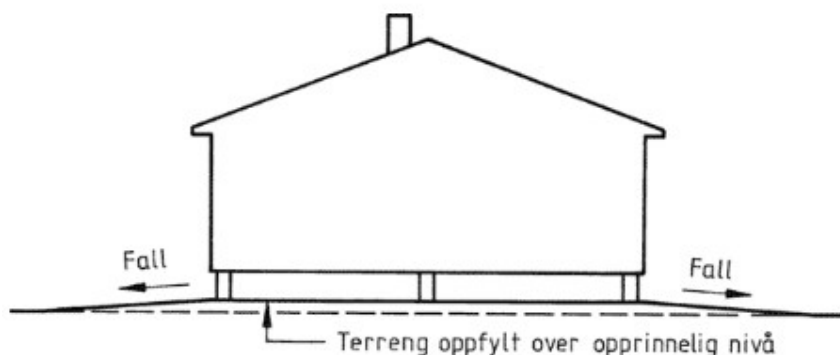
Figur 37 Forankring av pilar over frostfri dybde. (30)



Figur 36 Forankring av pilar under frostfri dybde. (30)

#### 4.3.2. Graving og planering av tilbakefyll

Ved utførelse av fundament med pilarer ved telefarlig grunn må hull for pilarene først graves ned til fjell eller ned til bæredyktig grunn i frostfri dybde. Dersom det er flere pilarer over mindre areal lønner det seg å grave en større grøft framfor enkle hull for hver pilar. Det er viktig å forsikre seg om at de tilbakefylte massene rundt og over pilarene blir godt nok komprimert. Det er derfor viktig at massene som brukes til tilbakefylling gir god sidestøtte for pilarene som for eksempel pukk, sand eller grus. Terrenget under og utenfor veggene skal planeres med slikt fall at overflatevann ledes bort. På flate tomter skal terrenget under bygget ligge høyere enn terrenget utenfor. (30)



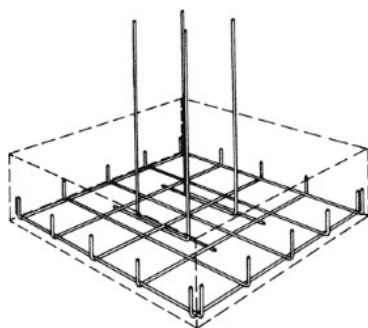
Figur 38 Terreng under bygget er bygget opp med fall ned utenfor bygget. (30)

#### 4.3.3. Rør og ledninger

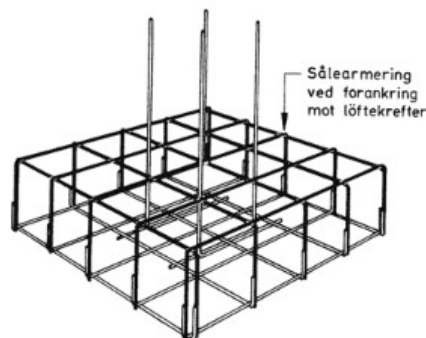
Ved bruk av åpen fundamentering må alle stikkledninger frostsikres opp til huset. Avhengig av temperatursonen til området kan ledningen isoleres med f.eks. 40mm fuktbeskyttende isolasjonsskåler. Isolasjonen av ledningene bør gå fra overkanten av bjelkelaget til og med omtrent 1-1,5 m under bakkenivå. I tillegg må ledningene ha en ekstra varmetilførsel, f.eks. i form av elektriske varmekabler som kan legges utenpå eller trekkes på innsiden av røret. (29)

#### 4.3.4. Forskaling og armering

Pilarsålen kan støpes mot en enkel sideforskaling eller direkte i det utgravde hullet. Støping av pilarene kan utføres med forskalingsrør av papp. Såle- og pilar-forskaling bestemmes ut fra beregninger utført etter NS 3473. Dersom pilarlasten er moderat og det tillatte grunntrykket er høyt kan det brukes små såler uten armering. Armering legges i kryss i sålens underkant, pilararmeringen bøyes nederst slik at sålen blir godt forankret til pilaren. Dersom grunnforholdene er utsatt for telehiv må det også legges armering i overkanten av sålen for å forankre sålen og pilaren sammen for løftekraft fra sidegrep.



Figur 39 Armering av sålen for laster fra bygningen. (30)



Figur 40 Armering av sålen for løftekraft fra sidegrep. (30)



#### 4.4. Casebygget

Opprinnelig har case-huset en dobbel ringmur av naturstein, hvor den ytre muren holder oppe laftestokkene til ytterveggene og den indre muren støtter gulvbjelkene. Det ble etter den visuelle kontrollen ikke funnet noe potensiell sopp- eller råteskade på gulvbjelkene under den originale delen av huset.

Fundamentet ser ut til å være i grei stand for det meste, men kan ha vært utsatt for frostsprengning. Bygget har stått uoppvarmet for det meste gjennom vinteren. Da kan vann sige mellom steinene på baksiden av bygget hvor terrenget er mindre drenert og steinmuren møter jord. Vannet kan da fryse og ekspandere seg inne i muren, noe som kan føre til frostsprengning. Ut ifra visuell inspeksjon er det ikke noen antydning til skader men det er fortsatt fare for at det framtidig kan forekomme frostsprengning.

Det er i denne oppgaven sett på muligheter rundt det å flytte bygget i forbindelse med ei bruksendring fra våningshus til hytte. I forbindelse med flytting av bygget må det etableres et nytt fundament. Gruppen har valgt en åpent fundament løsning for oppdatering av fundamentet til case-bygget. En stor del av grunnen til dette er miljøaspektet hvor bruk av åpen fundamentering vil hjelpe til å redusere betongbruket til prosjektet, i forhold til andre mer tradisjonelle fundamentløsninger. Vi har valgt å løse dette ved å plassere en ramme av heltrebjelker på søylene som da laftestokkene vil bli plassert på igjen, hvor da rammen vil bli ankret til søylene ved hjelp av innstøpt band-jern. Det er laget ulike fundamenttegninger for prosjektet som ligger vedlagt i kap. 11.4.

Gruppen har kommet til konklusjonen at gulvbjelkene i bygget må erstattes, og ettersom bygget har en lysåpning på omtrent 5 meter kan tradisjonelle bjelker ikke brukes. En potensiell løsning er å dele lysåpningen i to ved å legge til flere søyler i midten av bygget og ha en bjelke som går langs bygget. Det ønskes å bruke så få søyler som mulig, og gruppen velger derfor å ta i bruk tannbjelker i gulvbjelkelaget.

Det ønskes å oppfylle krav i henhold til TEK-17 så godt som mulig, og det blir derfor nødvendig å etterisolere gulvet. Det stilles krav til U-verdi  $< 0.15$  for fritidsboliger med laftede yttervegger mellom  $70 - 150 \text{ m}^2$ . For å oppfylle følgende krav blir det nødvendig å isolere med  $300 \text{ mm W/(mK)} = 0.038$  mineralull, som gir gulvet en U-verdi på  $0,143$ . Tannbjelkene har en dimensjon på  $186 \times 48 \text{ mm}$  noe som betyr at gulvet må fores opp med  $123 \times 48 \text{ mm}$  bjelker for å oppnå tilstrekkelig isolasjons tykkelse. (103) (104)

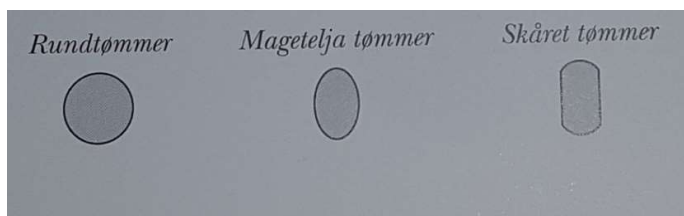
Et kjent problem med åpen fundamentering er det estetiske, ettersom det blir en åpning mellom yttervegg og grunn. For å løse dette blir det brukt et panel av skifer som skal gi bygget et mer

tradisjonelt utseende. Til dette panelet ønskes det å kunne gjenbruke skifer fra taket til den påbygde delen av bygget som ikke skal beholdes. (31)

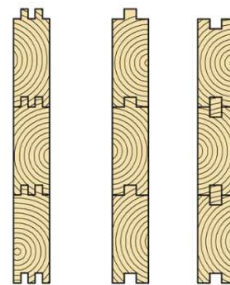
## 5. Lafting

### 5.1. Teori

Lafting er en byggemetode som ble brukt svært mye i Norge fra middelalderen til og med 1800-tallet. De eldste tilfellene som har blitt funnet i Norge er fra vikingskip som for eksempel Gokstadskipet. (32) Det er ikke sikkert hvor teknikken stammer fra, ettersom den kan ha oppstått på flere steder rundt samme tid. Laftemetoden som oppsto først var rundtømmerlafting, lenge før sagbruk ble oppfunnet, som er når tømmeren blir brukt ubehandlet. Det ble også normalt å hogge tømmeret i en oval form utover middelalderen kalt magetelja tømmer. For denne metoden ble en del av yteveden hugd bort og dette førte til at faren for oppsprekking på sideflatene ble redusert. Fra slutten av 1700-tallet ble det vanlig å flatelgje begge sidene av stokken slik at den fikk et åttekantet tverrsnitt. (33) Fra og med 1800-tallet ble de fleste laftehus satt opp med skåret tømmer ettersom sagbruk ble tatt mer i bruk. Det ble videre utviklet nye metoder som plankelaft, hvor tømmeret var kløyet i flere stokker slik at man fikk mer utnytte av hver stokk. Dette var spesielt utbredt på vestlandet hvor det er mindre tilgang til skog. Skåret tømmer kan også panaleres noe som var særlig gunstig i værutsatte klimaer ettersom det da krevde mindre av overflatebehandling av tømmeret. Pløyd laft og løsfjær laft var også teknikker som utviklet seg hvor plankelaft ble sløyet sammen på en mer effektiv måte. (34)



Figur 41 Rundtømmer, magetelja tømmer og skåret tømmer.  
(34)



Figur 42 Dobbeltpløyd-, enkeltpløyd- og løsfjær-  
laft.(33)

## 5.2. Hovedprinsipp ved lafting

### 5.2.1. Beskrivelse

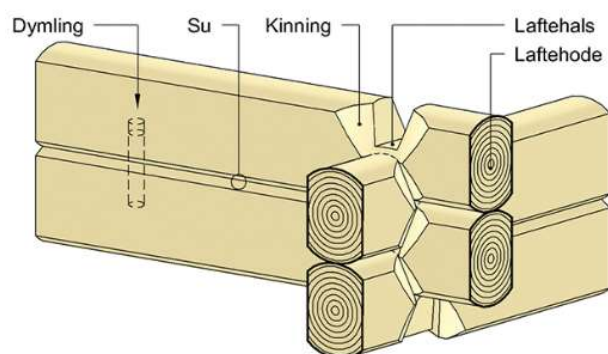
Lafting er i hovedprinsipp en rekke tømmerstokker stablet oppå hverandre, koblet sammen i hvert hjørne av bygget også kalt «lafteknuta». Den nederste stokken kalles «svillstokken» og hvert lag som stables oppover kalles «omfar». Høyden på huset ble gjerne oppgitt i antall omfar. I eldre lafte teknikk ble sviller ofte hogd av store, malmne stokker, dette var for å redusere råtefaren. Svillstokkene ble gjerne hogd med framskytende ender og et høyt trapesformet tverrsnitt. Dette ga svilla en bred underside som fordelte trykket fra veggene og god stabilitet. I tillegg ga trapes-formen et godt avdrypp for vann som rant nedover veggen. Fugen mellom stokkene kalles «medfar». Medfar er et v-formet spor på undersiden av hver stokk som er tilpasset oversiden av stokken som ligger under. Dette gjøres for at hver stokk skal passe så godt sammen som mulig. Den øverste stokken på langsiden av veggen kalles raftestokken eller «stavlægje, veggbandstokk» og ble skråhogd i samme vinkel som taket. (33)

### 5.2.2. Noven

Noven er hjørnet hvormetoden laftestokkene føyes sammen der lafteveggene møtes, også kalt lafteknuta. i et hjørne. Noven består av hodet, halsen og i moderne lafteteknikker kammen. Det finnes mange forskjellige typer nover som har kommet fra forskjellige distrikter og tidsperioder. Noen eksempler er som følger. Vagenov, det enkleste laftehogget, som kun trenger ett hogg på enten over eller undersiden av stokken. Denne sammenføyningen brukes ikke lenger og binder stokkene dårlig. Findalsnov ble utviklet i middelalderen og er en utviklet utgave av vagenov. Denne novemetoden har innhogg med skrå kanter til midten av stokken til oversiden. Trapesformet tverrsnitt ble brukt for å hogge halsen. Kvarkenov, har en T-formet hals midt i stokken. Denne metoden blir kjent igjen av kvarken i underhogget eller barken.

Kinninger er ett skrått skjær ved hodet og halsen som skaper en fuge. Kvaliteten på denne fugen vil avgjøre hvor tett noven blir. Det er derfor viktig at det ikke er glipper mellom kinningene. Kinningene kan kontrolleres ved å se om skjøringslinjene i kinningene møter hverandre i et klart definert punkt.

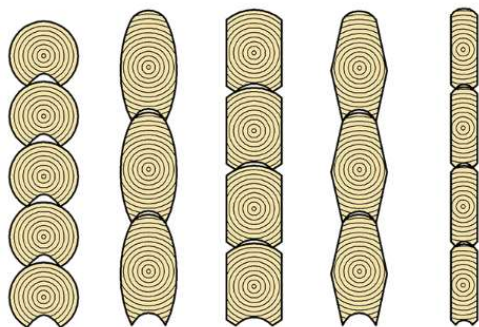
Utforming av laftehodet kan variere mye. Man kan bruke dette til å datere hus, ettersom formene varierer etter tid og lokasjon. Laftehodet fikk alltid samme form som stokktverrsnittet i middelalderen. Laftehus med rundtømmer fikk runde laftehoder.



Figur 43 Nov med kam og kinninger. (95)

### 5.2.3. Håndverk

Lafting av rundtømmer krever mye mer av håndverkeren, ettersom hver tømmer må velges med omnøye slik at tømmerene passer sammen. Når man lafter, er noe av det viktigste å føre opp knutepunktene i lodd.(34) For å få til dette må hver stokk plasseres over stedet den skal laftes og markeres før den skjæres ned. Metoden for å felle stokkene inn på hverandre kalles «novet» eller «laftet», og kan variere i forskjellige distrikt. Novet skal gi en god sammenbinding mellom stokkene, hvor formålet er at det skal bli tettest mulig mellom stokkene selv om trevirket krymper over tid. (32)



Figur 44 Forskjellige lafthogg med medfar. (95)

## 5.3. Historie

Det er ikke sikkert hvor lafteteknikken først oppsto men det har blitt funnet 4000 år gamle tilfeller av godt bevart lafting i gamle leirras i Kina. Blant disse funnene har det blant annet blitt gravd ut en fire meter høy sarkofag hvor det kun var bygget to stokker i høyden. Forskjellige lafteteknikker kan ha oppstått på forskjellige steder rundt samme tidspunkt, uavhengig av hverandre. (34) Lafting omtales i litteratur allerede i det 1. århundret f.Kr. dette av Vitruv, en romersk arkitekt. 500-300 år f.Kr. var Øst-Preussen og Polen kjerneområder for lafting. Det kan tenkes at hovedgrunnene til dette var at disse områdene hadde begrenset tilgang til stein,

men fortsatt behov for solide festningsverk. Disse områdene var et møtested for mange folkeslag og lafteteknikken ble derfor spredd videre i flere retninger, mye takket folkevandringer. Det kan tenkes at lafteteknikken ble spredd derfra og til Norge.

De tidligste eksemplene på lafting i Norge er en brønnkonstruksjon i Skiringssal fra 808 e.Kr. og Gokstadskipets gravhus fra 901 e.Kr. Det er funnet primitivt utførte laftehugg i Trondheim som kan dateres til 900-tallet. Det antas at lafteteknikken begynte å utvikle seg i Norge fra 800-tallet til og med den nådde sitt høydepunkt i 1349 før svartedauden slo til. De første byggene av laftekonstruksjon i Norge antas å datere til slutten av vikingtiden.

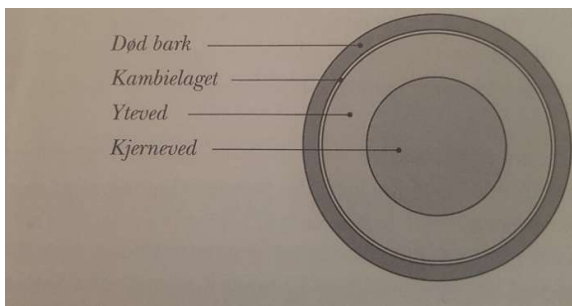


*Figur 45 Tidlig brønnkonstruksjon. (96)*

I tidlige eksemplarer av lafteteknikk i Norge ble laftehus ført opp med enkel lafteteknikk, uten lengdeskjøting av stokkene. Størrelsen på byggene var derfor avhengig av størrelsen på tilgjengelig tømmer. Derfor ble det ofte ført opp mange mindre bygg på gårdene. Det er i Norge det finnes flest bevarte laftehus ifra middelalderen. Det tenkes at dette skyldes fordi gårder i Norge ofte lå meget spredt rundt og bortgjemt. Dette gjorde at gårdene var mindre utsatt for brann og plyndringer enn andre steder i Europa. Det eldste laftebygget som fortsatt står daterer tilbake til 1100-tallet. (35)

## 5.4. Materialelegenskaper

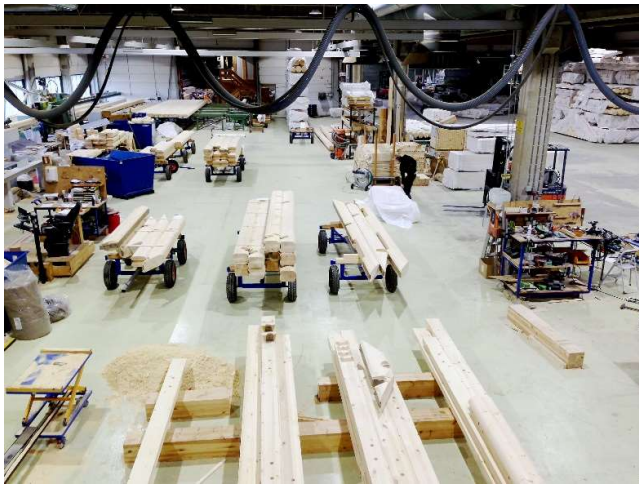
Furu regnes som den beste tresorten å lafte med, og ettersom det er den det finnes mest av brukes den oftest. Gran kan også brukes. Disse tresortene velges fordi de har lange rettvekste stammer. Før stiltes det større krav til tømmer, det ble ønsket tømmer av eldst mulig tre, ettersom tømmeret da ville ha mindre kvist og mer malme. Stokkene skulle helst være vinterhogd, og tørke i flere år. Det var også tradisjon noen steder å fjerne noen barkremser, i tillegg til alle kvistene utenom de øverste fordi da skulle de øverste kvistene dra sevjen ned gjennom stammen. (33) Selv om det fremdeles foretrekkes tømmer av eldre tre, spiller det ikke like stor rolle med moderne verktøy. Tømmer med minst mulig avstand mellom årringene gir sterkere tre. Furu er gunstig å lafte med fordi en stor del av tømmeret består av kjerneved (mindre grad yteved). Kjerneved har lengre holdbarhet fordi den er naturlig impregnert med harpiksstoffer mens yteved er derimot lite holdbar. Gran har til motsetning mer holdbar yteved. (34) (35)



Figur 46 Tverrsnitt av furustokk. (34)

## 5.5. Lafting i dag

I moderne tider brukes lafting hovedsakelig kun til å bygge laftede hytter. Dette er da populært fordi lafting har et veldig tradisjonelt «Norsk» utseende. Moderne laftebygg blir som regel bygget i en fabrikk hvor alle stokkene blir markert og i etterkant tatt fra hverandre. Derfra blir stokkene fraktet til tomte og bygget blir satt opp igjen. Moderne verktøy og kunnskap tillater en effektivisering av lafteteknikker. Blant annet kan man være mindre kresen i valg av tømmer og vegger og overganger også kan bygges tettere. Moderne laftede bygninger må være energieffektive ettersom ytterveggene ofte bygges uten isolasjon, og lafting av natur er mindre lufttett enn andre byggeteknikker.



Figur 47 Bilde fra laftefabrikken til Øverbygg. (97)

## 5.6. Casebygget

Case-bygget er et typisk «trønderlån» bygget på 1870-tallet, hvor bygget har et typisk avlangt trønderlån utforming med symmetriske rom. Bredden på trønderlånene bestod ofte av en laftestokk, mens lengden av bygget bestod av flere laft. Byggets laftevegger er kledd med stående malt panel som er typisk byggestil for tiden. Det var flere grunner for hvorfor det var vanlig å bruke kledning i trønderlånene. En grunn var at panelet beskyttet lafteveggene mot værpåkjenninger som kunne føre til råteskader. En annen grunn er at kledningen ga noe ytterligere varmeisolering til bygget. Det at overklassen valgte å legge stående panel på husene gjorde også metoden til en populær byggeskikk. Til slutt ga panelet et enhetlig estetisk uttrykk til byggets eksteriør. Det var ikke uvanlig for tiden å gjenbruke laftestokker fra mindre bygg rundt på gården når den nye stua skulle bygges. Forskjellen mellom de gamle og de nye laftestokkene på veggen var visuelt tydelig og panelet ga en god måte å skjule dette på. Det at veggene har panel tyder også på at det er brukt skåret tømmer i lafteveggene, noe som var mer og mer vanlig i bruk for tiden.

## 5.7. Flytting av casebygget

Case-huset står på en gårdstomt og vurderes å bli flyttet til ei hyttetomt. Når det kommer til hvilken flyttemetode som skal tas i bruk har det blitt vurdert om bygget skal flyttes helt eller om det skal demonteres, tømmer for tømmer, for så å bli montert igjen på tomten. Ved flytting av kortere avstander kan det å flytte bygget helt være ett gyldig alternativ, men for lengre avstander bør demontering vurderes. Laftesbygg er spesielt gunstige når det kommer til flytting fordi de kan nokså enkelt demonteres og settes opp igjen. Her kreves det mest tid i planleggingsprosessen for å markere hver laftestokk riktig.



### **5.7.1. Gjenbruk**

Det er kun den originale delen av bygget som blir planlagt å beholde og det er derfor interessant å se på gjenbruk av materialer fra de påbygde delene. F.eks. kan det tenkes at skifer fra taket, panel eller til og med tømmer kan gjenbrukes. Tømmer og panel vil måtte tilpasses om det skal kunne brukes på nytt.

### **5.7.2. Forberedelse**

Før huset blir demontert er forberedelsen utrolig viktig. Hvert panel og hver tømmer osv. er spesielt tilpasset der det står, og det er derfor viktig å markere hver eneste løse del. Man kan f.eks. bruke himmelretningen til utgangspunkt i markering hvor da markering av et innvendig panel vil se slik ut, R 1 S 1 F.V. som da betyr R1=Rom 1. S1=Sørvegg, Bord nr. 1. F.V.=fra venstre. Lignende metode vil da brukes på tømmerstokkene og listverk til dører og vindu etter panelet har blitt fjernet. Som en ekstra sikkerhet bør bygget dokumenteres nøye med bilder før demonteringen begynner. Om noe skulle være uklart under monteringen vil det være greit om dette utføres så nøye som mulig, helst med flere enn færre bilder.

### **5.7.3. Demontering**

Det første steget vil være å fjerne paneler, innvendig og utvendig. Her kan man bruke brekkjern for å forsiktig vippe ut hvert spikerslag. En må passe på så not og fjær ikke blir for mye skadet. Deretter fjernes listverk og isolasjon rundt dører og vinduer, og spikerne som holder de på plass blir synlige. Disse må fjernes med baufil eller elektrisk sag. Det er viktig at pipa måles og markeres før nedrivning. Case-huset har ei pipe av teglstein og da må den rives med bruk av slegge. Her lønner det seg å være så skånsom som mulig for å kunne ta i bruk flest mulig stein igjen. For tur står gulvet og skiferen, etter gulvet har blitt fjernet kan det lønne seg å legge et midlertidig gulv som man kan gå på under fjerning av tømmeret. For fjerning av tømmerkjerna kreves egnet mannskap ettersom det kan bli noen tunge løft om kranbil ikke er tilgjengelig. Det kan også være lurt å bruke noe til å stutte opp etasjeskilleren med under fjerning av tømmeret, ettersom det kan bli mindre bæring i veggene. Man kan anta at det går an å demontere tømmerkjernen i løpet av en dag. (36)

### **5.7.4. Montering**

Før monteringen av huset begynner er det viktig at grundig planlegging er utført, spesielt med tanke på oppgraderingene det er tenkt å utføre. Fundamentet må være ferdigstilt og alle detaljer må være klare. Først må det sørges for at grunnforholdene er gode, evt. fylle på med solide komprimerte masser. Etter at det åpne fundamentet er klart kan svillstokkene plasseres oppå tannbjelken, her må det vurderes om de opprinnelige svillstokkene er i god nok stand eller om de må erstattes. Deretter kan resten av stokkene laftes opp. Det skal vurderes om hvilken type

medfar som skal brukes, om gruppen vil bruke tradisjonell mose. Den gamle mosen som ligger mellom laftestokkene, bør byttes ut med ny mose under gjennombyggingen av lafteveggene. Et annet alternativ som kan brukes til medfar er laftevatt av lin. Det er ikke sikkert om casebygget har blitt satt opp med dumlinger, men det er en stor sjanse for at dette må tilføres om det ikke eksisterer fra før av, for å oppnå tilstrekkelig stabilitet. Etter at tømmerkjerna er reist kan taket monteres. Her tenkes det å gjenbruke det gamle Alta-skiferet som ligger på taket. Hver stein må individuelt vurderes om den er i god nok stand til å kunne gjenbrukes. Panel og vinduer står for tur, det skal vurderes om det skal utarbeides nye detaljer på vinduer for å oppnå tettest mulig løsning her. Panelet ønskes å kunne gjenbrukes i så stor grad som mulig og hver plank må vurderes om den er i god nok stand eller om den må byttes ut. (37)

## **5.8. Etterisolering av laftevegger**

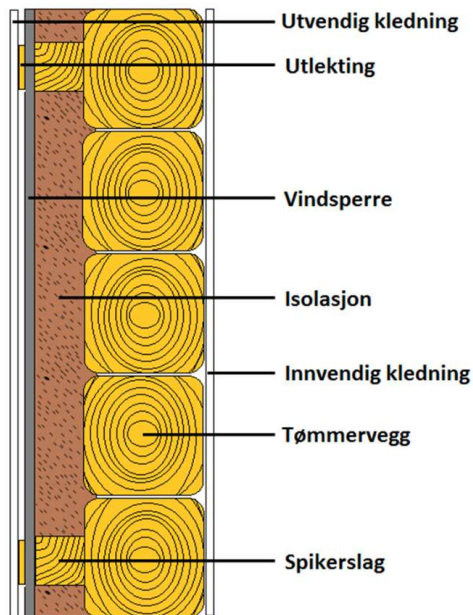
Det skal vurderes om veggene skal etterisoleres eller om de skal forbli som de er. Når det kommer til etterisolering av laftevegger må det vurderes om det skal isoleres innvendig eller utvendig. Etterisolering av laftevegger kan ha god effekt, men det vil påvirke det tradisjonelle utseende til eldre bygg. I tillegg vil en økt tykkelse av veggene føre til at vindussmugene blir dypere, noe som vil begrense dagslyset inn i rommene.

### **5.8.1. Innvendig isolering**

Innvendig isolering av laftehus har som fordel at det kan brukes selv om det ikke ønskes å bruke utvendig panel. Dersom huset har utvendig panel derimot er utvendig isolering som regel bedre. Dette er fordi innvendig isolering tar en del av det innvendige arealet og det gi fare for skade på innvendige interiørdetaljer. Innvendig isolering av laftevegger fører også til fare for fuktskader, dette er fordi temperaturen til laftetømmeret vil synke. Dette fører til redusert uttørring og dermed økning av fuktigheten i trevirket, noe som kan medføre utvikling av råtesopp. Det er derfor viktig å utføre ei tilstandsvurdering av trevirket før et slikt tiltak gjennomføres. Hvis det oppdages at det eksisterer noen fuktskader i veggen fra før av vil skadene hurtig kunne forverres ved påføring av innvendig isolasjon. (38)

### 5.8.2. Utvendig isolering

Dersom bygget har utvendig panel er utvendig isolering som regel det beste alternativet dersom man ønsker å etterisolere. Dersom bygget ikke har utvendig panel fra før av vil karakteren til lafteveggene endre seg sterkt ved utvendig etterisolering og det må derfor tas grundige vurderinger om det er verdt endringene. Utvendig etterisolering kan ved enkle tilfeller føre til fuktskader. Ettersom veggen gjerne har stått under «naturlige» trekk-forhold i mange år, og når da dette endres kan endring i temperatur, fuktforhold og lufttilførsel føre til råteskader. Det er også viktig at kledningen får tilstrekkelig med lufting. For å sikre dette bør det lages en luftespalte ved å montere lekter. Utvendig etterisolering vil endre husets fasade slik at det taper kulturhistorisk verdi. I tillegg vil kostnadene av etterisoleringen ofte utveie energisparingsgevinsten dette gir. Dermed velger gruppen å ikke anbefale etterisolering av case-huset. (39)



Figur 48 Eksempel på utvendig etterisolering av laftevegg. (39)

### 5.8.3. U-verdi

Case-bygget har litt varierende veggtykkelse, men vi velger å si at gjennomsnittet for ytterveggene er 20cm. Ytterveggene har da en u-verdi på  $0.65 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ .

Laft (mm)	U-verdi ( $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$ )
50 (2")	2,0
100 (4")	1,2
150 (6")	0,84
200 (8")	0,65
250 (10")	0,54

Figur 49 U-verdier for laftede vegger uten isolasjon. (40)

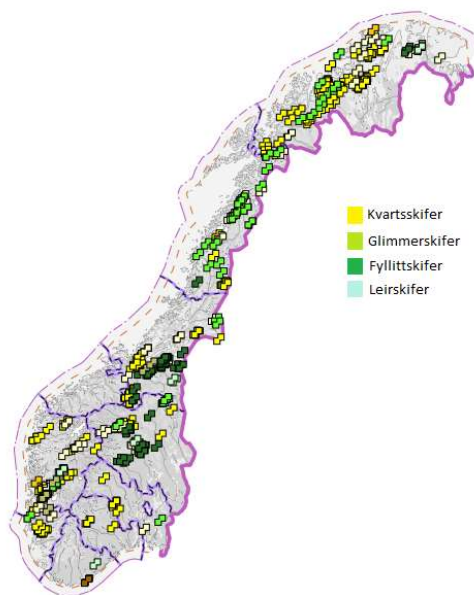
Om vi ser på tilfellet med 100mm isolasjon og en varmekonduktivitet på  $0,035 \text{ W}/(\text{mK})$  vil innvendig isolering gi en u-verdi på  $U_{2,45-7,5}=0,25-0,31$  og ved utvendig isolering blir u-verdien  $U_{2,45-7,5}=0,30-0,38$  (40)

## 6. Skifer

### 6.1. Skifer som materiale

Skifer er en metamorf bergart som er svært finkornet og lagdelt. Skifer blir dannet ved at løse materialer som leire og sand som oftest sedimentert i form av sandstein eller leirstein blir utsatt for trykk og varme. Denne prosessen foregår dypt under jordskorpen og foregår gjerne i etapper som hardner materialene i en foliert struktur. Det er denne lagdelingen som gjør skiferen så enkel å kløyve i horisontalplanet og gjør den gunstig for bruk som takstein og gulv. Andre kvaliteter som gjør skifer til et yndet material, er at den er tilnærmet vedlikeholdsfri og kan vare i hundrevis av år. Den er også motstandsdyktig mot frost og brann. Skifer kan i tillegg til leire og sand inneholde kvarts, feltspat, kalsitt og andre mineraler. Disse materialene påvirker kvalitetene på skiferen som farge og overflate. (41)

Den norske berggrunnen er rester etter den kaledonske fjellkjeden og er 400 millioner år gammel. På grunn av erosjon fra istiden har store deler av fjellkjeden blitt slipt ned. Fjellene og berggrunnen vi har i Norge i dag er det som gjenstår av denne fjellkjeden, hvor bergartene har blitt utsatt for trykk og varme fra den tiden hvor fjellene var høyere og da det lå et tykt lag med is over Norge i istiden. Det er disse forholdene som har lagt til rette for skiferproduksjonen vi har i dag. (42) I Norge har vi flere store skiferbrudd. Skiferen blir navngitt etter hvor i landet de er hentet ut. Noen eksempler er Altaskifer, og Ottaskifer, som henholdsvis er kvartsskifer og fyllittskifer. (43)



Figur 50 Kart over skiferforekomster i Norge (98)



Figur 51 Viktige natursteinforekomster (98)

Uttak av skifer foregår ved at skifer blir hentet ut i store blokker fra skiferbruddene ved hjelp av boring, saging og/eller sprenging. Det er viktig å være nøyaktig og forsiktig i denne prosessen, man ønsker å få ut steinen i hele stykker, uten å knuse steinen. Fra disse blokkene blir skiferen deretter spaltet i tynne lag med skiferstein. Spalting av skifer er fortsatt i stor grad manuelt arbeid og krever erfaring og materialkunnskap. (44)



*Figur 52 Skiferbrudd i Alta. (46)*

Selv om de ulike typene skifer har ulik hardhet og slitestyrke, og en type skifer er svakere enn for eksempel Altaskifer, betyr dette ikke at noen typer skifer er spesielt svake eller dårlige. På grunn av skiferens lagdelte oppbygning vil man kunne oppnå samme styrke som granitt med halvparten av tykkelsen. (45)

#### **6.1.1. Kwartsskifer**

Kwartsskifer er sandstein som blir omdannet og hvor det over tid oppstår sjikt av glimmer. Det er langs disse sjiktene skiferen spaltes. Denne type skifer er hard og slitesterk, avhengig av hvor stort trykk skiferen har vært utsatt for blir lagene tynnere og mindre porøse og får dermed høyere styrke. Dette gjør at kvartsskifer egner seg spesielt godt til bruk i offentlige rom, steder med stor trafikk og påkjenning. Eksempler på dette kan være bytorg og togstasjoner.

Det er forskjell på kvartsskifer fra ulike brudd, spesielt når det kommer til farge, men også hvor tynt man kan spalte skiferplatene.

Altaskiferen har svært tynne lag og har lav porøsitet, dette gjør at den egner seg svært godt til takteking og er å finne på mange hus og hyttetak rundt omkring i landet.

Oppdalsskiferen er også en kvartsskifer, men denne har ikke vært under like stort trykk ved dannelse og er dermed mer porøs og lagene er tykkere. Dette gjør den svakere enn Altaskiferen.

Derfor brukes ikke denne like mye til tak, men på grunn av den økte porøsiteten er den lettere å kutte til rette kanter og det produseres derfor mer heller og fliser av denne typen. (46)



*Figur 53 Altaskifer. (99)*

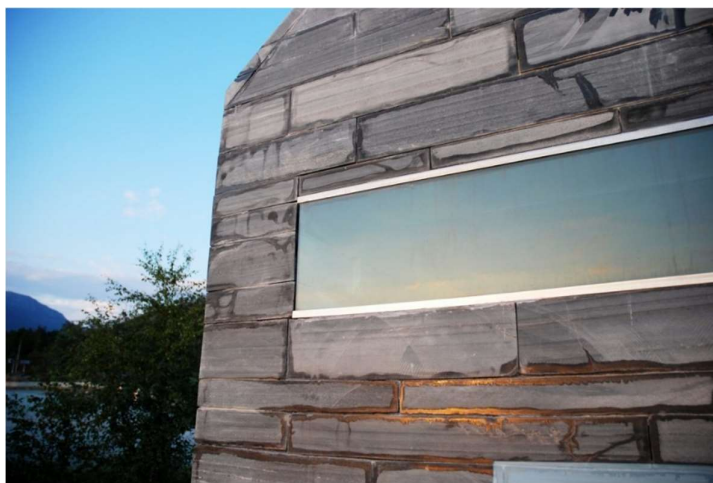
*Figur 54 Oppdalskifer, lys grå. (99)*

### **6.1.2. Glimmerskifer**

Glimmerskifer er omdannet leirstein og er sammen med kvartsskifer de mest omdannede typene skifer, og er dermed de hardeste skifertypene. Når leirsteinen blir omdannet til glimmerskifer erstattes leirmineralene med harde mineraler som granat og staurolitt. Denne typen skifer har ikke like jevn overflate som de andre typene skifer, men har variasjoner mellom harde og mykere områder. Det forekommer på grunn av disse harde mineralene.

På grunn av den ujevne overflaten har glimmerskifer blitt brukt til kvernstein. Denne skifertypen er vanskeligere å spalte enn de andre typene skifer og gjør den derfor mer egnet til heller og tykkere plater enn mer er tradisjonell bruk av skifer. (47)

Mest kjente skiferbruddet for glimmerskifer i Norge ligger i Jondalen, her produseres spesielt en type sort skifer som har god slitestyrke. Fra dette bruddet kommer det mest tykkere plater med skifer som brukes som tørrmur eller heller. (48)



*Figur 55 Jondalskifer brukt på rasteplass på Hereiane. (48)*



### 6.1.3. Fyllitt

Fyllitt er som glimmerskifer omdannet leirstein, men omdannelsen er svakere. Dette gjør at fyllitt ikke er like robust og slitesterk som glimmer- og kvartsskifer. Ottaskiferen er den mest utbredte typen fyllittskifer i dag. Fyllittskiferen er vanligvis grå, men i grunne brudd kan man finne rustfarget fyllitt. (49)



*Figur 56 Ottaskifer fra grunt brudd. (49)*

### 6.1.4. Leirskifer

Leirskifer er en sedimentær bergart og har ikke blitt utsatt for like høyt trykk og varme som de andre typene skifer, og er derfor relativt myk. Denne typen skifer dannes oftest på havbunnen der leire, silt og slam har lagt seg på bunnen for å forsteine.

Leirskifer brukes ikke mye i bygge industrien, den er ikke like sterk som de andre skifertypene og tåler derfor ikke like store påkjenninger. Det finnes likevel noen skiferbrudd som leverer leirskifer til fasadestein på peis, mur og lignende, blant annet fra Sorte skiferbrudd i Stjørdal. (50)

På grunn av at leirskiferen er mykere og enklere å forme og gravere i, har det blitt brukt til dekorative veggklokker. Men leirskifer kan også brukes til å lage for eksempel sement og leire ved å knuse leirskiferen. For å lage sement blandes den med kalkstein og vann og utsettes deretter for høy temperatur for å fordampe vannet og bryte ned kalksteinen. (51)



*Figur 57 Leirskifer. (51)*

## 6.2. Utforming og behandling av skifer

Skifer er et allsidig materiale med mange bruksområder. I tillegg til at skiferen i seg selv kan ha ulike kvaliteter ut ifra skiferens innhold og metamorfiske prosess, kan man også behandle steinen på en rekke måter. Rå skifer har ofte grove ujevne kanter med en matt teksturert overflate. Ved ulike kappemetoder og overflatebehandlinger kan man tilpasse skiferen til ulike formål og få ulike estetiske uttrykk.

### 6.2.1. Kappemetoder



*Figur 58 Kanten av Oppdalsskifer ved ulike kappemetoder. (52)*

Måten man kapper skiferen på, gir ulik tekstur og farge på kanten av steinen. For å bruke skifer til blant annet fliser er det ofte ønskelig med rette, glatte kanter. Dette oppnår man ved å sage skifer. Da kan man få glatte, vinkelrette kutt som gjør at steinene er lett å legge. Fargen på kuttkanten blir lysere enn på steinens overflate.

Å hugge skifer gir også relativt rette kanter, men kuttofflaten blir noe mer teksturert og fargen på kuttkanten blir her den samme som resten av steinen. For å hugge skifer risser man først opp steinen før den deretter blir knekt. Dette er samme metode som brukes for å dele glassplater.

En annen metode er å råhugge skiferen, dette er det samme som hugd skifer, men uten at steinen risses opp først. Dermed blir kanten på skiferen mer ujevn.

Det er også vanlig å beholde skiferens naturlige kant, uten å behandle den. Da er kanten den samme som når den blir tatt ut fra bruddet.

For tynnere skifer er det også et alternativ å klippe ved bruk av skifersaks. Denne metoden gir en skrå kappflate. (52)



Figur 59 Skifersaks. (Bilde fra Google)

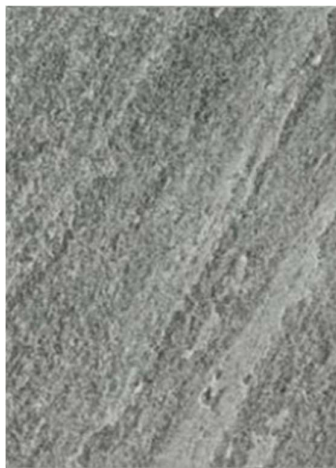
### 6.2.2. Overflatebehandling

Også overflaten på steinen kan behandles på en rekke måter for å tilpasses ulike bruksområder. Igjen har man det som kalles naturstein, som er steinen slik den er naturlig. Naturstein har en relativt ru overflate, og regnes ofte som sklisikker av denne grunn. Det er også mulig å børste skiferen, her finnes det flere varianter av børstet skifer. Når man børster skiferen blir den noe glattere enn å la den være naturlig. I tillegg kan steinen slipes eller sandblåses, som igjen gir glattere overflater enn børstet og natur. Polering av skiferen er en typisk måte å behandle stein som for eksempel skal brukes på kjøkkenbenker og andre bruksflater. Når steinen er polert får den en glatt og skinnende overflate. (53)

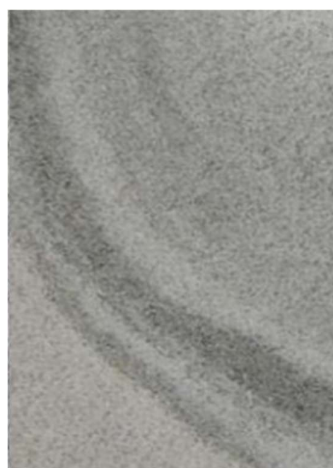
Figur 60–62 viser samme typen skifer, Oppdalskifer med ulik overflatebehandling.



Figur 62 Oppdalskifer, natur. (53)



Figur 61 Oppdalskifer, børstet. (53)



Figur 60 Oppdalsskifer, slipt (53)

### 6.3. Historisk bruk

Skifer har en lang historie i Norge. Det antatt eldste tilfellet i Norge finner man på Munkholmen i Trondheim og er et skifergulv som daterer seg tilbake til 1000-tallet. (46) Lokal bruk av skifer startet i større omfang på 1400-tallet. Ettersom steinen var tung og vanskelig å frakte med daværende transportmiddel som hovedsakelig var hest og kjerre, var det ikke før på 1800-tallet at skiferproduksjonen tok seg opp og ble kommersiell. Ved hjelp av sjøtransport kunne man da frakte skiferen lettere og over større distanser. Senere kom også jernbanen, og man var ikke lenger avhengig av nærhet til sjøen for å få fraktet skiferen.

Til å begynne med ble skifer sett på som et byggemateriale for de fattige. På grunn av de mange forekomstene i landet var det relativt lett å få tak i. Eneste man trengte var verktøy for å spalte steinen og en måte å frakte den ned fra fjellet på. (54)



*Figur 63 Ålesund sett ovenfra. Byen er hovedsakelig bygget i mur og dekket med skifer på taket. (57)*

I 1904 ble det en stor endring i byggeskikken i Norge. I januar 1904 var det en enorm bybrann i Ålesund, hvor byen ble lagt i ruiner. Hele 850 bygninger brant ned. (55) Dette skulle endre byggemåten i hele landet. Regjeringen innførte murtvang etter brannen i Ålesund, for å unngå liknende hendelser i fremtiden. Dette betydde at alle hus som skulle bygges i bykjernen skulle bygges i mur og stein. Tidligere har dette kun gjeldt storbyene, men etter Ålesundbrannen ble dette tiltaket utvidet til å gjelde alle byer. På grunn av dette ble stein som byggemateriale mer utbredt. (56) I Ålesund ble skiferstein fra Alta tatt i bruk i stort omfang under gjenreisningen av byen. Mye av steinen som ble lagt da ligger der fortsatt i dag. (57)



I motsetning til tidligere er skifer og steinmaterialer vesentlig mer luksuriøse produkter i dag. Dette er trolig forbundet med holdbarheten på skiferen. Et skifergulv anses som en investering, som vil til gjengjeld vare utrolig lenge. (42)

#### 6.3.1. Norsk skifer i utlandet

I 2018 ble 13% av Norsk skiferproduksjonen eksportert til utlandet, tilsvarende skifer for 27 millioner norske kroner. (55) Til forskjell fra andre steinprodukter som Norge eksporterer blir mesteparten av norsk produsert skifer videreforedlet lokalt. Annen naturstein blir i hovedsak eksportert i store blokker, til for eksempel Kina eller Italia. Rå-blokkene blir der bearbeidet og videreforedlet til ferdige produkter. Det hender ofte at Norge importerer norske steinprodukter som er blitt fremstilt i utlandet, blant annet skifer, ettersom dette er økonomisk lønnsomt. (58) På grunn av at skiferen fra land som Kina ofte kan importeres rimeligere enn ved å bruke norsk

Det er brukt norsk skifer i en rekke spennende utenlandske prosjekter. Blant annet Boston public library som i 2005 vant prisen «international Award for Architecture in Stone». Dette biblioteket er bygget med 2000 m<sup>2</sup> rustfarget Ottaskifer. (59)



*Figur 64 Boston public library er kledd i skifer fra Otta. (59)*

#### 6.4. Skifer i bygg

Som nevnt er skifer svært utbredt byggemateriale for tak, spesielt fra gammelt av, men det brukes også på andre måter i moderne bygninger. Fordelen med skifer som byggemateriale er at den er svært slitesterk, brannsikker og svært motstandsdyktig mot frost. Et skifertak kan vare i 100 år før det trenger å restaureres, og da vil det være mulig å ta ned steinene fra taket, vaske dem og gjenbruke store deler av steinen på det restaurerte taket. Dette gjør skifer til et svært bærekraftig materiale. Ofte holder det å bytte ut enkeltsteiner som er knekt eller har ramlet ned. Som oftest er det ikke skiferen i seg selv som gjør det nødvendig å legge om taket, men spikerne som holder steinene på plass som ruster eller knekker.

I tillegg til tak, er gulv og vegger typiske bruksområder for skifer, både ute og inne. Mange vindfang og entreer har skifer på gulvet. Skifergulvet som tåler en trøkk, er frostsikkert og vannsikkert minimerer slitasjen fra sand og grus man tar med seg inn med våte, skitne sko og klær.

Det er ikke bare her skiferen har utbredt bruk. På kjøkkenet kan skifer brukes som benkeplate og veggplate. På grunn av slitestyrken og holdbarheten til skifer får man da et robust kjøkken som tåler daglig bruk og tidens tann. Benkeplater i tre må vedlikeholdes, blant annet ved å oljes, slipes og/eller lakkes for å vare, mens skiferen er tilnærmet vedlikeholdsfri etter at den har blitt behandlet.

Utformingen på skifer kommer i mange varianter. De kan være firkantede fliser i ulike størrelser og form. Et annet alternativ er bruddskifer, hvor utformingen er svært naturlig kapping av skiferen for deretter å legge den tilnærmet som et puslespill. Resultatet vil da bli en varierende overflate med variasjoner i størrelse og form på steinene. (54)



*Figur 65 Bruddskifer fra Stoneart. Ottaskifer i fargen rust. (99)*

Avhengig av mineralene som er til stede i skiferen kan man få svært varierende uttrykk. Fra den klassiske grå skiferen som Altaskifer, til andre farger slik som rødlig grønn. På Figur 65 er det avbildet Ottaskifer, en glimmerskifer med rustfarge på grunn av mineralene magnekitt og svovel som er innkapslet i glimmer. (47)

## **6.5. Moderne skifertak**

Som nevnt har skifer blitt brukt på tak i flere århundrer, det har imidlertid skjedd en del når det kommer til oppbygning av taket etter som byggeskikker har blitt oppdatert. Ettersom

byggeforskriftene har blitt strengere med årene kreves det mer av takoppbygningen i dag enn på 1800-tallet.

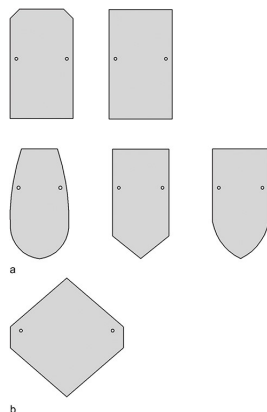
Fra gammelt av ble skiferen lagt rett på taktroa, uten vind og vanntett sjikt under og heller ikke lektet opp sånn som det er vanlig å gjøre i dag. (60) Byggforsk går i detalj om hvordan man legger tak med skifer.

### 6.5.1. Skifersteinen



Figur 66 Tak med villheller. (100)

Selve skiferen har også endret seg en del, før ble det lagt mye villheller, og store dråpeformede lappstein. Skiferen var tykk og tung. I dag blir fortsatt disse mer tradisjonelle steinene brukt, men det er blitt mer vanlig med tynnere, lettere skifer. Tynnere skifer er ikke en like stor påkjenning på takkonstruksjonen. De større typene skifer kalles tungstein, nettopp fordi de er tyngre enn de lette firkantsteinene.



Figur 67 Ulike former på takskifer. (61)



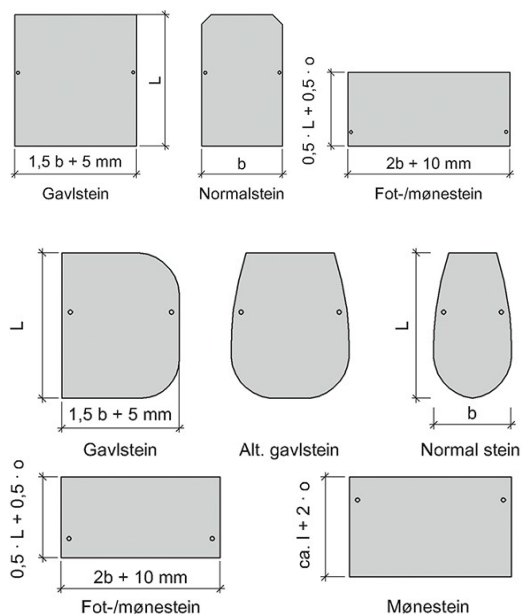
Steinene i kategori a på figur 67 er de såkalte tungsteine, på grunn av størrelsen og formen på steinen, legges den med en god del mer overlapp enn firkantstein.

Uansett form, sorteres steinen fra tynnest til tykkest hvor de tykkeste steinene legges nederst ved foten og de tynneste legges oppe ved mønet. Det skiller ikke veldig mye mellom de tykkeste og de tynneste steinene. Men de tykkere steinene blir lagt nederst fordi det er her det blir mest belastning fra snølast. Steinen som ligger her må derfor tåle mer påkjenning enn steinene som ligger oppe ved mønet. I dag kommer stort sett skiferen ferdig sortert etter tykkelse fra leverandøren.

Overlappet mellom steinene kalles omlegg og bestemmes i hovedsak av produsentene for skiferen, men kan ikke være mindre enn 50 mm. Jo større skifersteinene er jo større blir også omlegget. Spesielt på lappstein er omlegget stort og man kan få opp mot 2.2 m<sup>2</sup> med skifer per kvadratmeter tak.

Steinene som legges mot møne, gavl og fot får en annen form enn resten av steinene.

Firkantsteinene deles stort sett på langs eller tvers for å passe kantene på taket. De større lappsteinene har egne former på stein som skal legges ved takendene.



Figur 68 Eksempel på ulike former for skifer til møne, gavl og fot for henholdsvis to typer tungstein. (61)

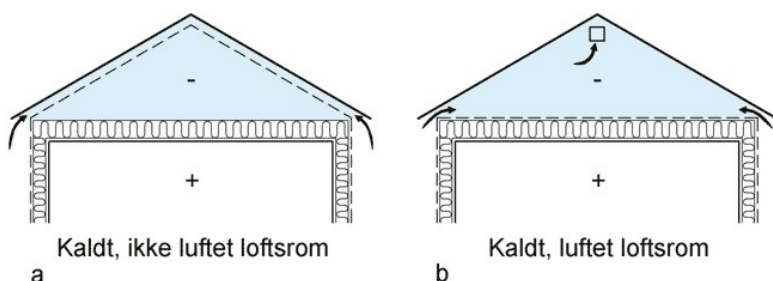
Det er flere metoder for innfesting av steinen, enten ved å ha hull i skiferen som man spikrer igjennom, eller ved å ha skår eller hakk i siden på steinen for feste til spikeren. Spikeren skal være litt kortere enn dobbel tykkelse av skiferen. Steinen spikres i liggende lekter. (61)

### 6.5.2. Undertak

Tak med taktekkning av skifer bør ha en takvinkel på mer enn 22° dette for å få tilstrekkelig avrenning av taket.

Skal taket være uisolert må man ta stilling til om loftet er eller skal være luftet eller ikke. Er ikke loftet luftet må man ha dampåpent undertak for at fukt skal kunne slippe ut av konstruksjonen.

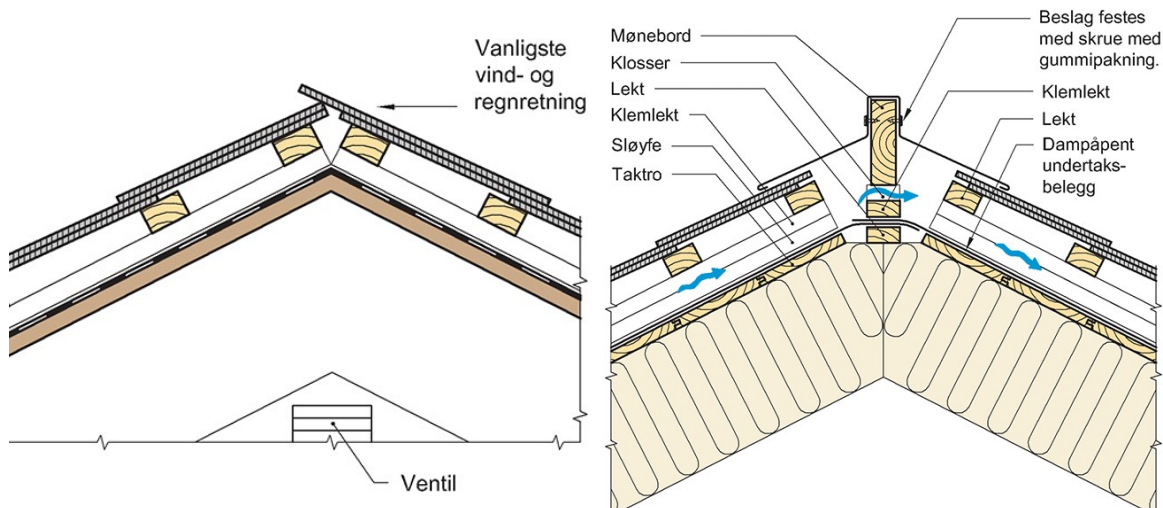
Hvis loftet er luftet kan man ha damptett undertak, disse er gunstige for å unngå brannspredning i større boliger og rekkehus. I tillegg har denne taktypen stor uttørkingsevne ved møne og raft. Uluftet loft egner seg derfor best for frittstående bygninger, der det ikke er fare for brannspredning gjennom taket. (62)



Figur 69 Prinsipp for luftet og ikke luftet kaldt loft (62)

### 6.5.3. Sløyfer og lekter

Sløyfene bør være minst 23 mm for å få luftet tilstrekkelig ved damptett tak. For skifer som er opp til 20 mm tykk må lektene være minst 36x48 mm med senteravstand på 600 mm. Lektene legges så steinen hviler på den nederste lekta og spikerhullene treffer den øverste lekta. Nederste lekt legges dobbel. (62)



Figur 70 Møneløsning med omlegg av takstein, uisolert tak. (61)

Figur 71 Løsning for møte med isolert tak. (61)

## 6.6. Restaurering og vedlikehold av skifertak

Skiferen er som nevnt et svært holdbart materiale. Det er ofte andre deler av taket som må byttes før steinen i seg selv må byttes. Gjerne er det spikeren som fester skiferen til taket som rustet og knekker som gjør at steinene løsner. Eller så blir det skader på undertaket, gjerne på grunn av råte, ettersom undertaket har kortere antatt levetid enn skiferen.

For å ta vare på skifertaket på best mulig måte bør taket sjekkes et par ganger i året, hvor løse steiner festes på nytt og de steinene som er ødelagt byttes. Taket bør også vaskes og renses for vekst som mose, dette for å sikre god vannavrenning.

Når man bytter en enkel stein kan det bli vanskelig å skjule spikeren og spikerhullet, spesielt uten hjelp av fagfolk. For å unngå lekkasje gjennom spikerhullet bør det tettes med silikon, kitt eller bly. Det bør brukes samme type stein når man bytter, gjerne fra samme område som de originale steinene. Dette gjelder også når det kommer til festemetode, enten det er festet med spiker, stift eller treplugger.

Det er ikke nødvendig å bytte hele taket på grunn av en eller to løse eller knekte steiner. Men når flere steiner løsner er dette gjerne et tegn på at taket bør tekkes på nytt, da det ofte betyr at spikerne begynner å bli dårlige.



*Figur 72 Omlegging av lappskifer på tradisjonelt vis, rett på taktro med belegg. (60)*

Når taket skal omlegges tar man først ned skiferen, ved å forsiktig trekke ut spikerne fra steinen ved hjelp av flatjern. Her er det viktig å ikke påføre steinen for mye press så den knekker. Når man tar steinene ned fra taket vaskes de, og man erstatter de steinene som er i dårlig forfatning. Hvis taket ikke har takpapp kan det være lurt å legge dette eller en annen form for vanntett beskyttelse på taktroen for å beskytte undertaket mot vanngjennomtrengning og kondens. (63)

Når skiferen er lagt riktig skal den være tett, men klimaet har blitt hardere de siste årene og taket blir stadig utsatt for mer nedbør. Å lekte opp skiferen hvis den ligger rett på taktroen er også vanlig å gjøre. Lektene må tilpasses størrelsen på skiferen. (64) Selve tekkingen starter man med nede i hjørnet og jobber seg opp og utover.

## 6.7. Skifertak og laft

For å oppnå tilstrekkelig tetting mellom stakkene i en laftet bygning kreves det relativt stor vertikal belastning. For de største laftestakkene på 150-200 mm vil det si en vertikal last på 2,5 kN/m<sup>2</sup>. (65) Dette er enkelt å oppnå med torvtak, jorden og oppbygningen av denne typen tak er mer enn tung nok i seg selv, da egenlasten på torvlaget alene ligger på omtrent 3,0 kN/m<sup>2</sup>. (66)

Det er større problemer å oppnå denne vekten med skifertak. Egenvekten på moderne skifer, som er ganske tynn og lett, ligger på omtrent 0,5 kN/m<sup>2</sup>, som er det samme som for takstein. Med denne vekten blir total egenlast av taket beregnet til ca 1,1 kN/m<sup>2</sup>. Større ubearbeidede takstein, som villheller eller noen av de mer tradisjonelle dråpeformede lappsteine, er tykkere og har en egenlast på 1,5-2,0 kN/m<sup>2</sup>. Med disse tyngre typene stein kan man oppnå anbefalt vertikal belastning og få tilstrekkelig tetting av laften. (61)

En alternativ måte å oppnå god nok tetting av laften er å montere bolter som kan skrues til underveis. Dermed vil man stramme etter stakkene så de blir tette mens man bygger, og er dermed ikke avhengig av at taket er tungt nok til å stå for tettingen. Fra gammelt av var det vanlig å sette opp huset og la det stå over vinteren, både for at stakkene skulle få tørke og da bidrar snølasten til å oppnå tettingen mellom stakkene. (65)

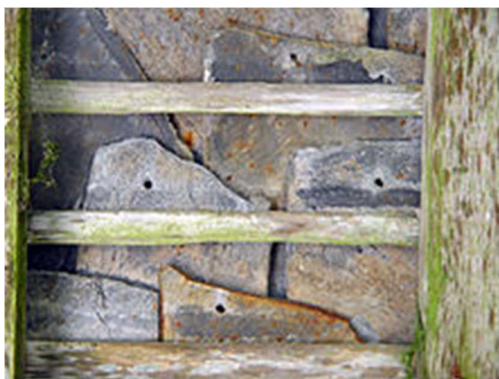
## 6.8. Case-huset

På Case-huset er det brukt diamantformede Altaskifer på taket. Denne typen skifer er som nevnt en svært slitesterk skifer, og det er derfor mulig å gjenbruke store deler av taksteinene ved gjenoppbygging. Erfaringsmessig vil omtrent 80% av taksteinene kunne brukes om igjen, litt avhengig av hvordan taksteinene er festet og forsiktigheten ved demontering.

Hvis takskiferen har hull for spikeren utsetter man steinen for en del belastning når spikeren skal fjernes, noe som øker sannsynligheten for at steinene knekker eller blir skadet under demontering. Dette vil påvirke hvor stor andel av steinen som det er mulig å bruke om igjen. Det beste er hvis steinene har skår på sidene, da kan man bøye ut spikrene og ta steinen rett av taket uten å utsette steinen for store påkjenninger. (67)



Figur 73 Firkantskifer fra Alta med skår i siden for spikerfeste. (Bilde fra Google)



Figur 74 Takskifer med hull for spikerfeste. (Bilde fra Google)

Siden det er planlagt å kun bevare den originale delen av bygget, vil det bli en del takstein til overs fra de påbygde delene. Disse skifersteinene vil kunne brukes som erstatning for de taksteinene på den opprinnelige delen ikke lar seg bevare. Det er derfor mulig å kunne restaurere taket uten å tilføre ny stein og kanskje også da ha brukbar stein til overs. Det sees på muligheten for å bruke denne steinen på fundamentet. Dette går ytterligere inn på i kapittelet om fundamentet. **(Henvisning)**

### 6.8.1 Eksisterende

Fra gammelt av er det kaldt loft på casehuset, det er ingen isolasjon mellom takåsene eller på oversiden. Taket er bygd opp av flere runde takåser med taktro av liggende planker på lekter. Det som ser ut til å være spon eller en form for rupanel utenpå. Taktroa er de bordene oftest av tre som ligger utenpå takåsene/sperrene og er underlag for undertaksbelegg og bærer taktekningen. Fra gammelt av var det vanlig å feste skiferen direkte på taktroen, ofte også uten takpapp eller annen form for tetting. I casehuset er skiferen sannsynligvis festet direkte på laget med spon, man kan se spikrene stikke gjennom undertaket fra innsiden.





*Figur 75 Oppbygning av taket sett innenfra. (Bilde: T. Sideridis)*

Det som er litt spesielt med taket er at lektene er festet med kvister som er bøyd rundt takåsene. Dette er originalt fra da huset ble bygd i 1872 og virker fortsatt å være i god stand.



*Figur 76 Lektene som er festet til takåsene med kvister. (Bilde: T. Sideridis)*

Under inspeksjon av casehuset ser loftet tørt ut og virker til å være i god stand. Eneste synlige problemene er at det er fuktskade på taket rundt murpipa, noe som er relativt vanlig på eldre bygg. Det må her skiftes ut noen bord og stokker.

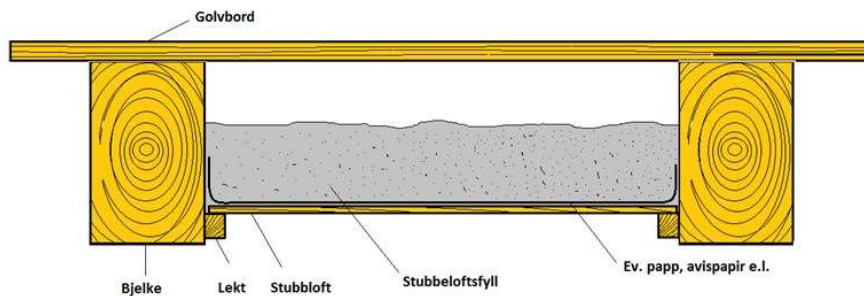


*Figur 77 Skadene rundt pipa. (Bilde: T. Sideridis)*

I utgangspunktet så er ikke loftet luftet med luker eller lignende som man gjerne ser på mer moderne bygninger. Det er ikke vindsperre i vegger eller tak, det er derfor luftgjennomgang ved raften, noe som ga loftet tilstrekkelig med lufting.



*Figur 78 Takåsene fra innsiden av Case-huset. Man kan se oppbygning av undertaket. (Bilde: T. Sideridis)*



Figur 79 Fremstilling av stubbloftet mellom 2. etasje og loftet, casehuset har ikke stubbloftsfill eller gulvboard. (101)

Loftsbjelkelaget antas å være stubbloft. Det er dette som er den vanlige bjelkelagsmetoden fra denne tida. Bjelkelaget er ikke isolert. I noen tilfeller er det lagt stubbloftsfill av for eksempel leire som isolasjon i stubbloftet, men det er ikke tilfellet her. Det er himling på undersiden, men det er ikke lagt gulv i loftsetasjen.

### 6.8.2. Mulige nye løsninger

Det er sett på en del forskjellige alternativer for taket når det skal skiftes. Ettersom taket i dag ikke er isolert, vil det utgjøre en stor forskjell for husets totale u-verdi å etterisolere. Det er flere alternativer for hvordan dette kan gjøres. Et alternativ er å isolere loftsbjelkelaget og beholde loftet kaldt. Eventuelt er det mulig å isolere selve takflaten, for eksempel mellom takåsene eller fra utsiden.

Når taket skal oppgraderes, vil konstruksjonen bli vesentlig tettere. Det er derfor viktig å påse tilstrekkelig luftig til loftet, det kan gjøres ved å beholde og sikre luftig ved raft. Eventuelt er det mulig å sette inn lufting i gavlveggene. Eller, hvis vindsperra føres i et tett, sammenhengende sjikt fra veggen og over taket, vil loftet bli uluftet, dette krever dampåpent tak. (62)

### 6.8.3. Isolere loftsbjelkelaget

Den enkleste løsningen for taket er å beholde det kalde loftet. Da vil det hovedsakelig være nødvendig bytte ut deler av treverket som er fuktskadet i takflaten. Fra gammelt av var det ikke vanlig å legge tettesjikt som takpapp eller lignende under taktekkingen og steinen var festet direkte på taktroen. Skiferen er tett når den blir lagt riktig, men i dag brukes det et tettesjikt under steinen, ofte i form av asfaltbelegg eller takpapp. Det kan derfor være nødvendig å bytte deler av taktroen, avhengig av tilstand i tillegg til å legge tettesjikt i form av takpapp eller lignende, for å oppnå lufting bør skiferen lektes opp. (60) Det vil trolig være enklest å fjerne laget som trolig er spon og bytte det ut med ny taktro, enten av trefiberplater eller bord av tre.



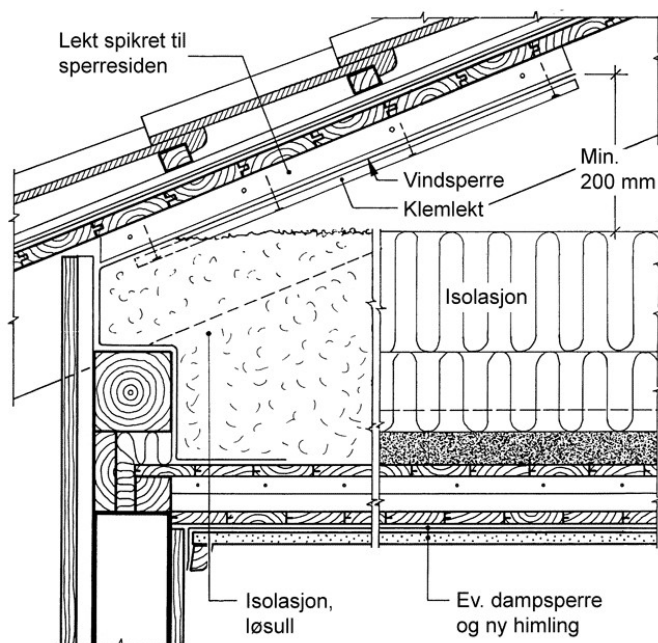
Ettersom skiferen er et tungt material, vil bærende undertak være nødvendig for å ta opp denne vekten. Det er mulig å legge dampåpent tak med taktro, ved å benytte dampåpent undertaksbelegg.

Isolasjonen legges i dette tilfellet i loftsbjelkelaget. Det er mulig å gjøre dette enten fra oversiden eller undersiden. På grunn av lav takhøyde i 2. etasje vil det være ugunstig å isolere på undersiden i dette tilfellet. Fra oversiden legges isolasjonen mellom bjelkene. Med løsull kommer man til på steder som er vanskelig å tette med isolasjon på for eksempel rull. På grunn av de runde bjelkene i loftsbjelkelaget er dette en god løsning, ettersom det kan være vanskelig å få isolasjon på rull tett rundt disse.

Ved etterisolering av etasjeskiller mot kaldt loft er anbefalingen fra riksantikvaren å ikke legge mer enn 20 cm isolasjon. Dette for å unngå fuktproblemer og råteskader. (68)

Hvis det er ønskelig å bruke loftet til lagring senere, vil det være nødvendig å legge noe form for gulv over stubbeloftet. Dette for å unngå at isolasjonen blir presset sammen og dermed mister effekt. Det er her viktig at gulvet ikke blir så tett at fukt ikke slipper ut av konstruksjonen og heller ikke presser sammen isolasjonen. Dette er mulig å gjøre på hele, eller deler av loftet.

Ved å benytte isolasjon med varmekonduktivitet på  $0,039 \text{ W/(mK)}$  vil det med 200 mm isolasjon oppnå U-verdi på  $0,18 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ , som er innenfor minstekravet fra TEK 17. (69)



Figur 80 Løsning for etterisolering av stubbeloft, med løs isolering eller isolasjonsplater. Dette eksempelet er for luftet, kaldt loft. (69)

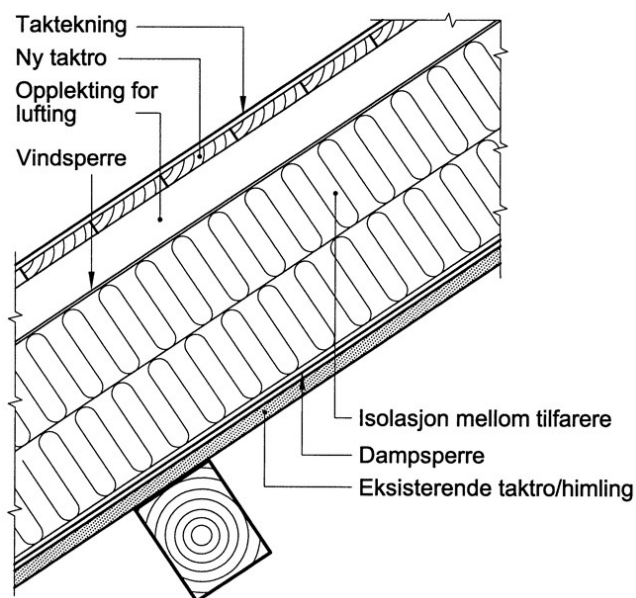
Når man isolerer loftsbjelkelaget er det viktig å passe på tettheten. Man må sjekke at himlingen er tilstrekkelig tett, og at loftsluker og lignende er tette. Ved å legge kombinert vindsperre og undertaksbelegg som føres tett sammen med vindsperre på veggen får man et kaldt, uluftet loftsrom. Undertaket må derfor være diffusjonsåpent. Løsning for dette alternativet, men uluftet, kaldt loft kan finnes på vedlegg 11.6.2 og 11.6.3.

#### 6.8.4. Isolere taket i stedet for etasjeskiller

Det kan være ønskelig å isolere taket og dermed bedre kunne utnytte loftet. Når man etterisolerer taket, kan man enten isolere mellom taksperrere/åsene, eller man kan legge isolasjonen på oversiden av taket. Avhengig av hvor mye som skal gjøres med taket, for eksempel i dette tilfellet, hvor taktekkingen skal skiftes samtidig, har man tilgang til taket både ovenfra og nedenfra under arbeidet. Ved å isolere fra utsiden unngår man å at de utenpåliggende lagene blir kaldere, dette kan bidra til å unngå fuktproblemer.

Ettersom case-huset må demonteres dersom det skal flyttes medfører oppgradering av taket ikke så mye ekstra arbeid. Når alt likevel må tas fra hverandre blir det lettere å endre oppbygningen av taket og gå for en mer moderne takløsning. Ved å isolere taket utvendig vil man kunne bevare de synlige takåsene i loftstaket, slik det laftede tak likevel beholder noe av det originale preget. Den originale taktroen kan også bevares hvis ønskelig eller byttes ut med kledning av tre eller lignende. For å oppnå U-verdi på  $0,18 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ , som er kravet fra TEK 17 for tak er det nødvendig med 250 mm isolasjon med varmekonduktivitet på  $0,037 \text{ W}/(\text{mK})$ .

(70)

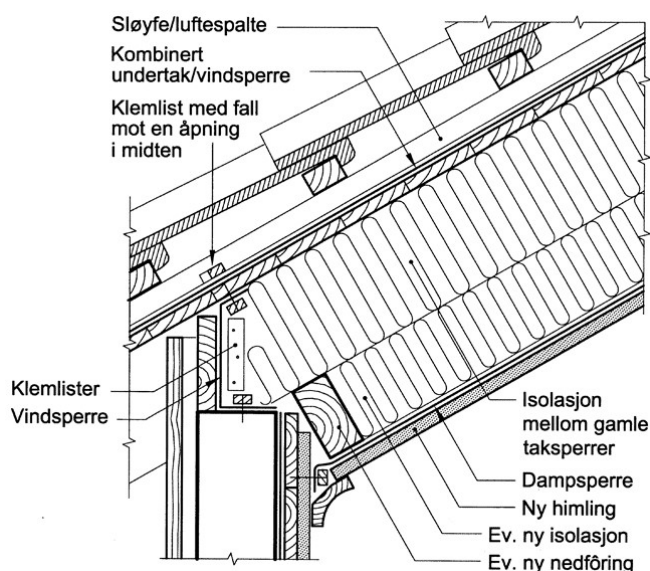


Figur 81 Eksempel på etterisolering fra oversiden med separat vindsperre og undertak. (69)

Ettersom etasjehøyden i 2. etasje per dags dato er 1.80 m, vil det være gunstig å fjerne loftet hvis man isolerer skråtaket. Dermed får man bedre takhøyde i 2. etasje og større bruksmuligheter for etasjen. Løsning for utvendig isolering av skråtaket er nærmere beskrevet i vedlegg 11.6.4

Det er også en mulighet å isolere taket fra innsiden, dette er en mer komplisert oppgave, ettersom det kan være vanskelig å komme til taket fra undersiden. Dette er en god løsning hvis man ønsker å isolere skråtaket, men ikke skal gjøre noe med taktekkingen eller de ytre delene av taket. Hvis case-huset ikke skal flyttes, kan dette være en alternativ løsning, ettersom det krever mindre inngrep på selve taket.

Fordelen med å isolere fra innsiden er at taket fra utsiden ikke kommer til å endres, profilen og høyden ved raft og møne vil forbli den samme.



Figur 82 Eksempel på løsning for innvendig isolering av skråtaket. (69)

### 6.8.5. Valg av løsning

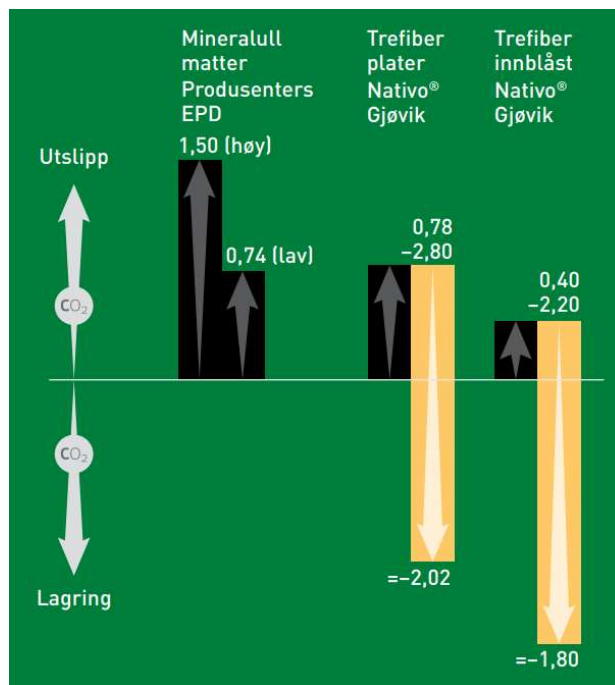
Den mest lønnsomme løsningen for case-huset vil være å isolere loftsbjelkelaget, spesielt hvis huset ikke skal flyttes og ikke demonteres. Det er et enklere inngrep og mer kostnadseffektivt. Med denne løsningen bevarer man mer av byggets originale oppbygning. Loftet egner seg godt til lagring, slik det også er brukt i dag.

Ved denne løsningen endres takflaten kun ved å bytte ut de ytterste lagene, som trolig er spon eller en form for lagvis rupanel. Her legges i stedet taktro av bord for å bære taktekkingen. Over taktroen legges undertaksbelegg, før det lektes opp til taktekkingen.

### 6.8.6. Isolasjonstyper

Det er flere mulige alternativer for isolasjon for etterisolering. Materialet kan være av mineralull, som er en av de vanligste typene isolasjon vi har. Alternativt kan det brukes cellulose, eller trefiber. Disse typene kommer som løsull, som kan sprøytes inn i konstruksjonen på rull eller i plater. (69) Fordelen med cellulose eller trefiber er at denne typen isolasjon oppfører seg relativt likt som de laftede veggene, de transporterer fukt relativt godt og det vil derfor være gunstig når det ikke skal brukes dampsperre eller dampbrems. (71) Varmekonduktiviteten til cellulose er  $0,039 \text{ W/(mK)}$ . (72) Trefiberisolasjon levert fra Hunton har en varmekonduktivitet på  $0,038 \text{ W/(mK)}$ , både for innblåst isolasjon og plater. (73) Det er disse alternativene som vurderes for case-huset, ettersom man da ikke trenger å legge dampsperre på varm side og dermed kan beholde himlingen original og urørt. Ved isolasjon i takplanet anbefaler Hunton at det monteres dampbrems.

Trefiberisolasjon er produsert av flis fra sagbruk og er en fornybar resurs. Ettersom dette er et treprodukt lagrer det karbondioksid som gir et positivt  $\text{CO}_2$ -regnskap. (74)



Figur 83 Fremstilling av utslipp for ulike isolasjonsmaterialer. (59)

## 7. Øvrige bygningsdeler

### 7.1. Vindu

Originale vindu fra før 2. verdenskrig i eldre bygg har ofte stor kulturhistorisk verdi. Vinduene utgjør en stor del av hvordan vi oppfatter bygget og dets uttrykk. Slike gamle vindu har dessuten en helt egen kvalitet og levetid. Vinduer må tåle store påkjenninger i form av fukt og kondens. Dessuten brytes malingen og selve treverket ned av UV-lys, altså solstråling. I eldre vinduer som ble produsert før 2. verdenskrig var treet brukt i vinduene nøye valgt fra tettvekst kjerneved av furu. Dette treverket er spesielt godt egnet med tanke på naturlig motstand mot råte og vridninger ved fuktendringer.

Ved industrialiseringen av vindusproduksjon som kom rundt 1950-tallet ble ikke trekvaliteten like viktig lenger. Dermed er gamle vinduer av langt bedre kvalitet enn nyere vinduer. Et gammelt vindu som har stått i 100 år kan etter vedlikehold stå i 100 år til. Dermed kan eldre vindu ha mange ganger lengre levetid enn nyere vindu som har forventet levetid på 20-30 år.

Det kan også være gunstig for prosjektets miljøregnskap å beholde de gamle vinduene. En glemmer ofte å se på miljøutslippene i forhold til vinduets livsløp og ikke kun opp imot isoleringsevnen. I helhetlige livsløpsberegninger kan eldre vinduer komme godt ut med tanke på miljø hvis de blir oppgradert. En oppgradering kan bestå av at de gamle vinduene tetningslister og energi- eller isolerglass i varevinduene. Disse tiltakene kan medføre innvendig økt komfort i tillegg til at U-verdien kan bli så lav at miljøgevinsten ved å skifte til nye vinduer knapt blir målbar. (75)

I case-bygget er halvparten av vinduene utskiftet på 1950-tallet mens andre halvparten er de originale sprossevinduene. Det kan være varierende tilstand på de gamle vinduene.

Tilstandsvurdering på vinduene må tas av noen med relevant erfaring før man velger best mulig fremgangsmåte for arbeidet videre med vinduene. For noen vinduer kan restaureringen kun innebære maling og nytt kitt. For andre vindu kan det derimot være råteskader i treverket hvor da de skadde delene må repareres eller skiftes ut ved istandsetting. Treverkets tilstand er viktigst i bedømmelsen av vinduets tilstand men andre vurderinger rundt beslag, glass, tetning og dytting mot vegg har også betydning.

Vinduene som ble satt inn i 1950-tallet har trolig ingen bevaringsverdi og har levd ut sin levetid. Dermed er det mest naturlig å skifte disse ut.

En stor kilde til luftlekasje i eldre bygg er vinduer, gruppen har derfor ønsket å redusere varmetapet herfra så mye som mulig. Det har derfor blitt gjort tiltak illustrert i vedlegg 11.7.1/2.

## **7.2. Våtrom**

Det er i dag et bad som ligger i siste påbygde delen av case-huset. Siden det i dette prosjektet planlegges å ikke bevare de to påbyggene vil det ikke ligge noe for-eksisterende våtrom/bad på delen som skal bevares. En kan selvfølgelig velge å ikke installere et våtrom i forbindelse med renoveringen hvis eier ønsker å beholde følelsen av en primitiv og enkel hytte. Et annet alternativ er å avvente påkostnadene som kommer med å installere et bad og sette inn et helt nytt rørsystem til et senere tidspunkt.

Tømmer har svært gode egenskaper i forhold til fukthåndtering slik at det ikke vil være behov for tildekking av tømmerveggene med dampsperre. Unntaket er at en må beskytte lafteveggene mot direkte vannsprut. En enkel måte å løse dette på er å sette inn dusjkabinett og en form for beskyttelsesplate bak vasken. Det må legges inn gulv med helning etter kravene i §13-15 i TEK-17. (76)

Våtrom kan installeres i hvilket som helst av de eksisterende rommene i case-huset. Det vil likevel være mer praktisk å velge det minste stuerommet som ligger ved siden av kjøkkenet i 1. etasje. På denne måten kan man begrense rørlengdene. I tillegg vil det være enklere å ha en eventuell varmtvannsbereder inn i våtrommet som gir varmtvann til både kjøkkenet og badet. En annen grunn for at det er best å legge badet i 1. etasje er himlingshøyden som er noe høyere enn i 2. etasje. Dermed vil man unngå en altfor lav og upraktisk himlingshøyde i tilknytting dusjkabinett som ofte står ett stykke over gulvet. Romhøyden vil også bli noe lavere fordi gulvet vil mest sannsynlig måtte bygges opp for å få nokk helning ned til gulvsluk.

## **8. Byggeadministrasjon og saksbehandling**

### **8.1. Saksbehandling, Inderøy kommune**

I forbindelse med denne rapporten var det interessant å få høre kommunenes formening rundt ulike aspekter om trønderlåner og om den kommunale søkeprosessen. Med bakgrunn i at case-bygget ligger i Inderøy var det naturlig å ta kontakt med planenhetene ved Inderøy kommune. Ingeniør byggesak i kommunen, Brit Alvild Haugan, ble kontaktet med spørsmål rundt prosjektet.

Alle eldre Trønderlåner er registrerte som Sefrak-bygg. Når kommunen skal gjennomgå ei saksbehandling som angår Sefrak-registrerte bygg så har kommunen bilder av disse og ut ifra registreringen sendes søknad på høring til Fylkeskommunen før saken behandles. Befaring til bygg sammen med Fylkeskommunen i slike tilfeller er også aktuell. Kommunen har selv noe nyere billedmateriale av de eldre trønderlånene i kommunen også. Hvis ikke kommunen allerede har tilstrekkelig bildemateriale blir det bedt om tilsending av utfyllende dokumentasjon ved bilder, som skal brukes som grunnlag for en behandling.

Kommunen ser verdien i å bevare slike eldre bygninger som ligger inntil tunet for å bevare bygningsmiljøet og kulturlandskapet. Samtidig har kommunen ingen økonomiske stimuleringsmidler til dette, utover de midler som kan ligge i SMIL. SMIL er en tilskuddsordning som rettes mot spesielle miljøtiltak i jordbruket. Ett av hovedformålene med SMIL er å fremme og ivareta kulturminneverdier i landbrukets kulturlandskap. Det er landbruksdirektoratet som deler ut tilskudspengene årlig til fylkesmennene som deretter fordeler pengene videre til kommunene. Eiere av landbrukseiendommer med tilskuddsberettiget produksjon på selve eiendommen kan søke SMIL-midler fra kommunen. (77)

Selv om kommunen har et ønske om å bevare gamle bygninger som ligger inntil gårdstun, er det ikke enkelt å gi avslag til søknad om riving. Slike avslag fra kommunen skal være begrunnet i loven og/eller bestemmelser i reguleringsplaner. I Inderøy kommune er det noen bestemte områder hvor det i reguleringsplanene er regulert for bevaring av bygningsmiljø. Disse bevaringsregulerte områdene ligger i hovedsak innen kommunesentrumet Straumen og på Hylla, ei gammel trehusklynge ved fjorden. Kommunen gir også uttrykk om at søknader til riving av gamle trønderlån på Inderøy er sjeldne.

Det har blitt gjort vurderinger i denne oppgaven på om rapportens case-bygg, som ligger i Inderøy kommune, kunne få ei bruksendring fra våningshus til hytte og dermed flyttes til egen hyttetomt i kommunen. Kommunen informerer om at flytting av bygg har blitt gjort flere

ganger i Inderøy kommune og at det er gode erfaringer med dette. Disse bygg flyttingene er gjort med bakgrunn av at private eiere ønsker å bevare et bygg. Kommunen legger da i stor grad til rette for en slik flytting på nytt areal eller tomt. Det er enda ikke blitt gjort erfaringer med å gjenbruke ei trønderlån til ei hytte i kommunen. Avhengig av hyttetomtens beliggenhet vil det være viktig å tenke på stedets reguleringsbestemmelser. Reguleringsbestemmelser som går spesielt på høyder i forhold til opprinnelig terreng er blitt vanlig siden nyere fritidseiendommer ligger i tettere felt enn før. Hvis et bygg planlegges å flyttes til ei høyderegulert tomt og som overstrider høydegrensen må det søkes om dispensasjon fra bestemmelsen. En dispensasjonsbehandling vil kreve en spesiell vurdering av saken i samsvar med plan- og bygningslovens § 19-2 som omhandler Dispensasjonsvedtak. (78)

Ved søknad om bruksendring av et bygg vil kommunen oftest gjennomføre ei befaring på stedet. Det er også viktig ved slike søknader å gjennomføre en forhåndskonferanse omkring planer for ny bruk av bygget. Ofte ved slike prosesser vil det kreves en involvering av konsulenter, spesielt for en brannteknisk vurdering av bygningsmassen. I tillegg vil forhold rundt blant annet trafikk og parkering være viktig å se på. Til slutt er det viktig å se på andre momenter i forhold til tradisjonelt landbruk og den nye virksomheten. Det må nevnes at hvilke aspekter og områder det er viktig å vurdere ved søknader om bruksendring kan variere veldig fra sak til sak.

## **8.2. Sefrak-register**

SEFRAK er et nasjonalt register av bygninger bygd før år 1900. Navnet SEFRAK står for "Sekretariatet For Registrering Av Faste Kulturminne i Noreg". Dette registreringsarbeidet ble gjennomført i årene 1975-1995 hvor totalt 515.000 bygninger ble oppmålt, fotografert og kartfestet.

At et bygg er SEFRAK-registrert betyr ikke automatisk at den har spesielle restriksjoner eller er meldepliktig til etatene ved endringer. Registeret er i hovedsak et kulturhistorisk register. Det skal dermed kunne fungere som kildemateriale for den lokale historien. Registeret kan gi kommunen et varsko på at bygget kan være av verneverdig interesse før det blir gitt tillatelse til rivning, flytting og/eller endring av bygget.

Bygninger som er eldre enn 1850 er automatisk meldepliktig. Det er lovfesta i §25 i Kulturminneloven at slike bygg må gjennomgå ei vurdering av verneverdien før søknad om endring eller rivning kan bli godkjent. I slike tilfeller skal eier som ønsker å gjøre endringer ved



et bygg sende en søknad til kommunen. Kommunen sender videre søknaden til fylkeskommunen som skal uttale seg om saken før kommunen fatter vedtak. (79)

Informasjon om kulturminner og SEFRAK-registrerte bygg i Norge er offentlig. Karttjenesten til miljødirektoratet som kan finnes via direktoratets nettsider (80) er et lett og hjelpsomt verktøy når en skal finne ut informasjon om offentlig vernestatus til et bygg. En viktig tilleggsfunksjon til dette kartverktøyet er at den henviser deg videre til informasjon fra riksantikvaren eller kulturminnesøk når du trykker på et bygg som er SEFRAK-registrert eller et kulturminne. Kulturminner har langt mer tilgjengelig informasjon på nett enn SEFRAK bygg, med blant annet begrunnelse for frednings- eller verningsvedtak og eksakt datering.

Fra de totalt ca 500 000 bygningene som ble SEFRAK-registrert på 1970-90 tallet befant 11 550 av disse seg i norddelen av Trøndelag. (81) Det er naturlig at flere av disse byggene har gått tapt i tida etter registreringa ble gjennomført. Riksantikvarens miljøovervåkningsprogram *Gamle hus da og nå* har som funksjon å gi en oversikt over utviklingen av tap og endringer av SEFRAK-bygg i perioden 2000-2014. Miljøovervåkningsprogrammet ble gjennomført i flere kommuner rundt om i landet, blant annet i Snåsa kommune. Snåsa kommune ligger i Nord-Trøndelag og relativt nærme Inderøy kommune hvor case-huset ligger. Rapporten som ble skrevet for Snåsa kommune kan dermed være en bra pekepinn på hvordan utviklinga i Inderøy kommune har vært. Rapportene som ble skrevet under prosjektet *Gamle hus da og nå* forteller hvor mange bygninger som går tapt og hvilken type bygninger innenfor SEFRAK en trenger å ha større fokus for bevaring videre. I Snåsa kommune var det originalt 517 bygninger som hadde blitt SEFRAK-registrert. Ved slutten av miljøovervåkningsprogrammet i 2013 stod 429 av disse byggene fortsatt. Dette tilsvarer et tap på 17% av alle SEFRAK byggene i Snåsa kommune. Et viktig tall vi kan ta med oss som indikator på tap er rapportens kalkulerte årlige tap i perioden 2008 til 2013 som var 0,5%. (82) Den egentlige verdien på årlige tap på Inderøy kommune er ukjent, men antas å være tilnærmet lik 0,5% der også. Prosenten kan likevel ha økt noe siden 2013 fordi SEFRAK-registrerte bygg som står ubrukt blir med tiden bare eldre og mindre attraktiv for bevaring fra eierne sin side.

### **8.3. Fredet, vernet, verneverdig**

Det finnes ulike nivåer for verning av kulturminner i Norge i dag. Vi skiller mellom vernet, verneverdig og fredet. Noen av kulturminnene er automatisk freda uten at det er fattet eget vedtak. Dette er for eksempel bygg fra perioden 1537-1650. Med hjemmel i kulturminneloven kan Riksantikvaren også vedta fredning av ikke automatisk fredete

gjenstander. Kulturminner som ikke er fredet, kan etter en lokal vurdering av verneverdien få et formelt vern gjennom plan- og bygningsloven. Det er kommunen som er planmyndighet, og som fatter vedtak om vern. Kulturminner som blir sett på som verneverdig er kulturminner som bør tas vare på, men blir ikke like strengt beskyttet av kulturminneloven. Dette er fordi vi rett og slett ikke kan ta vare på alle kulturminner og at det er opp til eiere å bestemme hvor stor verdi kulturminnet har for dem.

Alle tiltak på fredete kulturminner har meldeplikt (Kulturminnelovens §8) til myndighetene. (83) Som nevnt er det dessuten meldeplikt ved endringer av bygninger eldre enn 1850 (Kulturminnelovens §25). I disse tilfellene må en vurdering gjøres før bygge- eller rivningssøknad kan godkjennes av kommunen. Fylkeskommunen skal alltid varsles om det gjøres vedtak om rivning eller vesentlig endring på bygninger eldre enn 1850.

Saksgang for endring på meldepliktig bygning:

- Eier må søke kommunen om vesentlige endringer eller riving
- Kommunen sender søknad til fylkeskommunen som skal uttale seg før kommunen fatter vedtak
- Kommunen sender kopi av vedtaket til fylkeskommunen

Et SEFRAK registrert bygg som ikke er fra før 1850 og dermed ikke automatisk meldepliktig bør likevel også gjennomgå en lokal vurdering av verneverdi før det blir gjort tiltak på bygget. Når en søknad kommer inn i byggesakskontoret i kommunen velger ansvarlig søker om de skal utføre ett- eller to- trinns søknad. For mer komplekse prosjekter, slik som arbeid med et kulturminneverdig bygg, er to-trinns søknader anbefalt. I en slik søknadsprosess deles dermed "tillatelse til tiltak" opp i "rammetillatelse" og "igangsettings-tillatelse".

## **8.4. Tek-17, krav og søknadsprosesser**

### **8.4.1. Eldre bygningslover**

I dette avsnittet vil vi se nærmere på bygningslovgivningen i Norge i perioden fra første halvdel av 1800-tallet til 1930. Dette kan være nyttig kunnskap i arbeidet med forvaltning og vedlikehold av eldre bygningsmasse. Fra 1800-tallet av førte raskere samfunnsutvikling, urbanisering og framkomsten av nye byggematerialer til utfordringer til de gjeldende bygningslovene. Alle disse stadige endringene i byggebransjen førte med seg også stadige revisjonsbehov av bygningslovene.

Bygningslovene fra denne perioden gjaldt bare for spesifikke områder, i hovedsak de store norske byene; Oslo, Trondheim og Bergen. Hver av byene hadde egne bygningslover og lovene gjaldt stort sett innenfor bygrensene. Fra og med 1845 ble derimot et belte rundt byene inkludert i bygningslovene. Hvor mange meter ifra bygrensen lovene skulle gjelde har variert fra ca. 50 meter til 500 meter fra bygrensen. Formålet med dette var å forhindre fattigfolk fra å bygge akkurat som de ville rett utenfor bygrensen. Utover disse bestemte byene og noen andre tettsteder (såkalte bygningskommuner), som for eksempel Levanger, var det ingen bestemte bygningslover som måtte følges før bygningsloven av 1965 som gjaldt for hele landet. (84) Lov om Bygningsvesenet fra 1924 var første lovverk som var felles og skulle gjelde for alle byer og tettbygde strøk i landet og trådte i kraft i 1929. Dermed ble det gamle systemet hvor hver by hadde egne lover avviklet. Likevel hadde byene fortsatt mulighet til å vedta egne byggevedtekter med departementets godkjenning.

Det var fem hovedpunkt som var sentrale i fra de første bygningslovene fra 1800-tallet. Først og fremst var brannsikring i byene det viktigste formålet med lovene. Dette ble oppnådd med byplan- og bygningsmessige bestemmelser. I Trondheim er denne byplanleggingen for å unngå spredning av brann mellom trehuskvartalene godt synlig til den dag i dag. Gater som Olav Tryggvasons gate og Munkegata, var langt bredere enn de eldre smale tveitene i byen. De brede gatene er fram til den dag i dag med på å forhindre brannspredning mellom kvartalene i sentrum av Trondheim. Andre viktige moment som bygningslovene skulle sette retningslinjer på var kommunikasjon, hygieniske krav, byggeteknisk kvalitet og estetikk. Alle disse punktene la grunnlaget for bygningslovene vi har i Norge i dag, og vi kan se at de fortsetter å være viktig, men at mange flere temaer er tilføyet og inngår i dagens lover og forskrifter. (85)

#### **8.4.2. Dagens krav**

Ved meldepliktige tiltak på eksisterende byggverk gjelder i utgangspunktet de samme kravene som for nye tiltak, de må altså følge plan- og bygningsloven og tekniske forskriften TEK-17. Samtidig angir plan- og bygningslovens §31-2 (86) at disse kravene gjelder til tiltak på eksisterende byggverk så langt de er "relevante". Norsk Kommunalteknisk Forening (NKF) har utarbeidet en eksempelsamling om anvendelse av byggereglene ved arbeider på eksisterende byggverk fordi slike tiltak havner ofte i ei gråsoner i lovverket siden lovene og forskriftene fokuserer på nybygg. (1)

Hva som generelt er å anse som ikke vanlig vedlikehold og som krever søknad om tiltak ifølge pbl §20-1:

- Tilbygg
- Påbygg
- Underbygging
- Vesentlig endring av bygning (hovedombygging)
- Vesentlig endring av bygningsdel (det er bare arbeider som er å anse som vesentlige som er å anse som tiltak. Arbeider som ikke er å anse som vesentlige er vanlig vedlikehold)
- Fasadeendring
- Bruksendring
- Oppføring av bygningstekniske installasjoner
- Endring og reparasjon av bygningstekniske installasjoner

Følgende sitat fra veilederen "Tekniske krav ved tiltak i eksisterende bygg" utarbeidet av Norsk Kommunalteknisk Forening i 2016 beskriver godt hvordan det ofte er problematisk å vite hvilke krav som generelt vil gjelde ved arbeid på eksisterende bygg:

*"Loven fastsetter hva som skal ansees som minste sikkerhetsnivå ved nybygg, og er upresis og gir rom for tolkning når det gjelder fastsetting av tilsvarende sikkerhetsnivå ved tiltak på eksisterende byggverk. Begreper som legger føringer for hvilke regler som skal gjelde er heller ikke klart nok definert. Dette gjør det ofte komplisert å arbeide med eksisterende bygg opp mot gjeldende lovverk. Det er ikke alltid lett å komme fram til gode løsninger som tilfredsstiller lovverket, og som samtidig er praktisk mulig og tar hensyn til eksisterende bygninger i forhold til ressurser, kulturverdier osv. Det er kun "relevante krav" i loven og forskriften (TEK10) som kommer til anvendelse. Dette innebærer at det må være en logisk sammenheng mellom krav og tiltak for at disse skal komme til anvendelse. Oppgradering av enkelte bygningsdeler og bygningstekniske installasjoner behøver altså ikke oppfylle krav som retter seg mot en kvalitet ved bygget som helhet, så lenge oppgraderingen ikke gjelder hele bygget eller effekten for bygget som helhet blir marginal. (...)*

*Fravik fra tekniske krav i byggt teknisk forskrift er derfor snarere hovedregelen ved tiltak i eksisterende bygninger og ikke unntak. Eksempelsamlingen legger opp til et anbefalt sikkerhetsnivå. Anbefalingene oppfyller ikke nødvendigvis kravene i TEK 10 fullt ut, men tar hensyn til praksis, hva som er teknisk og økonomisk mulig, og som etter en total vurdering gir et forsvarlig sikkerhetsnivå."*

Det er to hovedområder som en ikke vil få dispensasjon fra kravene fra kommunen ved fleste tiltakssøknader. Kravene som alltid må være oppfylt er de som omhandler konstruksjonssikkerhet og brann. Alt annet vil i varierende grad være mulig å søke avvik eller dispensasjon fra kravet fra kommunen.

## 8.5. Casebygget

Når det gjelder denne prosjektrapportens case-bygg er det tiltenkt renovering, mulig bruksendring fra bolig til fritidsbolig og mulig flytting av bygget til ny tomt. Kravene til tiltakene vil være som beskrevet i kapittel 8.5.2. Tiltak på eksisterende bygg vil i varierende grad oppnå grunnlag for unntak av kravene. Hvert prosjekt på eksisterende bygg vil dermed være forskjellig og kreve ulik behandling fra kommunen.

Ved flytting av bygget vil renoveringen være mer omfattende siden bygget vil få et helt nytt fundament og muligens også nytt tak. Dermed vil dagens TEK-17 krav måtte være oppfylt for det nye taket og fundamentet. Gjennom forhåndskonferanse og dialog med kommunen må det bestemmes i hvilken grad det ellers vil være forsvarlig å oppgradere bygget til dagens energikrav gitt i kapittel 14 av TEK-17. Likevel er det viktig å poengtere at det ifølge veilederen til NKF ikke kan settes krav til delene av byggverket som ikke direkte er berørt av endringene. Brannkravene vil være de samme når bygget får ei bruksendring fra bolig til fritidsbolig og vil dermed ikke kreve noen endringer i bygget utover vanlig installasjon av brannvarsling i tilfelle det ikke allerede eksisterer i bygget. I tillegg vil det eventuelt være nødvendig med brannsikringstiltak mot andre bygg ved flytting til ny tomt, men det er å anse som uvanlig at bygget vil flyttes slik at den vil ligge mindre enn 8 m unna et annet hus, spesielt siden det vil være ei tomt for fritidsbolig.

Tabell: Energiltak for boligbygning og fritidsbolig med laftede yttervegger

	Energiltak	Boligbygning og fritidsbolig over 150 m <sup>2</sup> oppvarmet BRA	Fritidsbolig over 70 m <sup>2</sup> til og med 150 m <sup>2</sup> oppvarmet BRA
1.	Dimensjon yttervegg	≥ 8" laft	≥ 8" laft
2.	U-verdi tak [W/(m <sup>2</sup> K)]	≤ 0,13	≤ 0,13
3.	U-verdi gulv på grunn og mot det fri [W/(m <sup>2</sup> K)]	≤ 0,10	≤ 0,15
4.	U-verdi vindu og dør, inkludert karm/ramme [W/(m <sup>2</sup> K)]	≤ 0,80	≤ 1,2
5.	Lekkasjetall ved 50 Pa trykkforskjell (luftveksling per time)	≤ 4,0	≤ 4,5

Figur 84 Unntak og krav til særskilte tiltak etter §14-5 i TEK-17. (87)

Som tidligere nevnt har Norsk Kommunalteknisk Forening utarbeidet en eksempelsamling om anvendelse av byggereglene ved arbeider på eksisterende byggverk. (1) Likevel er det ikke utarbeidet eksempel i samlingen til NKF som omhandler bruksendring fra bolig til fritidsbolig. Dette er mest sannsynlig fordi det ikke er vanlig å gjøre, altså kommuner får ikke inn søknader om slike bruksendringer ofte. En annen grunn er nokk at fritidsboliger har i hovedsak like eller mindre strenge krav enn boliger. Dette stemmer overens med det byggesakskontoret i Inderøy kommune har gitt uttrykk for. Ifølge dem er det ingen som har søkt før om å gjøre om ei trønderlån til en fritidsbolig. Dermed er det enda vanskeligere å forme en ide om hvilke krav som vil påkreves og ikke. I tillegg vil kravene og godkjente fravik fra kravene ved tiltak i eksisterende bygg variere for hver prosjekt og fra hvordan kommunen stiller seg i slike saker.

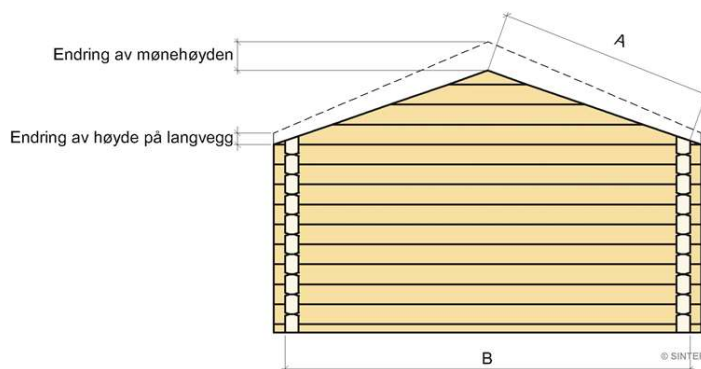
Tiltakshaver kan søke om unntak fra tekniske krav. Tiltakshaver må da fremlegge tilstrekkelig dokumentasjon som viser at vilkårene for unntak etter § 31-2 fjerde ledd er oppfylt. Ett av grunnlagene for å få innvilget unntak fra tekniske krav er at disse vil føre til ‘uforholdsmessige kostnader’. Bygninger med dokumentert kulturhistorisk verdi (etter veiledningen til §14-1) kan også søke for unntak fra krav. Dette gjøres ved at tiltakshaver identifiserer begrensningene bevaring av de kulturhistoriske verdiene gir for gjennomføring av tiltak.

## 9. FoU

### Ikke settende trestokker

Det siste tiåret har det kommet en ny type laftestokk på markedet. Prinsippet går ut på at konstruksjoner bygget med disse stokkene ikke får setninger, i motsetning til tradisjonelle laftede vegger. Derav navnet ikke-settende trestokker.

En av utfordringene med tradisjonell lafting er at treverket får setninger, altså synker i vertikal retning. Dette på grunn av treverkets uttørking og at stokkene presses sammen under egen vekt. Dette gjør det vanskeligere å bygge for eksempel høye bygninger med tradisjonell laftemetode, ettersom treverket synker omtrent 3%. Når man bygger laftede bygninger må det under byggeprosessen tas hensyn til setningene, spesielt når man setter inn vinduer, dører og andre faste bygningsdeler for å ikke få bygningsfeil. (88)

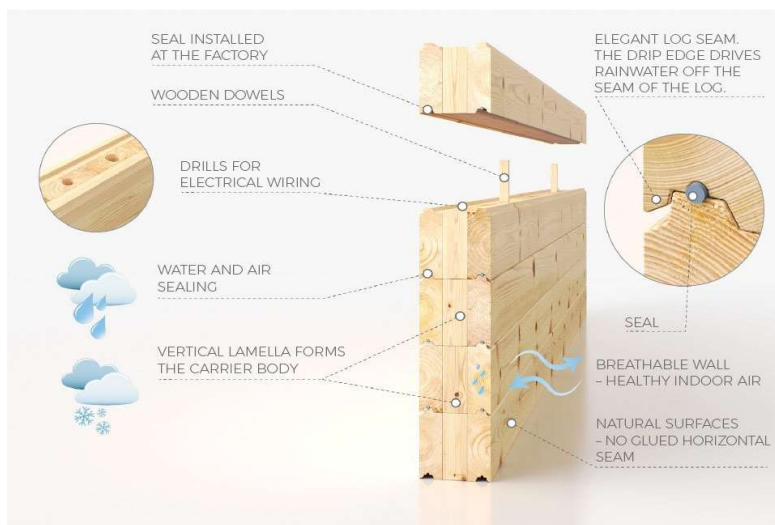


Figur 85 Fremstilling av setninger i en tradisjonelt laftet vegg. (49)

Måten ikke-settende trestokker er bygget opp er basert på samme prinsippet som massivtre. Sokkene består av laminerte lag av tre som er limt sammen, hvor hvert lag er snudd vinkelrett på hverandre. Det er denne metoden som gjør at stokkene ikke får setninger på samme måte som tradisjonelle laftede vegger. (89) Dette er på grunn av at trefibrene ikke trekker seg sammen på samme måte i treverkets tverrsnitt som i lengderetningen. Ved å krysslaminere treverket blir stokkene dermed stivere enn tradisjonelt treverk. Likevel består stokkene hovedsakelig av treverk og beholder derfor kvalitetene tradisjonell lafting har med at veggene puster og gir godt inneklima.

Det er per i dag flere produsenter som har tatt patenter på ulike varianter av disse trestokkene, men prinsippet er i all hovedsak det samme. Over- og undersiden av stokkene har riller som passer i hverandre, og de fleste variantene bruker gummifuger i rillene for å oppnå god tetting

mellom stakkene. Stakkene blir også festet vertikalt med plugger eller bolter, lignende dymlinger som brukes i større tradisjonelt laftede vegger.



Figur 86 Oppbygning av vegg ved bruk av ikke-settende trestokker fra PlusPuu. (102)

Bakgrunnen for denne typen trestokker er at man med dem lettere kan bygge større og høyere konstruksjoner, uten store setninger som gjør bygningsarbeidet vanskelig. Det vil ikke være nødvendig med etterjusteringer som følge av setningene. Dette gjør det enklere å kombinere andre byggematerialer som stein, glass og stål. (90) Hjørneløsningene er også interessante. Fra 822tradisjonelle laftede vegger er man vant til krysshjørner der laftehodet stikker utenfor veggen. Men med de laminerte trestokkene er det laget løsninger hvor disse er fjernet. Treverket er føyd sammen i hjørnene og gjør at hjørnene er i flukt med resten av veggen. Dette er et av elementene produsentene mener gjør denne teknologien gunstig også for mer urbane miljøer. (91)



Figur 87 Sammenføyning av stakkene i hjørnet. (91)



En annen fordel med denne byggemetoden kontra for eksempel massivtre er at man unngår veldig store bygningselementer. Dette gjør at man ikke trenger like store kraner og maskiner for å montere bygget på byggeplassen. At stökkene ikke setter seg, fjerner også behovet for tung taktekning på bygninger med dette materialet. Man kan dermed velge takoppbygning fritt.

Per i dag er denne typen bygningsmateriale hovedsakelig tilgjengelig fra finske produsenter og er tatt i bruk til hytter og frittstående eneboliger. Men i 2016 startet fakultetet for arkitektur ved universitetet i Oulo i Finland Modern log city project. Dette prosjektet ser på muligheten for å bruke teknologien med ikke-settende trestokker i urbane miljøer. I første omgang ser de på å bruke teknologien i offentlige bygninger som skoler og barnehager. (92)

Dette er en spennende teknologi i utvikling og viser potensialet vi har i tradisjonelle byggematerialer som tre. Vi ser i dag at massivtre blir stadig mer utbredt som byggemateriale. Fordelene treverk har som byggemateriale, både når det kommer til miljøaspekter og inneklima gjør at vi fortsetter å se utvikling av nye teknologier innenfor dette feltet.

## 10. Kilder

- 1 Koksvik A. v/ Norsk Kommunalteknisk forening. Tekniske krav ved tiltak i eksisterende bygg. 2. utgave. Oslo: NKF; 2016
- 2 SINTEF. Norge bør satse på rehabilitering framfor nybygg [Internett]. Oslo: SINTEF; 25.03.2020 [hentet 30.03.2020]. Tilgjengelig fra: [https://www.sintef.no/siste-nytt/norge-bor-satse-pa-rehabilitering-framfor-nybygg/?fbclid=IwAR2qeMF2GgVGbaJ9TTvyDycfn2LuADbg1voKFef\\_RsEa7FvmLgmBqe-lXuY](https://www.sintef.no/siste-nytt/norge-bor-satse-pa-rehabilitering-framfor-nybygg/?fbclid=IwAR2qeMF2GgVGbaJ9TTvyDycfn2LuADbg1voKFef_RsEa7FvmLgmBqe-lXuY)
- 3 Statistisk sentralbyrå. Tabell 10146: J. del 2 [Internett]. Oslo: SSB; [hentet 12.05.2020]. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/en/statbank/table/10146/tableViewLayout1/>
- 4 Miljødirektoratet. Karttjeneste [Internett]. Oslo: Miljødirektoratet; [hentet 17.03.2020]. Tilgjengelig fra: <https://miljoatlas.miljodirektoratet.no/MAKartWeb/KlientFull.htm>
- 5 Riksantikvaren. Fakta om SEFRAK bygg [Internett]. Oslo: Riksantikvaren; [hentet 17.03.2020]. Tilgjengelig fra: <http://faktaark.miljodirektoratet.no/Sefrak2.cshhtml?objectid=133893>
- 6 Store norske leksikon. Stiftsgården i Trondheim [Internett]. Oslo: Snl; [20.03.2013; hentet 25.03.2020]. Tilgjengelig fra: [https://snl.no/Stiftsg%C3%A5rden\\_i\\_Trondheim](https://snl.no/Stiftsg%C3%A5rden_i_Trondheim)
- 7 Dahle K, Grytli ER, Nilsen D. Trønderlåna. Steinkjer: Embla Forlag AS; 2017
- 8 Miller JF. Design and Analysis of Mechanically Laminated Timber Beams Using Shear Keys [avhandling]. Michigan: Michigan Technological University; 2009.
- 9 Black C, Black A. The Encyclopaedia Britannica, Dictionary of arts, Sciences and General Literature, Volume 6. 7. Utg. Edinburgh: 1842.
- 10 Skogstad P. Nekrolog: Rolf Birkeland [Internett]. Oslo: Aftenposten; 30.03.2015 [hentet 16.03.2020]. Tilgjengelig fra: <https://www.aftenposten.no/personalia/i/19KX/nekrolog-rolf-birkeland>
- 11 Birkeland R. Trebjelker på en annen måte. S.l.: [s.n.]; 1968.
- 12 Ulrich RB. Roman Woodworking. London: Yale University Press; 2007.
- 13 Maria Milani. Building Materials in Ancient Rome [Internett]. Italia: Maria Milani; [hentet 23.04.2020]. Tilgjengelig fra: [https://mariamilani.com/ancient\\_rome/rome\\_building\\_materials.htm](https://mariamilani.com/ancient_rome/rome_building_materials.htm)
- 14 Korres M. The Odeion Roof of Herodes Atticus and Other Giant Spans. Athen: Melissa; 2015.
- 15 Store norske leksikon. Gamle Bybro [Internett]. Oslo: Snl; [13.09.2019; hentet 10.03.2020]. Tilgjengelig fra: [https://snl.no/Gamle\\_Bybro](https://snl.no/Gamle_Bybro)
- 16 Store norske leksikon. Numerisk styring [Internett]. Oslo: Snl; [04.07.2019; 18.03.2020]. Tilgjengelig fra: [https://snl.no/numerisk\\_styring](https://snl.no/numerisk_styring)
- 17 SINTEF Byggforskserien. Byggforskblad 520.222: Bjelker av tre. Dimensjonering [Internett]. Oslo: SINTEF; 05.2011 [hentet 15.04.2020]. Tilgjengelig fra: [https://www.byggforsk.no/dokument/304/bjelker\\_av\\_tre\\_dimensjonering](https://www.byggforsk.no/dokument/304/bjelker_av_tre_dimensjonering)
- 18 Meccanica. Skjærspenninger [Internett]. Tromsø: UiT; [hentet 03.04.2020]. Tilgjengelig fra: <http://meccanica.uit.no/fasthet/skjarspenning.htm>
- 19 Rennebu-Bjelken AS. Bru levert til Skjåk [Internett]. Rennebu: Rennebu-Bjelken AS; 07.05.2019 [hentet 04.04.2020]. Tilgjengelig fra: <https://www.rennububjelken.no/post/bru-levert-til-skj%C3%A5k>
- 20 Key-Laminated Beams [Internett]. British Columbia: Fraser Wood; c2019 [hentet 13.03.2020]. Tilgjengelig fra: <https://fraserwoodindustries.com/products/key-laminated-beams/>
- 21 Tronstad S. Håndbok: Tre og fuktighet. 4. utgave. Oslo: Norsk Treteknisk Institutt; 2014.

- 22 Store norske leksikon. Limtre [Internett]. Oslo: Snl; [oppdatert 12.06.2019; hentet 17.04.2020]. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/limtre>
- 23 Limtreforeningen. Hovedside Limtreforeningen [Internett]. Oslo: Norske Limtreprodusenters Forening; [hentet 18.04.2020]. Tilgjengelig fra: <https://www.limtreforeningen.no/>
- 24 SINTEF Byggforskserien. Byggforskblad 520.315: Brannbeskyttelse av stålkonstruksjoner [Internett]. Oslo: SINTEF; 05.2014 [hentet 06.05.2020]. Tilgjengelig fra: [https://www.byggforsk.no/dokument/314/brannbeskyttelse\\_av\\_staalkonstruksjoner](https://www.byggforsk.no/dokument/314/brannbeskyttelse_av_staalkonstruksjoner)
- 25 Hagen R, Haupt HM, Bramslev K. Grønn materialguide v2.2 [Internett]. Oslo: Grønn Byggallianse; 2017 [hentet 17.04.2020]. Tilgjengelig fra: [https://byggalliansen.no/wp-content/uploads/2018/11/Gronn-Materialeguide-V2.pdf?fbclid=IwAR2Od\\_do3g4VFnezXAV-fNkF6n7WI\\_aQIPQsNDHGOOsMwEiWBRwkNkZAaw](https://byggalliansen.no/wp-content/uploads/2018/11/Gronn-Materialeguide-V2.pdf?fbclid=IwAR2Od_do3g4VFnezXAV-fNkF6n7WI_aQIPQsNDHGOOsMwEiWBRwkNkZAaw)
- 26 Store norske leksikon. Brumunddal [Internett]. Oslo: Snl; [oppdatert 19.02.2020; hentet 18.04.2020]. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/Brumunddal>
- 27 Thomsen PK. Lafteboka. Lafting trinn for trinn. Ås: Landsbruksforlaget; 2002.
- 28 Bygg og bevar. Laftehus. Konstruksjon og kjennetegn [Internett]. Oslo: Bygg og bevar; November 2012. [oppdatert 14. mai. 2019; hentet 11. mars 2020]. Tilgjengelig fra: <https://www.byggogbevar.no/pusse-opp/tre/artikler/laftehus>
- 29 Størseth O. Åpen fundamentering med peler og pilarer. Pile foundations for small houses. Oslo: Norges byggforskningsinstitutt SINTEF; 1971. SÆRTRYKK 197.
- 30 SINTEF Byggforskserien. Byggforskblad 521.304: Pilarer av betong i telefarlig grunn [Internett]. Oslo: SINTEF; Høst.1996 [hentet 09.04.2020]. Tilgjengelig fra: [https://www.byggforsk.no/dokument/330/pilarer\\_av\\_betong\\_i\\_telefarlig\\_grunn](https://www.byggforsk.no/dokument/330/pilarer_av_betong_i_telefarlig_grunn)
- 31 SINTEF Byggforskserien. Byggforskblad 522.351: Trebjelkelag. Dimensjonering og utførelse.[Internett]. Oslo: SINTEF; 08.2011 [hentet 10.05.2020]. Tilgjengelig fra: [https://www.byggforsk.no/dokument/334/trebjelkelag\\_dimensjonering\\_og\\_utfoerelse](https://www.byggforsk.no/dokument/334/trebjelkelag_dimensjonering_og_utfoerelse)
- 32 Thue J A. Laft – historie og konstruksjon [Internett]. Oslo: Bygg og bevar; oppdatert 26. Juni 2018; hentet 20. mars 2020]. Tilgjengelig fra: <https://www.byggogbevar.no/pusse-opp/tre/artikler/laft-historie-og-konstruksjon>
- 33 SINTEF Byggforskserien. Byggforskblad 723.304: Eldre laftede vegger. Metoder og materialer [Internett]. Oslo: SINTEF; 02.2017 [hentet 03.04.2020]. Tilgjengelig fra: [https://www.byggforsk.no/dokument/675/eldre\\_laftede\\_vegger\\_metoder\\_og\\_materialer?fbclid=IwAR3L23rJmEFa251r0ltVywKnGJBwpeyNw-5l9s6XjBTDiwKApQeA33JwV50#i21](https://www.byggforsk.no/dokument/675/eldre_laftede_vegger_metoder_og_materialer?fbclid=IwAR3L23rJmEFa251r0ltVywKnGJBwpeyNw-5l9s6XjBTDiwKApQeA33JwV50#i21)
- 34 Thomsen PK. Lafteboka. Lafting trinn for trinn. Ås: Landsbruksforlaget; 2002.
- 35 Clementz CA, Flatland R. Laft og lafting. Oslo: Trefokus, Treteknisk; 2008. ISSN 1501-7427. Tilgjengelig fra: <http://www.trefokus.no/resources/filer/fokus-pa-tre/44-Laft-og-lafting.pdf>
- 36 Frøyset TH. Flytting av gammelt hus Del 1 [Internett]. Oslo: Bygg og bevar; 2010 [Oppdatert 29. mai 2017; Hentet 30. mars 2020]. Tilgjengelig fra: [https://www.byggogbevar.no/pusse-opp/tre/artikler/gjenbruk-av-gamle-hus?fbclid=IwAR2BrCrZdigrB1\\_d2sJJQ5lGtd7qC02w0eI4B-Yr\\_OB2wxwmFh2ladZYHzQ](https://www.byggogbevar.no/pusse-opp/tre/artikler/gjenbruk-av-gamle-hus?fbclid=IwAR2BrCrZdigrB1_d2sJJQ5lGtd7qC02w0eI4B-Yr_OB2wxwmFh2ladZYHzQ)
- 37 Frøyset TH. Flytting av gammelt hus Del 2 [Internett]. Oslo: Bygg og bevar; 2010 [Oppdatert 29. mai 2017; Hentet 31. mars 2020]. Tilgjengelig fra: <https://www.byggogbevar.no/pusse-opp/tre/artikler/flytting-av-gammelt-hus-del-2>
- 38 Stenby OC. Innvendig etterisloering av laftevegg [Internett]. Oslo: Bygg og bevar; [Oppdatert 10. Januar 2020; Hentet 06. April 2020]. Tilgjengelig fra: <https://www.byggogbevar.no/enoeck/artikler/tiltak/innvendig-etterisolering-av-laftevegg>
- 39 Stenby OC. Utvendig isloering av tømmervegger [Internett]. Oslo: Bygg og bevar; [Oppdatert 24. Oktober 2018; Hentet 06. April 2020]. Tilgjengelig fra: <https://www.byggogbevar.no/enoeck/artikler/utvendig-isolering-av-toemmervegger>

- 40 SINTEF Byggeforskserien. Byggeforskblad 471.431: U-verdier. Vegger over terreng – laftet tre [Internett]. Oslo: SINTEF; Desember 2013 [hentet 09.april 2020]. Tilgjengelig fra: <https://www.byggforsk.no/dokument/4101/u-verdier-vegger-over-terreng-laftet-tre>
- 41 Encyclopedia Britannica Slate | Geology [Internett]. Chicago: Encyclopædia Britannica, inc; 13. mai 2018 [Hentet 13.februar 2020] Tilgjengelig fra: <https://www.britannica.com/science/slate-geology>
- 42 Høidal, T. Norsk skifer – kvalitet med tradisjoner [Internett]. Trondheim: Norges geologiske undersøkelser; [Hentet 12. februar 2020] Tilgjengelig fra: <https://www.ngu.no/FileArchive/91/skifer.pdf>
- 43 Hageler, J. (2005) Populær skifer [Internett]. Oslo: IFI; 14. mai 2005 [Hentet 13. februar 2020]. Tilgjengelig fra: <https://www.ifi.no/popular-skifer>
- 44 Norges geologiske undersøkelser. Produksjon av naturstein [Internett]. Trondheim: Norges geologiske undersøkelser; 06. februar 2015 [Oppdatert 03. februar 2020; Hentet 14 februar 2020]. Tilgjengelig fra: <https://www.ngu.no/emne/produksjon-av-naturstein>
- 45 Stoneart AS. Belegningsheller [Internett]. Larvik: Stoneart AS; 2020 [Hentet 12. februar 2020] Tilgjengelig fra: <https://www.stoneart.no/gulv/belegningsheller-skifer/>
- 46 Norges geologiske undersøkelser. Kvartsskifer [Internett]. Trondheim: Norges geologiske undersøkelser; 12. februar 2015 [Oppdatert 3. februar 2020; Hentet 12. februar 2020] Tilgjengelig fra: <https://www.ngu.no/emne/kvartsskifer>
- 47 Norges geologiske undersøkelser. Glimmerskifer [Internett]. Trondheim: Norges geologiske undersøkelser; 12. februar 2015 [Oppdatert 3. februar 2020; Hentet 12. februar 2020] Tilgjengelig fra: <https://www.ngu.no/emne/glimmerskifer>
- 48 Hansen, O. B. Historien om Jondalskiferen [Internett]. Oslo: Park & anlegg Fagbladet for grøntanleggssektoren; 27. april 2017 [Hentet 12. februar 2020] Tilgjengelig fra: <https://parkoganlegg.no/nyheter/historien-om-jondalskiferen/>
- 49 Norges geologiske undersøkelser. Fyllitt [Internett]. Trondheim: Norges geologiske undersøkelser; 06. februar 2015 [Oppdatert 03. februar 2020; Hentet 12. februar 2020] Tilgjengelig fra: <https://www.ngu.no/emne/fyllitt>
- 50 Sorte skiferbrudd. Skiferbruddets historie [Internett]. Trondheim; Sorte skiferbrudd; 2020 [Hentet 09. april 2020]. Tilgjengelig fra: <https://sorteskiferbrudd.no/skiferbruddets-historie>
- 51 King H. Shale: Sedimentary rock, pictures, definition more [Internett]. Virginia: Geoscience News and information; [Hentet 26. Mars 2020]. Tilgjengelig på: <https://geology.com/rocks/shale.shtml>
- 52 Heimdal naturstein. Skifer [Internett]. Trondheim: Heimdal naturstein; 2020 [Hentet 25. februar 2020]. Tilgjengelig på: <https://heimdalnaturstein.no/skifer/>
- 53 Oppdal sten AS. Skifertyper [Internett]. Oppdal: Oppdal sten AS; 2020 [Hentet 05. april 2020] Tilgjengelig fra: <http://oppdalsten.no/2013-04-08-11-08-45/skifertyper-og-overflater>
- 54 Minera skifer AS. Skiferboka – The book of schist. 2.utg. [Internett] Oppdal: Trykkservice AS; 2016 [Hentet 20. mars 2020]. Tilgjengelig fra: [https://issuu.com/mineraskifer/docs/skiferboka\\_-\\_the\\_book\\_of\\_schist](https://issuu.com/mineraskifer/docs/skiferboka_-_the_book_of_schist)
- 55 Kjølås, H. Norges største bybrann [Internett]. Ålesund: Sunnmørsposten; 2004 [Hentet 13. april 2020]. Tilgjengelig fra: <http://interaktiv.smp.no/bybrann/art-norges-storste.html>
- 56 Kjølås, H. (2004) Den eksklusive murbyen [Internett]. Ålesund: Sunnmørsposten; 2004 [Hentet 13. april 2020]. Tilgjengelig fra: <http://interaktiv.smp.no/bybrann/art-den-eksklusive-murbyen.html> (Hentet 13. april 2020)
- 57 Altaskifer AS. Taskifer i Ålesund by [Internett]. Alta: Altaskifer AS; [Hentet 13 april 2020]. Tilgjengelig fra: <http://www.altaskifer.com/inspirasjon/taskifer-alesund>
- 58 SINTEF Byggeforskserien. Byggeforskblad 571.104 Norsk naturstein. Bergarter, produksjon og steintyper. [Internett] Oslo: SINTEF; 2018 [Hentet 15. april 2020]. Tilgjengelig fra: <https://www.byggforsk.no/dokument/573/norsk-naturstein-bergarter-produksjon-og-steintyper#i63>

- 59 Minera skifer AS. Prosjektreferanser – Boston public library. [Internett]. Oppdal: Minera skifer AS; 2020 [Hentet 10. april 2020]. Tilgjengelig fra: <https://mineraskifer.no/project/boston-public-library/>
- 60 Stenby O. C. (2018) Slik legger du et skifertak – tekking med skifer i valdres [Internett] Oslo: Bygg og bevar; [Oppdatert 25 juni 2018; Hentet 10. mars 2020]. Tilgjengelig på: <https://www.byggogbevar.no/pusse-opp/tak/artikler/slik-legger-du-et-skifertak>
- 61 SINTEF Byggforskserien. Byggforskblad 544.102: Tekking med skifertak [Internett]. Oslo: SINTEF; 2014 [Hentet 05. april 2020]. Tilgjengelig fra: [https://www.byggforsk.no/dokument/498/tekking\\_med\\_takskifer](https://www.byggforsk.no/dokument/498/tekking_med_takskifer)
- 62 SINTEF Byggforskserien. Byggforskblad 525.106: Skrå tretak med kaldt loft [Internett]. Oslo: SINTEF; 2005 [Hentet 10. april 2020]. Tilgjengelig fra: [https://www.byggforsk.no/dokument/385/skraa\\_tretak\\_med\\_kaldt\\_loft#i6](https://www.byggforsk.no/dokument/385/skraa_tretak_med_kaldt_loft#i6)
- 63 Riksantikvaren. Skifer- og helletak – vedlikehold og omlegging [Internett] Oslo: Riksantikvaren; juni 204 [Hentet 27. april 2020]. Tilgjengelig fra: [https://www.byggogbevar.no/media/1027/infoark\\_354\\_skifer\\_2014-1.pdf](https://www.byggogbevar.no/media/1027/infoark_354_skifer_2014-1.pdf)
- 64 Grøndahl C. E. W. Vedlikehold og gjenbruk av skifertak [Internett]. Oslo: Bygg og bevar; [Oppdatert 10. oktober 2018; Hentet 27. april 2020]. Tilgjengelig fra: <https://www.byggogbevar.no/pusse-opp/tak/artikler/vedlikehold-og-gjenbruk-av-skifertak>
- 65 Clemetz C. A., Flatland R. Fokus på tre – Laft og lafting [Internett] Oslo: Trefokus; 2008 [Hentet 05 april 2020]. Tilgjengelig fra: <http://www.trefokus.no/resources/filer/fokus-pa-tre/44-Laft-og-lafting.pdf>
- 66 SINTEF Byggforskserien . Byggforskblad 544.803: Torvtak [Internett]. Oslo: SINTEF; 2009 [Hentet 29. mars 2020]. Tilgjengelig fra: <https://www.byggforsk.no/dokument/508/torvtak>
- 67 Vognild F. Muntlig referanse, Bedrock AS
- 68 Riksantikvaren (2013) Veileder – råd om energisparing i gamle hus [Internett] Oslo: Riksantikvaren; august 2013 [Hentet 28. april. 2020]. Tilgjengelig fra: <https://www.riksantikvaren.no/wp-content/uploads/2020/03/Energieffektivisering-av-gamle-hus.pdf>
- 69 SINTEF Byggforskserien. Byggforskblad 725.403: Etterisolering av tretak [Internett]. Oslo: SINTEF 2005 [Hentet 16. april 2020]. Tilgjengelig fra: [https://www.byggforsk.no/dokument/690/etterisolering\\_av\\_tretak#fig32](https://www.byggforsk.no/dokument/690/etterisolering_av_tretak#fig32)
- 70 SINTEF Byggforskserien. Byggforskblad 471.013: U-verdier. Tak [Internett]. Oslo: SINTEF; 2003 [Hentet 28. april 2020]. Tilgjengelig fra: [https://www.byggforsk.no/dokument/212/u-verdier\\_tak#i3](https://www.byggforsk.no/dokument/212/u-verdier_tak#i3)
- 71 Krumsvik A. Celluloseisolasjon – Isolasjon av returpapir, Bygg og bevar. [Internett] Oslo: Bygg og bevar; [Oppdatert 20. oktober 2018; Hentet 15. april 2020]. Tilgjengelig fra: [https://www.byggogbevar.no/enok/artikler/celluloseisolasjon?fbclid=IwAR3W4no8fe3CzLzjigf4KptT\\_4odDN2ACeleZmT85KbladE2IwoLCGGORA](https://www.byggogbevar.no/enok/artikler/celluloseisolasjon?fbclid=IwAR3W4no8fe3CzLzjigf4KptT_4odDN2ACeleZmT85KbladE2IwoLCGGORA)
- 72 SINTEF Byggforskserien. Byggforskblad 573.344 Varmeisolasjonsmaterialer. Typer og egenskaper [Internett]. Oslo: SINTEF; 2004 [Hentet 21. april 2020]. Tilgjengelig fra: [https://www.byggforsk.no/dokument/604/varmeisolasjonsmaterialer\\_typer\\_og\\_egenskaper#i2](https://www.byggforsk.no/dokument/604/varmeisolasjonsmaterialer_typer_og_egenskaper#i2)
- 73 Hunton fiber. Håndbok for isolering med naturlig trefiberisolasjon – Hunton Nativo Trefiberisolasjon [Internett]. Gjøvik: Hunton fiber; februar 2020 [Hentet 28. april 2020]. Tilgjengelig fra: [https://www.hunton.no/wp-content/uploads/2019/02/nativo-trefiberisolasjon\\_handbok-1219\\_web-1.pdf](https://www.hunton.no/wp-content/uploads/2019/02/nativo-trefiberisolasjon_handbok-1219_web-1.pdf)
- 74 Selvig, E. Isolere fornybart og lagre CO<sub>2</sub>, Hunton fiber [Internett]. Gjøvik: Hunton fiber; oktober 2017 [Hentet 28. april 2020]. Tilgjengelig fra: [https://www.hunton.no/wp-content/uploads/2017/10/isolereoglagreco2\\_web-1.pdf](https://www.hunton.no/wp-content/uploads/2017/10/isolereoglagreco2_web-1.pdf)
- 75 Oslo kommunes Byantikvar. Informasjonsark Vinduer [Internett]. Oslo: Byantikvaren; 11.2014 [hentet 10.05.2020]. Tilgjengelig fra: <https://byantikvaren.files.wordpress.com/2015/05/vindusark-november-2014.pdf>
- 76 Direktoratet for byggkvalitet. Byggteknisk forskrift (TEK17) § 13-15 Våtrom og rom med vanninstallasjoner [Internett]. Oslo: DiBK; [oppdatert 15.01.2018; hentet 01.05.2020]. Tilgjengelig fra: <https://dibk.no/byggereglene/byggteknisk-forskrift-tek17/13/vi/13-15/>

- 77 Landbruksdirektoratet. Spesielle miljøtiltak i jordbruket (SMIL) [Internett]. Oslo: Landbruksdirektoratet; 27.05.2010 [oppdatert 20.03.2020; hentet 16.04.2020]. Tilgjengelig fra: <https://www.landbruksdirektoratet.no/no/miljo-og-okologisk/spesielle-miljotiltak/om-tilskudd-til-spesielle-miljotiltak-i-jordbruket#soeknadsfrist-og-saksbehandling>
- 78 Kommunal- og moderniseringsdepartementet. § 19-2 Dispensasjonsvedtaket [Internett]. Oslo: Kommunal- og moderniseringsdepartementet; [oppdatert 27.04.2009; hentet 16.04.2020]. Tilgjengelig fra: [https://www.regjeringen.no/no/dokument/dep/kmd/veiledninger\\_brosjyrer/2009/lovkommentar-til-plandelen-i-kapittel-19-dispensasjon/-19-2-dispensasjonsvedtaket/id556825/](https://www.regjeringen.no/no/dokument/dep/kmd/veiledninger_brosjyrer/2009/lovkommentar-til-plandelen-i-kapittel-19-dispensasjon/-19-2-dispensasjonsvedtaket/id556825/)
- 79 Riksantikvaren. SEFRAK-registeret [Internett]. Oslo: Riksantikvaren; 17.02.2020 [hentet 17.03.2020]. Tilgjengelig fra: <https://www.riksantikvaren.no/sefrak>
- 80 Miljødirektoratet. Kart [Internett]. Oslo: Miljødirektoratet [hentet 17.03.2020]. Tilgjengelig fra: <https://miljoatlas.miljodirektoratet.no/MAKartWeb/KlientFull.htm>
- 81 Trøndelag Fylkeskommune. Sefrak-registeret [Internett]. Steinkjer: Trøndelag Fylkeskommune; [oppdatert 28.06.2019; hentet 17.03.2020]. Tilgjengelig fra: <https://www.trondelagfylke.no/vare-tjenester/kulturminnevern/bygg-og-anlegg/sefrak-registeret/>
- 82 Dammann Å. GAMLE HUS DA OG NÅ. Status for SEFRAK-registrerte bygninger Snåsa kommune Nord-Trøndelag fylke [Internett]. Snåsa: Riksantikvaren; 10.06.2014 [hentet 17.03.2020]. NIKU RAPPORT 75. Tilgjengelig fra: <https://docplayer.me/12924587-Niku-rapport-75-gamle-hus-da-og-na-status-for-sefrak-registrerte-bygninger-snasa-kommune-nord-trondelag-fylke-2013-3-omdrev.html>
- 83 Riksantikvaren. Fredet-vernet-verneverdig [Internett]. Oslo: Riksantikvaren; 14.12.2019 [19.02.2020; hentet 21.03.2020]. Tilgjengelig fra: <https://www.riksantikvaren.no/prosjekter/fredet-vernet-verneverdig>
- 84 SINTEF Byggforskserien. Byggforskblad 614.016: Byggebestemmelser 1924-1996 [Internett]. Oslo: SINTEF; 04.2017 [hentet 23.03.2020]. Tilgjengelig fra: [https://www.byggforsk.no/dokument/1542/byggebestemmelser\\_19241996\\_krav\\_til\\_utfoerelse](https://www.byggforsk.no/dokument/1542/byggebestemmelser_19241996_krav_til_utfoerelse)
- 85 SINTEF Byggforskserien. Byggforskblad 614.014: Bygningslovgivning og byggebestemmelser fra første halvdel av 1800-tallet til 1930 [Internett]. Oslo: SINTEF; 04.2017 [hentet 23.03.2020]. Tilgjengelig fra: [https://www.byggforsk.no/dokument/615/bygningslovgivning\\_og\\_byggebestemmelser\\_fra\\_foerste\\_halvdel\\_av\\_1800-tallet\\_til\\_1930](https://www.byggforsk.no/dokument/615/bygningslovgivning_og_byggebestemmelser_fra_foerste_halvdel_av_1800-tallet_til_1930)
- 86 Plan- og bygningsloven av 2008. Oslo: Direktoratet for byggkvalitet; 2008
- 87 Direktoratet for byggkvalitet. Byggteknisk forskrift (TEK17) § 14-5 Unntak og krav til særskilte tiltak [Internett]. Oslo: DiBK; [oppdatert 01.01.2018; hentet 01.05.2020]. Tilgjengelig fra: <https://dibk.no/byggereglene/byggteknisk-forskrift-tek17/14/14-5/>
- 88 SINTEF Byggforskserien. Byggforskblad 523.291: Bygninger med laftede vegger [Internett]. Oslo: SINTEF; 2019 [Hentet 10. mai 2020] Tilgjengelig fra: [https://www.byggforsk.no/dokument/365/bygninger\\_med\\_laftede\\_vegger#i42](https://www.byggforsk.no/dokument/365/bygninger_med_laftede_vegger#i42)
- 89 Honka. Design guide for Honka Fusion [Internett]. Tuusula: Honkarakenne Oyj; 2020 [Hentet 09. mai 2020] Tilgjengelig fra: [http://www.honkahomes.com/Resource/Honka\\_Fusion\\_design\\_guide.pdf](http://www.honkahomes.com/Resource/Honka_Fusion_design_guide.pdf)
- 90 Rovaniemi. Non settling logs [Internett]. Rovaniemi: Rovaniemi; [Hentet 09. mai 2020] Tilgjengelig fra: <http://www.finnland-block.com/wp-content/uploads/2018/11/NonSettling-logs.pdf>
- 91 Polar Life House. A wide selection of individual and modern log houses [Internett]. Ritola: Polar Life House; [Hentet 09. Mai 2020] Tilgjengelig fra: <https://www.polarlifehaus.com/products/log-houses/>
- 92 Mällinen J. Log construction seeks urban forms [Internett]. Oulu: University of Oulu; 02. Juni 2017 [Hentet 09. Mai 2020] Tilgjengelig fra: <https://www oulu.fi/university/node/46626>
- 93 Kjenn ditt hus 3.0.1 Laftehus. Oslo: Riksantikvaren; November. 2012.
- 94 Stein – Utfordring og resurs [Internett]. [Hentet 13.05.2020] Tilgjengelig fra: <http://www.laguide.no/nordbergfort/Landskap/stein/dynamic-no.html?t=1433964771>

- 95 SINTEF Byggforskserien. Byggforskblad 723.304: Eldre laftede vegger. Metoder og materialer. [Internett]. Oslo: SINTEF; Desember 2013 [hentet 09.04.2020]. Tilgjengelig fra: [https://www.byggforsk.no/dokument/675/eldre\\_laftede\\_vegger\\_metoder\\_og\\_materialer?fbclid=IwAR3L23rJmEFa251r0ltVywKnGJBwpeyNw-5l9s6XjBTDiwKApQeA33JwV50#i21](https://www.byggforsk.no/dokument/675/eldre_laftede_vegger_metoder_og_materialer?fbclid=IwAR3L23rJmEFa251r0ltVywKnGJBwpeyNw-5l9s6XjBTDiwKApQeA33JwV50#i21)
- 96 Rønning, A. Europas første tømmere. [internett]. Oslo: Forskning.no; Desember 2012 [Hentet 13.05.2020]. Tilgjengelig fra: <https://forskning.no/arkeologi-steinalder/europas-forste-tommere/661924>
- 97 Besøk på fabrikk [Internett]. Snåsa: Øverbygg; [hentet 13.05.2020]. Tilgjengelig fra: <https://overbygg.no/2015/01/besok-pa-fabrikk/>
- 98 Norges geologiske undersøkelser. Kart og data [Internett] Trondheim: Norges geologiske undersøkelser; [Hentet 14. februar 2020]. Tilgjengelig fra: <https://www.ngu.no/emne/kart-og-data>
- 99 Stoneart AS. Bruddskifer [Internett] Larvik: Stoneart AS; 2020 [Hentet 12. februar 2020]. Tilgjengelig fra: <https://www.stoneart.no/gulv/bruddskifer/>
- 100 SINTEF. Få ber kunnskap om gamle tak [Internett] Oslo: SINTEF; [Hentet 12. februar 2020]. Tilgjengelig fra: <https://www.sintef.no/siste-nytt/fa-mer-kunnskap-om-gamle-tak/>
- 101 Stenby, O. C. Etterisolering av etasjeskillet mot kaldt loft [Internett]. Oslo: Bygg og bevar [Oppdatert 10.01.2020; Hentet 10. mars 2020]. Tilgjengelig fra: <https://www.byggogbevar.no/enock/artikler/tiltak/etterisolering-av-etasjeskille-mot-kaldt-loft>
- 102 Plus Puu Talot. Log house sturctures [Internett] Helsinki: Plus Puu Talot; [Hentet 09. mai 2020]. Tilgjengelig fra: <https://www.pluspuu.fi/en/rakenteet/>
- 103 Direktoratet for byggkvalitet. Byggteknisk forskrift TEK17 § 14-5 Unntak og krav til særskilte tiltak [Internett]. OsloDiBK; [oppdatert 01.01.2018; hentet 10.05.2020]. Tilgjengelig fra: <https://dibk.no/byggereglene/byggteknisk-forskrift-tek17/14/14-5/>
- 104 Glava Isolasjon. Konstruksjoner. Brann – Lyd - Varmer: Iht. energikravene i TEK17 og TEK10 [Internett]. Askim; oktober. 2017 [Hentet 14. Mai 2020]. Tilgjengelig fra <https://media.glava.net/mediabank/store/10579/Konstruksjoner.pdf>
- 105 SINTEF Byggforskserien. Byggforskblad 523.701: Insetting av vindu i vegger av bindingsverk. [Internett]. Oslo: SINTEF; 09.2019 [hentet 13.052020]. Tilgjengelig fra: [https://www.byggforsk.no/dokument/365/bygninger\\_med\\_laftede\\_vegger](https://www.byggforsk.no/dokument/365/bygninger_med_laftede_vegger)

## Figurliste

Figur 1 Maleri av gården fra ca. 1900 der parstua har fått sitt første tilbygg. Bilde: T. Sideridis.	6
Figur 2 Inngang inn til jordkjelleren. Bilde: T. Sideridis.	7
Figur 3 Jordkjelleren med gulvbjelker og steinmur under case-bygget. Bilde: T. Sideridis.	7
Figur 4 Plantegning av 1. etasje med markerte bærende vegger og gulvbjelker i etasjeskille. Bilde produsert i Archicad.	8
Figur 5 Skader rundt pipa. Bilde: T. Sideridis.	9
Figur 6 Lektene som er festet til takåsene med kvister. Bilde: T. Sideridis.	9
Figur 7 Tydelig forskjell mellom gamle og nye vindu. De gamle vinduene har sprosser og mindre glassruter. Bilde: T. Sideridis.	10
Figur 8 Hoveddøra slik den står idag. Bilde: T. Sideridis.	11
Figur 9 De opprinnelige dørbladene er satt på lager. Bilde: T. Sideridis.	11
Figur 10 Skermbilde av Vestre Snertingen i miljødirektoratets karttjenester hvor SEFRAX-registrerte bygg uten meldeplikt er markert med gul trekant. (4)	12
Figur 11 Informasjon som er offentlig tilgjengelig på nett om case-bygget. (5)	12



Figur 12 Det greske parlament, ferdigstilt i 1843 i neoklassisistisk stil. (Bilde fra Google).....	13
Figur 13 Stiftsgården i Trondheim som var ferdig oppført i 1778. (Bilde fra Google).....	13
Figur 14 Nasjonal palasset i el Salvador i neoklassisistisk stil. (Bilde fra Google) .....	13
Figur 15 Låna på Vibe gård på Steinkjer, oppført i 1796. (Bilde fra Google).....	13
Figur 16 Vanlig planløsning av parstua. Tegningen er laget i Archicad. ....	14
Figur 17 Tannbjelke under produksjon. Bilde: Rennebu-Bjelken AS. ....	17
Figur 18 Ideel utforming av bjelkeender som er festet med tenner for å forbinde bjelker i lengderetning. Figuren er tatt fra boken om takkonstruksjonen til Herodes amfiteateret. (14)..	19
Figur 19 Bøying, stivhet og brudd i tre og hvordan gjøre det stivt. Illustrasjonen kommer fra artikkelen til Leupold utgitt i 1726. (8).....	20
Figur 20 Lukket maskinrom med bånd som fører treverket inn og ut av sagrommet. Bilde: Rennebu-Bjelken AS. ....	21
Figur 21 Saga som befinner seg inn i maskinrommet og som skjærer ut tennene i treverket. Bilde: Rennebu-Bjelken AS.....	21
Figur 22 Hydraulisk pressebenk. Bilde: Rennebu-Bjelken AS. ....	22
Figur 23 Beregningsmessig spennvidde l for bjelker. (17).....	23
Figur 24 Illustrasjon av torsjonsmoment. (18).....	24
Figur 25 Bru i Skjåk, laget med tannbjelkekonstruksjon av Rennebu-Bjelken AS. (19) .....	25
Figur 26 Tannbjelke lagt rett under eksisterende bjelker i etasjeskiller. Bilde: Rennebu-Bjelken AS. ....	26
Figur 27 Tannbjelker brukt for bæring av etasjeskiller og festet med bjelkesko. Bilde: Rennebu-Bjelken AS. ....	26
Figur 28 Ny tannbjelke lagt gjennom eksisterende bjelker. Bilde: Rennebu-Bjelken AS.....	26
Figur 29 Illustrasjon av en delvis fortannet bjelke med klemmer. (20).....	27
Figur 30 Derevyagin-bjelke av to vanlige bjelker satt sammen med tapper og bøyd med overhøyde f. (11).....	28
Figur 31 Trevirket krymper forskjellig i tangentiell, radiell og aksiell retning. (21) .....	28
Figur 32 Utklipp fra materialveilederen hvor de vanligste konstruksjonsmaterialene sammenlignes med tanke på miljø. (25) .....	31
Figur 33 Kistemur. (94) .....	32
Figur 34 Støttemur. (93) .....	32
Figur 35 Tabell for å finne størrelse av pilarsåle. (30) .....	34
Figur 36 Forankring av pilar under frostfri dybde. (30) .....	34
Figur 37 Forankring av pilar over frostfri dybde. (30) .....	34
Figur 38 Terreng under bygget er bygget opp med fall ned utenfor bygget. (30) .....	35
Figur 39 Armering av sålen for laster fra bygningen. (30).....	35
Figur 40 Armering av sålen for løftekraft fra sidegrep. (30) .....	35
Figur 41 Rundtømmer, magetelja tømmer og skåret tømmer. (34) .....	38
Figur 42 Dobbeltpløyd-, enkeltpløyd- og løsfjær-laft.(33).....	38
Figur 43 Nov med kam og kinner. (95) .....	40
Figur 44 Forskjellige lafthogg med medfar. (95).....	40
Figur 45 Tidlig brønnkonstruksjon. (96) .....	41
Figur 46 Tverrsnitt av furustokk. (34) .....	42
Figur 47 Bilde fra laftefabrikken til Øverbygg. (97) .....	43
Figur 48 Eksempel på utvendig etterisolering av laftevegg. (39).....	46
Figur 49 U-verdier for laftede vegger uten isolasjon. (40).....	47
Figur 50 Kart over skiferforekomster i Norge (98) .....	48
Figur 51 Viktige natursteinforekomster (98) .....	48

Figur 52 Skiferbrudd i Alta. (46) .....	49
Figur 53 Altaskifer. (99)                      Figur 54 Oppdalskifer, lys grå. (99).....	50
Figur 55 Jondalskifer brukt på rasteplass på Hereiane. (48).....	50
Figur 56 Ottaskifer fra grunt brudd. (49) .....	51
Figur 57 Leirskifer. (51) .....	51
Figur 58 Kanten av Oppdalsskifer ved ulike kappemetoder. (52) .....	52
Figur 59 Skifersaks. (Bilde fra Google).....	53
Figur 60 Oppdalsskifer, slipt (53).....	53
Figur 61 Oppdalskifer, børstet. (53) .....	53
Figur 62 Oppdalskifer, natur. (53) .....	53
Figur 63 Ålesund sett ovenfra. Byen er hovedsakelig bygget i mur og dekket med skifer på taket. (57) .....	54
Figur 64 Boston public library er kledd i skifer fra Otta. (59).....	55
Figur 65 Bruddskifer fra Stoneart. Ottaskifer i fargen rust. (99) .....	56
Figur 66 Tak med villheller. (100).....	57
Figur 67 Ulike former på takskifer. (61).....	57
Figur 68 Eksempel på ulike former for skifer til møne, gavl og fot for henholdsvis to typer tungstein. (61) .....	58
Figur 69 Prinsipp for luftet og ikke luftet kaldt loft (62).....	59
Figur 70 Møneløsning med omlegg av takstein, uisolert tak. (61) .....	59
Figur 71 Løsning for møte med isolert tak. (61).....	59
Figur 72 Omlegging av lappskifer på tradisjonelt vis, rett på taktro med belegg. (60) .....	60
Figur 73 Firkantskifer fra Alta med skår i siden for spikerfeste. (Bilde fra Google) .....	62
Figur 74 Takskifer med hull for spikerfeste. (Bilde fra Google).....	62
Figur 75 Oppbygning av taket sett innenfra. (Bilde: T. Sideridis) .....	63
Figur 76 Lektene som er festet til takåsene med kvister. (Bilde: T. Sideridis).....	63
Figur 77 Skadene rundt pipa. (Bilde: T. Sideridis).....	64
Figur 78 Takåsene fra innsiden av Case-huset. Man kan se oppbygning av undertaket. (Bilde: T. Sideridis).....	64
Figur 79 Fremstilling av stubbeloftet mellom 2. etasje og loftet, casehuset har ikke stubbeloftsfyll eller gulbord. (101) .....	65
Figur 80 Løsning for etterisolering av stubbeloft, med løs isolering eller isolasjonsplater. Dette eksempelet er for luftet, kaldt loft. (69) .....	66
Figur 81 Eksempel på etterisolering fra oversiden med separat vindsperre og undertak. (69) ..	67
Figur 82 Eksempel på løsning for innvendig isolering av skråtaket. (69) .....	68
Figur 83 Fremstilling av utslipp for ulike isolasjonsmaterialer. (59) .....	69
Figur 84 Unntak og krav til særskilte tiltak etter §14-5 i TEK-17. (87) .....	78
Figur 85 Fremstilling av setninger i en tradisjonelt laftet vegg. (49) .....	80
Figur 86 Oppbygning av vegg ved bruk av ikke-settende trestokker fra PlusPuu. (102).....	81
Figur 87 Sammenføyning av stikkene i hjørnet. (91) .....	81
Figur 88 Eksempel på skifer kledning mellom yttervegg og grunn (selvprodusert) .....	99

## 11. Vedlegg

### Innholdsliste

11.1 Artikkel .....	92
11.2 Plakat .....	95
11.3 Situasjonsplan .....	97
11.4 Fundamenttegninger .....	99
11.5 Plantegninger .....	105
11.6 Taktegninger .....	112
11.7 Vindusdetaljer .....	117
11.8 Mekanikk eksempel, bru .....	120
11.9 Dokumentasjon og beregninger fra Rennebu-Bjelken AS .....	123
11.10 Utdrag fra Grønn materialguide .....	129
11.11 Referanseprosjekt fra Bygg og Bevar .....	137

## **11.1. Artikel**

# Fra gammel trønderlån til ‘ny’ hytte.

Renovering av gamle laftede hus ved bruk av tannbjelker og skifer.

Av: Henrik S. Dretvik, Ida M. Leithe og Theodora Sideridis

Hvert år bygges det tusenvis av hytter i Norge. Samtidig kan vi se gamle bygninger, spesielt i landlige strøk, som står ubrukt og som fortærer med tiden som går. Dette prøver ei gruppe studenter å se nærmere på i sin bacheloroppgave ved studiet byggingeniør ved NTNU, våren 2020.

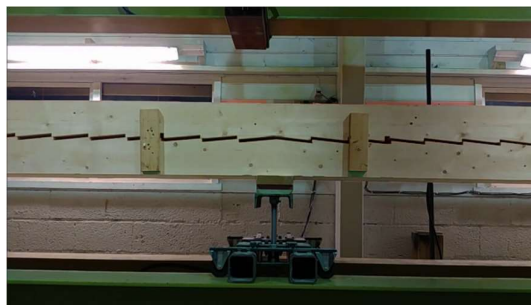
## Miljøriktige valg

Bygg- og anleggsbransjen står for store deler av avfallsproduksjonen samt energibruken i Norge i dag. Likevel om det har kommet nye og strengere krav for bygg i TEK-17 bygger vi rett og slett for mye. Sintef kom nylig ut med en forskningsrapport hvor resultatene av forskningen viser til at det lønner seg klimamessig å rehabilitere eksisterende byggverk framfor å bygge nytt.

## Fra trønderlån til hytte

Studentoppgaven tar for seg et case-bygg som er ei 148 år gammel trønderlån. Bygget har stått nærmest ubrukt de siste 50 årene, noe huset bærer preg av i dag. Likevel er materialene og teknikkene de bygde disse husene med før i tida så gode at bygget godt kan renoveres og få ett nytt liv som hytte. Med både kultur- og miljømessige grunner lønner det seg å foreta ei bruksendring fra trønderlån til hytte. I tillegg er det relativt

enkelt å flytte laftede hus til ny tomt, spesielt hvis det fraktes stakk for stakk.

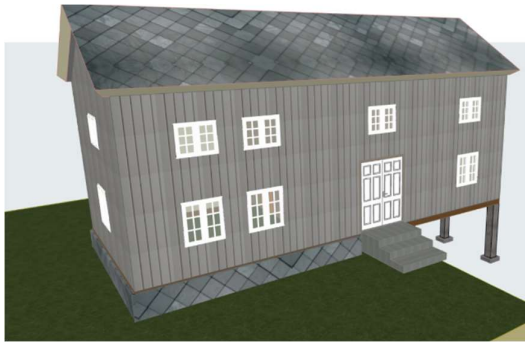


*Tannbjelker brukes for å skape nye løsninger for restaureringsprosjekt.*

## Hvordan kommer tannbjelker og skifer inn i prosjektet?

Prosjektet tar et bredt innblikk innenfor renovering av laftede bygg men har også valgt å fokusere på å utforme nye løsninger ved bruk av tannbjelker og skiferstein. Tannbjelker er en type trebjelke som produseres av Rennebu-Bjelken AS. Bedriften har bistått prosjektet og studentene med veiledning siste halvåret. Denne bjelketypen har vist seg å kunne være veldig godt egnet for renovering av laftehus og

oppnå større dimensjoner og spenn, men samtidig beholde samme uttrykk som bygget har fra før. Skifer er interessant å se på for det er en vanlig taktekking i eldre bygg. Litt avhengig av skifertypen som er brukt er det ei utrolig levetid på skifer og under renovering av et skifertak kan en jo gjenbruke store deler av taksteinen. Felles for begge materialene kan en si er at de har svært lite miljøavtrykk, spesielt ved ombruk.



*Visualisering av prosjektets case-bygg med den nye fundamentløsningen.*

## Nye løsninger

Det har i prosjektet vært spesielt fokus på å finne gode og nye løsninger for fundament og tak. Ved flytting av bygget må det etableres nytt fundament og det er opparbeidet ei ny løsning av et åpent fundament som tar i bruk tannbjelker. I tillegg skjules pilarene til fundamentet med resterende skiferstein som ikke lenger egner seg å bruke som taktekking. Dette er et godt eksempel på hvordan byggematerialer kan gjenbrukes, noe som er lønner seg både økonomisk og miljømessig.

## Kilder:

1. Dretvik H.S., Leithe I.M.L., Sideridis T., NTNU, BSc 06-2020, 2020
2. SINTEF. Norge bør satse på rehabilitering framfor nybygg [Internett]. Oslo: SINTEF; 25.03.2020 [hentet 30.03.2020]. Tilgjengelig fra: [https://www.sintef.no/siste-nytt/norge-bor-satse-pa-rehabilitering-framfor-nybygg/?fbclid=IwAR2qeMF2GgVGbaJ9TTvyDycfn2LuADbgIvoKFef\\_RsEa7FvmLgmBqe-lXuY](https://www.sintef.no/siste-nytt/norge-bor-satse-pa-rehabilitering-framfor-nybygg/?fbclid=IwAR2qeMF2GgVGbaJ9TTvyDycfn2LuADbgIvoKFef_RsEa7FvmLgmBqe-lXuY)

## **11.2. PlakatiA4**





# NTNU

Institutt for bygg- og miljøteknikk

## Renovering av laftede hus ved bruk av tannbjelker og skiferstein

Renovation of timber houses using tooth beams and slate

Denne bacheloroppgaven ser på renovering og flytting av bygg med laftede vegger med utgangspunkt i ei trønderlån fra 1872. I oppgaven blir det satt spesielt fokus på innovative løsninger av fundament og tak ved bruk av tannbjelker og skifer.



- Lafting
- Åpen fundamentering med forspent tannbjelke
- Ombruk av materialer
- Etterisolering
- Omlegging av skifertak
- Byggeadministrasjon

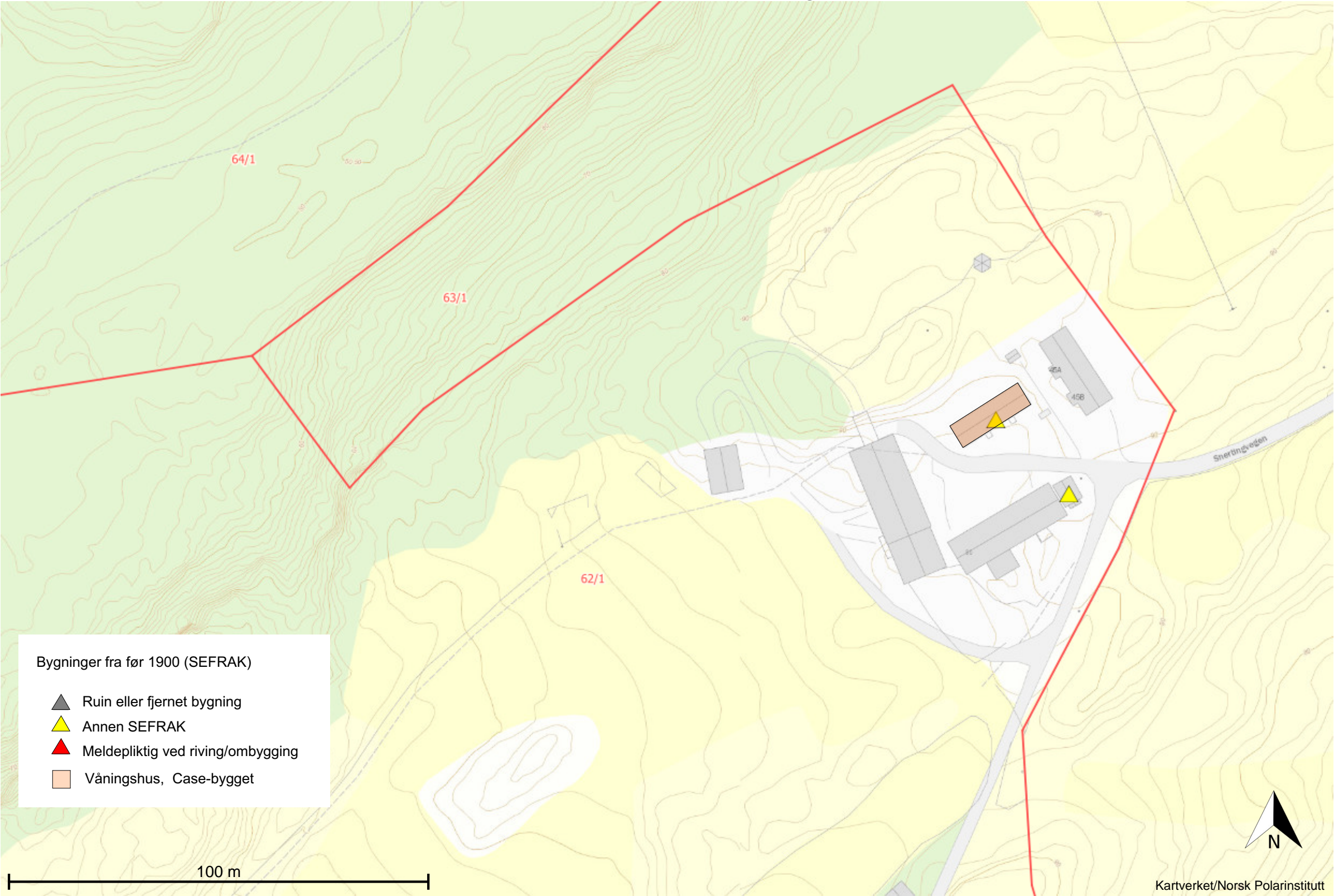


### 11.3. Situasjonsplan

På situasjonsplanen ser vi bygningsmassen i tunet til gården Vestre Snerting som ligger i Inderøy kommune. Prosjektoppgavens case-bygg er markert i situasjonsplanen. Kartet ble hentet fra miljødirektoratets kartverk. I dette kartverket er alle SEFRAK-registrerte bygg markert. Dette ser vi også på dette bildet fra kartet hvor to av husene i tunet er markert. Det ene er case-huset som er et våningshus mens det andre SEFRAK-registrerte bygget er stabburet. Kartet kan finnes gjennom nettsidene til miljødirektoratet eller gjennom linken: <https://miljoatlas.miljodirektoratet.no/MAKartWeb/KlientFull.htm> (hentet 17.03.2020).



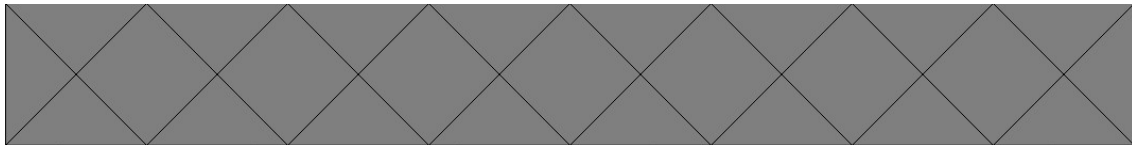
# Miljøkart vestre snertingen



Bacheloroppgave 2020: <b>Renovering av laftede hus ved bruk av tannbjelker og skiferstein.</b>	
Prosjekterende: <b>Gruppe 06, NTNU</b> Arkitekt Christies gate 2 7012 Trondheim	Dato: <b>02.05.2020</b>
Tegning: Situasjonsplan	Målestokk: <b>1:100</b>
	Tegningsnr.: <b>11.3</b>

## 11.4. Fundamenttegninger

Vi har valgt en åpen fundamentløsning hvor laftestokkene er plassert oppå en ramme av 186 x 150 mm heltre bjelker som ligger på søylene, trerammen er festet til søylene med innstøpte bånd-jern. 186x48 mm tannbjelker har erstattet de gamle gulvebjelkene og er festet til trerammen med vinklet spikerbeslag. Det opprinnelige gulvbjelkelaget var på høyde med svillstokken, og den originale kledningen kan derfor bli for kort. Mot grunnen brukes det en stubbloftplate av asfalt som er både vann og vindtett. Stubbloftsplatene er festet med impregnerte lister som er festet til tannbjelkene. For å nå TEK-17 kravet av å ha en U-verdi < 0.15 var det nødvendig med 300 mm isolasjon, vi har nådd dette kravet med å fore oppover fra gulvbjelkelaget med 123 x 45 mm bjelker. (103) Dette hjalp også med at den indre kledningen var for kort. Har lektet ut den stående bordkledningen med 34 x 48 mm lekt og lagt inn ny vindsperre, dette for i å gi veggens tilstrekkelig med lufting. Har en løsning for å dekke åpningen mellom ytterveggen og bakken hvor det har blitt lagd et skifer panel som har blitt plassert på sløyfer og lekter. 11.4.4. viser snitt av fundament med isolasjon, og 11.4.5. viser snitt av fundament med innfesting av tannbjelke. (104)



Figur 88 Eksempel på skifer kledning mellom yttervegg og grunn (selvprodusert)

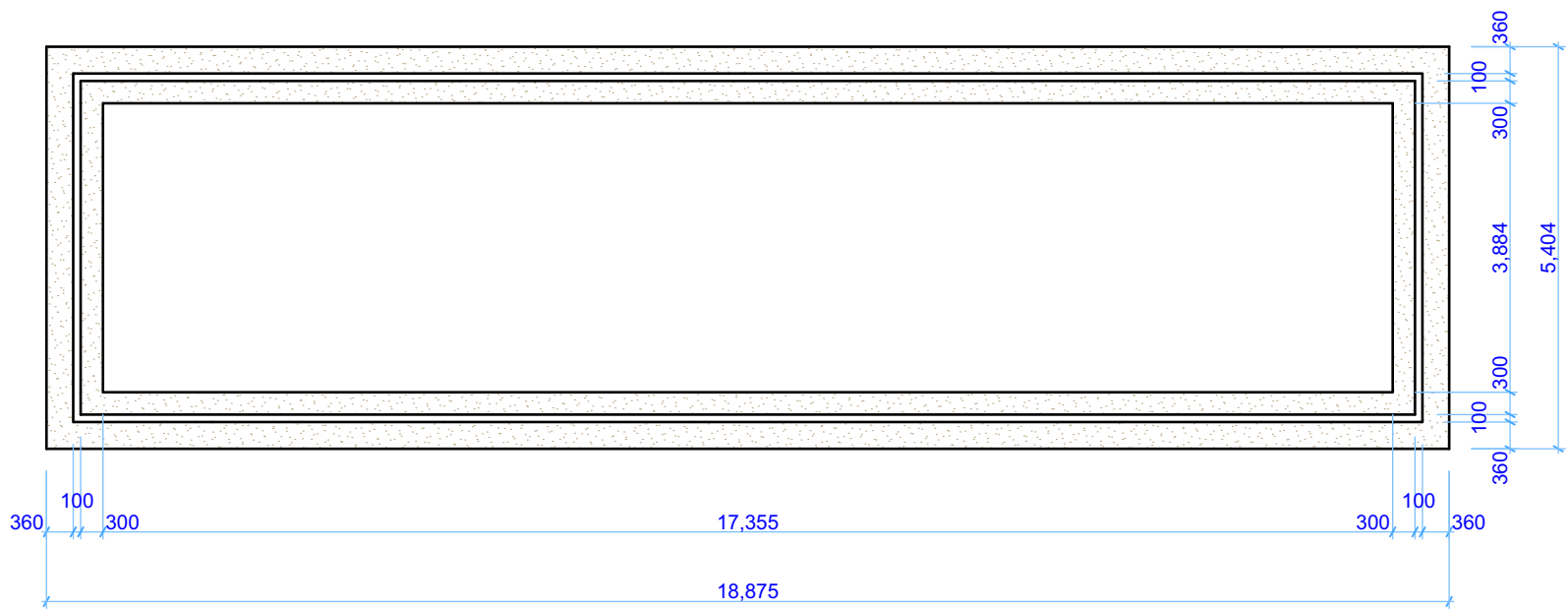
### 11.4.1. Nåværende fundament, plan

### 11.4.2. Nåværende fundament, snitt

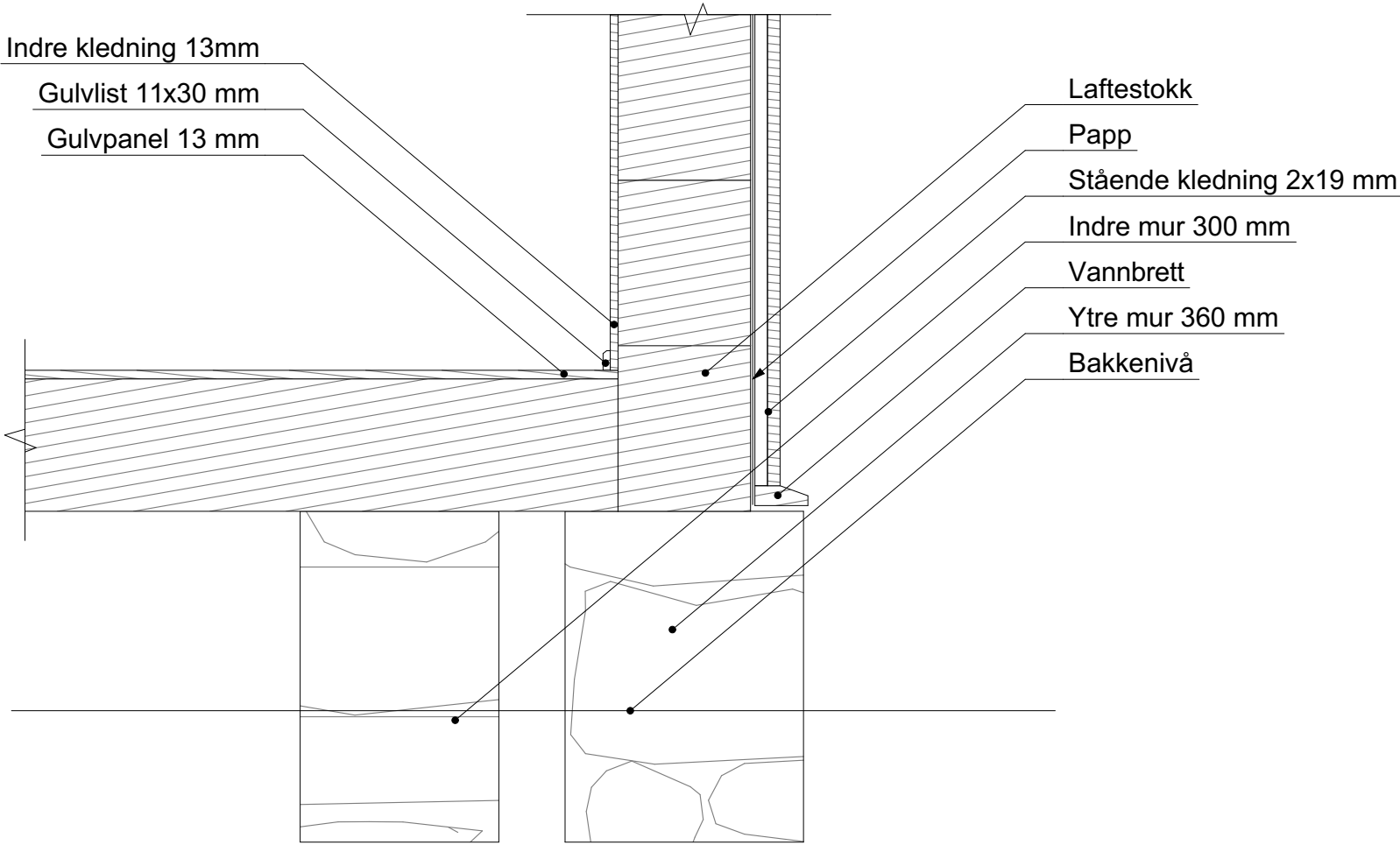
### 11.4.3. Nytt fundament, plan

### 11.4.4. Nytt fundament, detalj 1

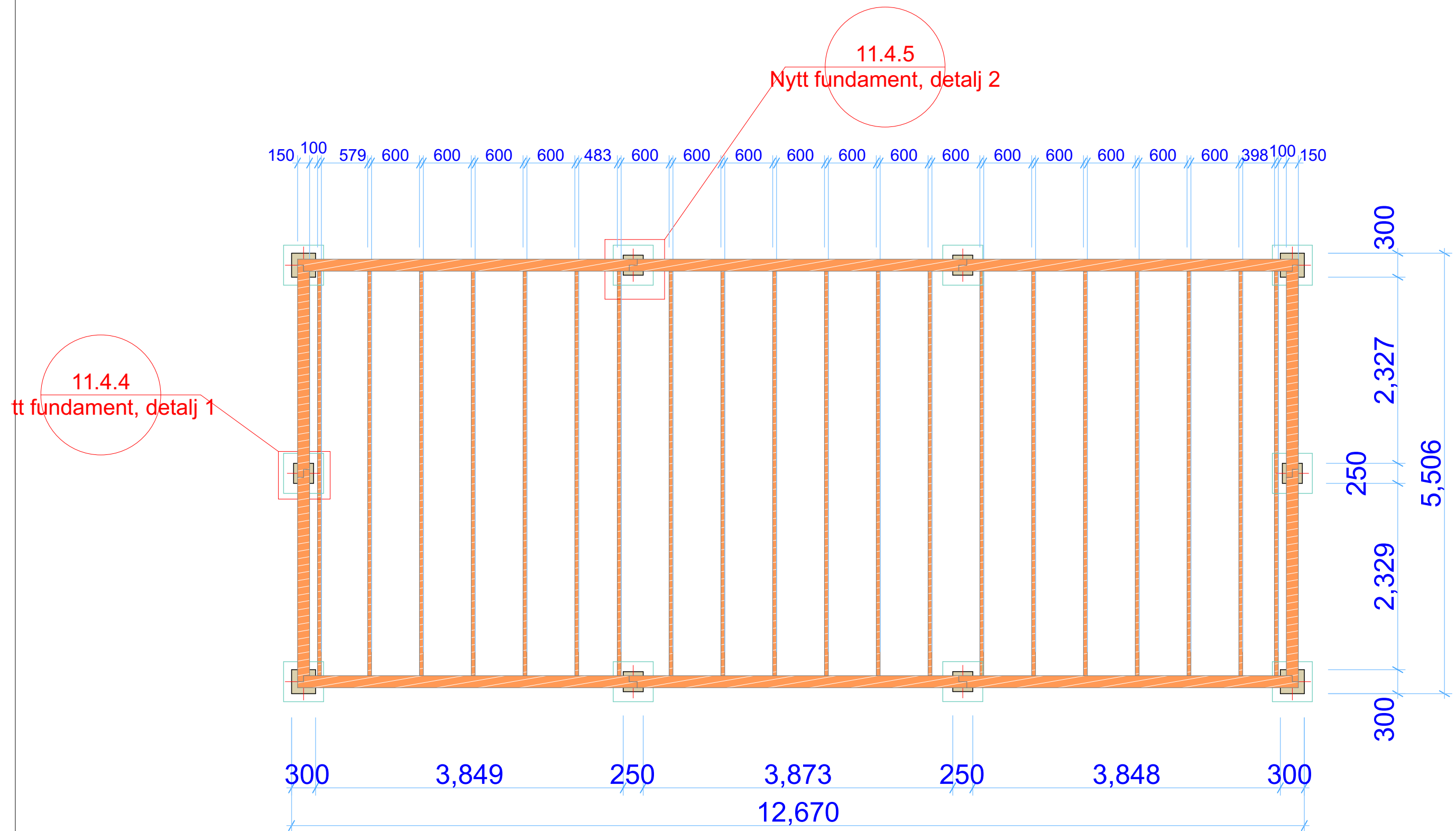
### 11.4.5. Nytt fundament, detalj 2



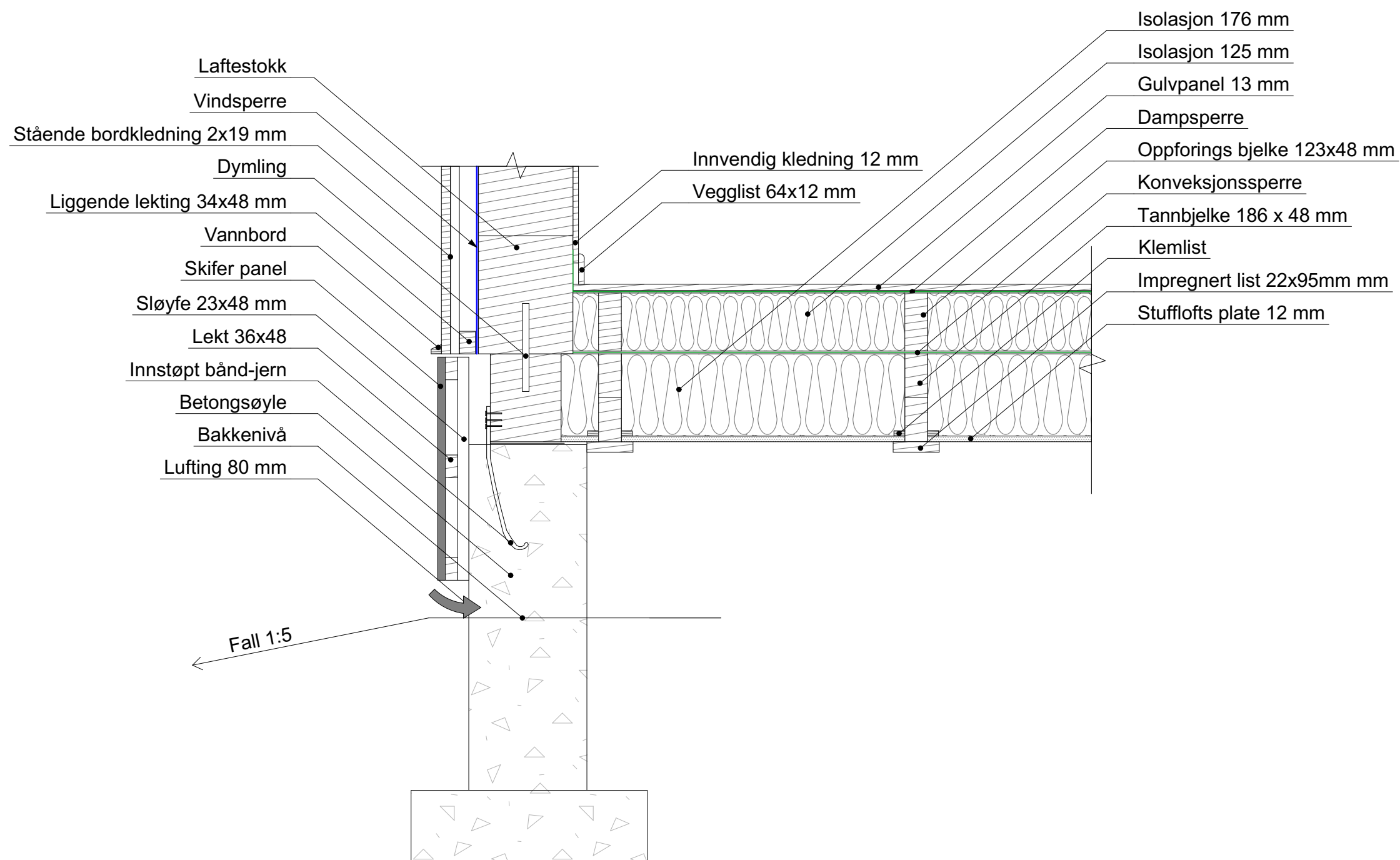
Bacheloroppgave 2020: <b>Renovering av laftede hus ved bruk av tannbjelker og skiferstein.</b>		 <b>NTNU</b>
Prosjekterende: <b>Gruppe 06, NTNU</b> Arkitekt Christies gate 2 7012 Trondheim	Dato: <b>04.05.2020</b>	
	Målestokk: <b>1:100</b>	
Tegning: <b>Nåværende fundament, plan</b>	Tegningsnr.: <b>11.4.1.</b>	



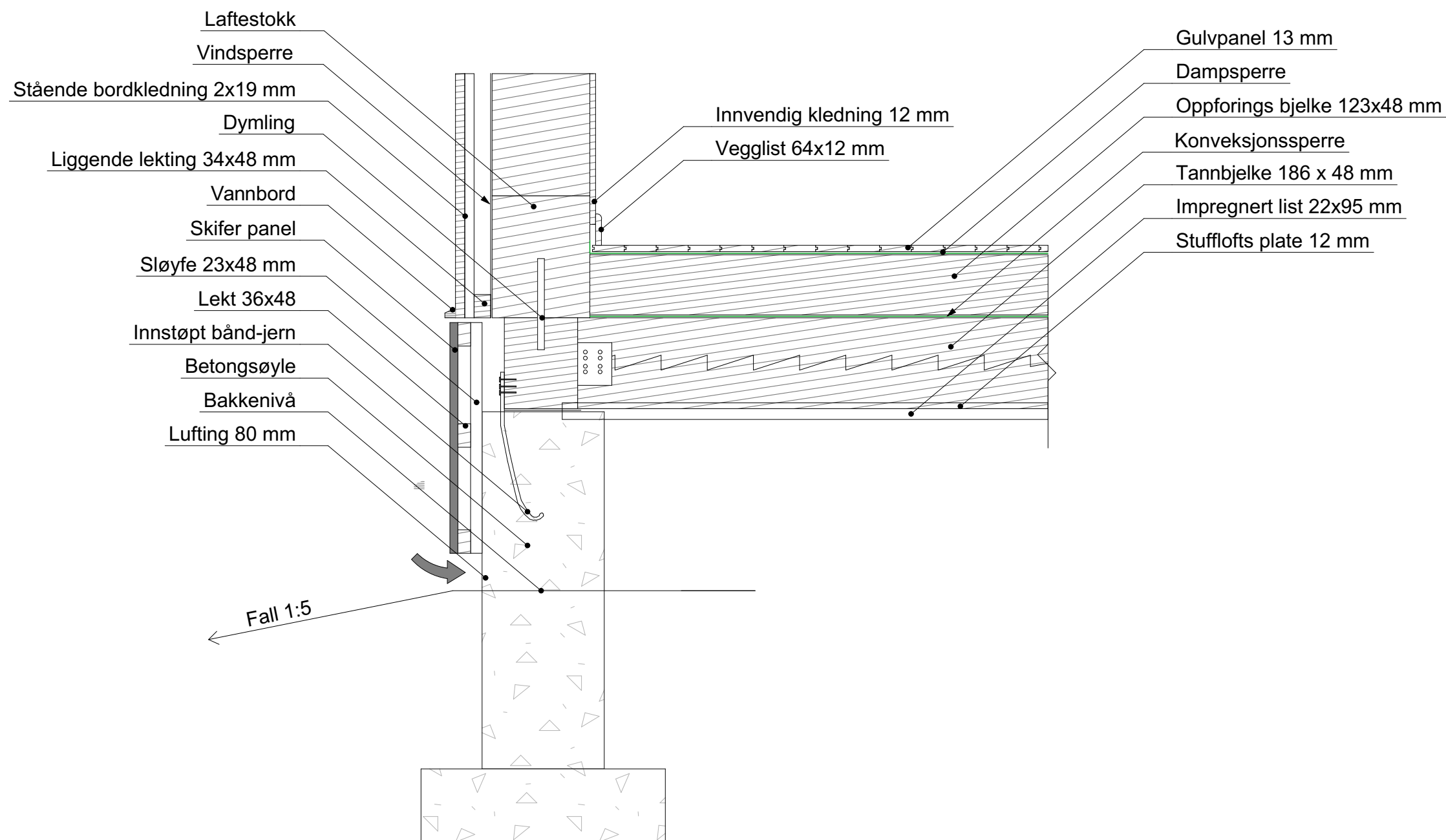
Bacheloroppgave 2020: <b>Renovering av laftede hus ved bruk av tannbjelker og skiferstein.</b>		 NTNU
Prosjekterende: <b>Gruppe 06, NTNU</b> Arkitekt Christies gate 2 7012 Trondheim		Dato: <b>04.05.2020</b>
		Målestokk: <b>1:10</b>
Tegning: <b>Nåværende fundament, snitt</b>		Tegningsnr.: <b>11.4.2.</b>







Bacheloroppgave 2020: <b>Renovering av laftede hus ved bruk av tannbjelker og skiferstein.</b>			
Prosjekterende: <b>Gruppe 06, NTNU</b> Arkitekt Christies gate 2 7012 Trondheim		Dato: <b>04.05.2020</b>	
Tegning: <b>Nytt fundament, detalj 1</b>		Målestokk: <b>1:10</b>	
		Tegningsnr.: <b>11.4.4.</b>	



Bacheloroppgave 2020: <b>Renovering av laftede hus ved bruk av tannbjelker og skiferstein.</b>	
Prosjekterende: <b>Gruppe 06, NTNU</b> Arkitekt Christies gate 2 7012 Trondheim	Dato: <b>04.05.2020</b>
	Målestokk: <b>1:10</b>
Tegning: <b>Nytt fundament, detalj 2</b>	Tegningsnr.: <b>11.4.5.</b>

## **11.5. Plantegning 1. og 2. etasje**

**11.5.1. Nåværende plantegning, 1. etasje**

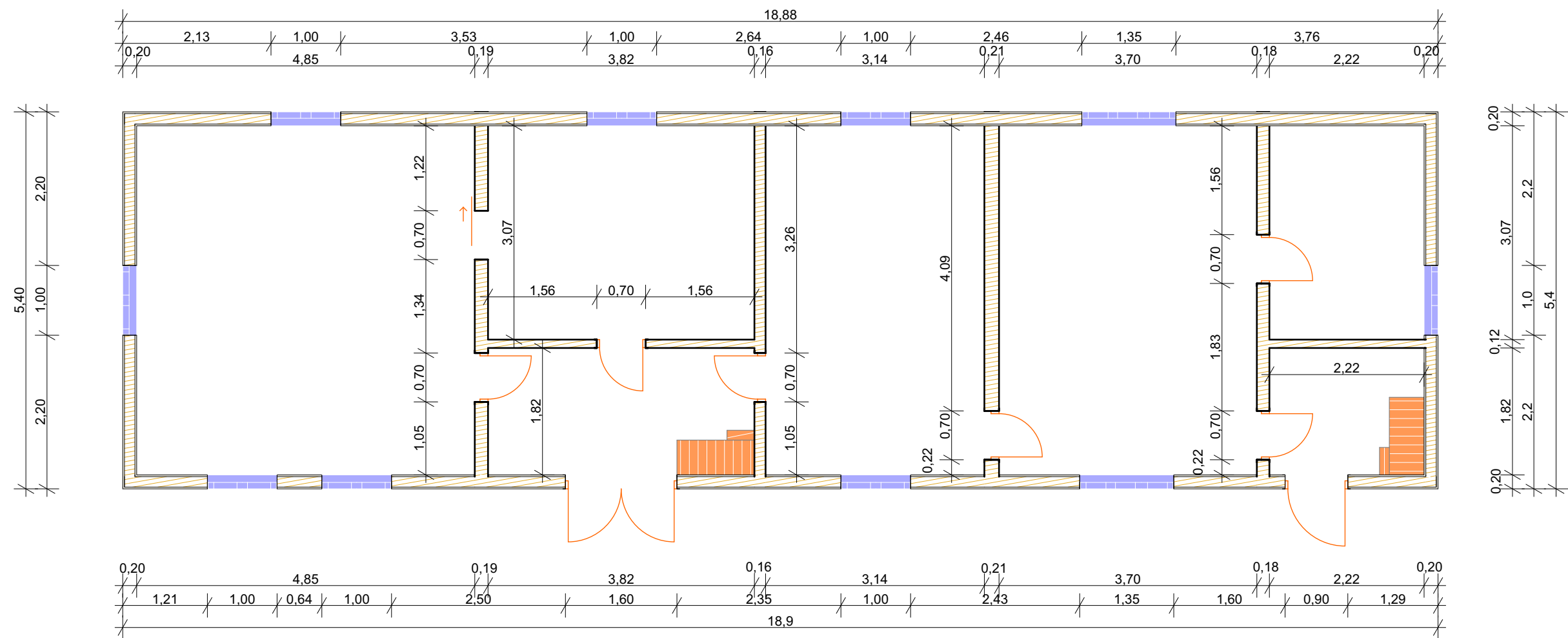
**11.5.2. Nåværende plantegning, 2. etasje**

**11.5.3. Nåværende romplan, 1. og 2. etasje**

**11.5.4. Ny plantegning, 1. etasje**

**11.5.5. Ny plantegning, 2. etasje**

**11.5.6. Ny romplan, 1. og 2. etasje**

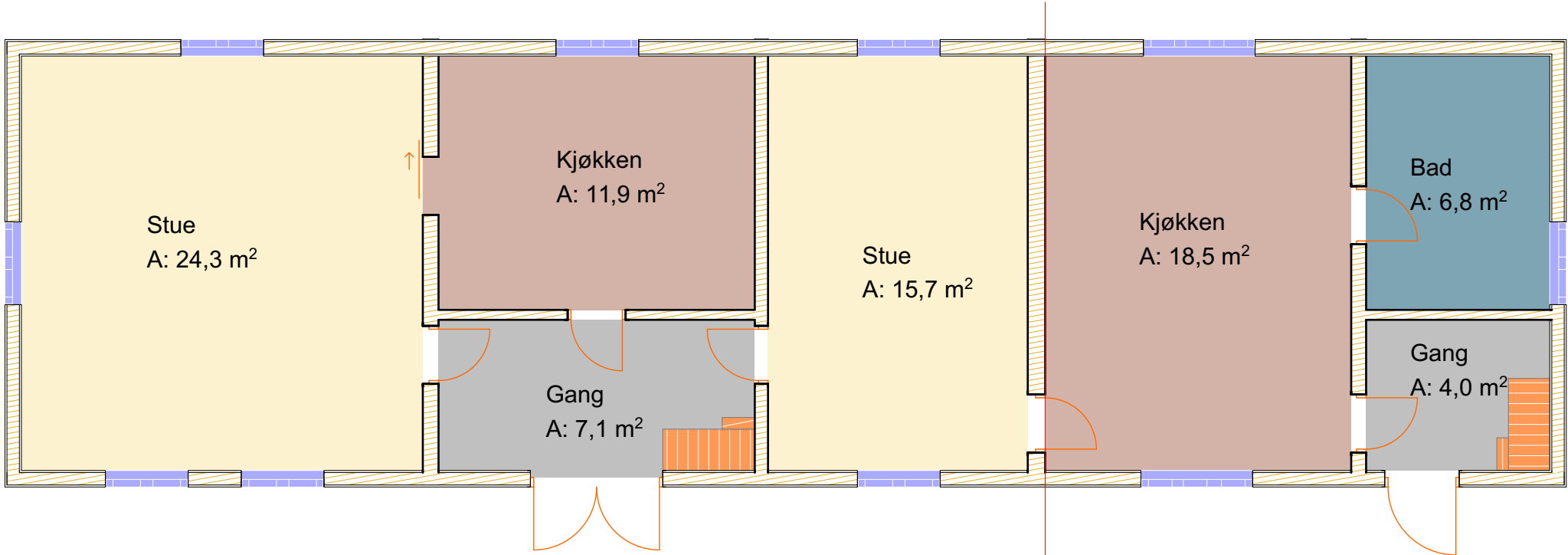


Over ser vi en målsatt plantegning av 1. etasjen slik case-bygget står idag.

Mål på veggene og plaserig av vinduer og dører er gjort grovt. Dette er fordi hele huset har naturlige skjevheter som gjør det umulig å prosjektere den med milimeter-presisjon.

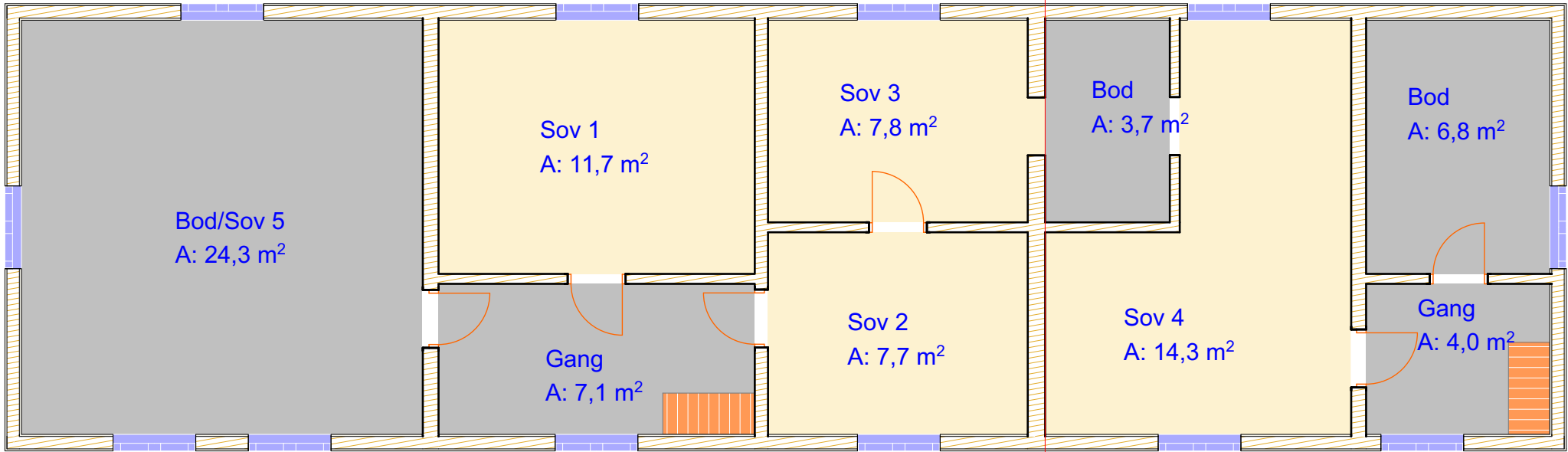
Bacheloroppgave 2020: <b>Renovering av laftede hus ved bruk av tannbjelker og skiferstein.</b>	
Prosjekterende: <b>Gruppe 06, NTNU</b> Arkitekt Christies gate 2 7012 Trondheim	Dato: <b>03.05.2020</b>
	Målestokk: <b>1:70</b>
Tegning: Nåværende plantegning, 1. etasje	Tegningsnr.: <b>11.5.1</b>

Tegningsnr.:  
**11.5.2**



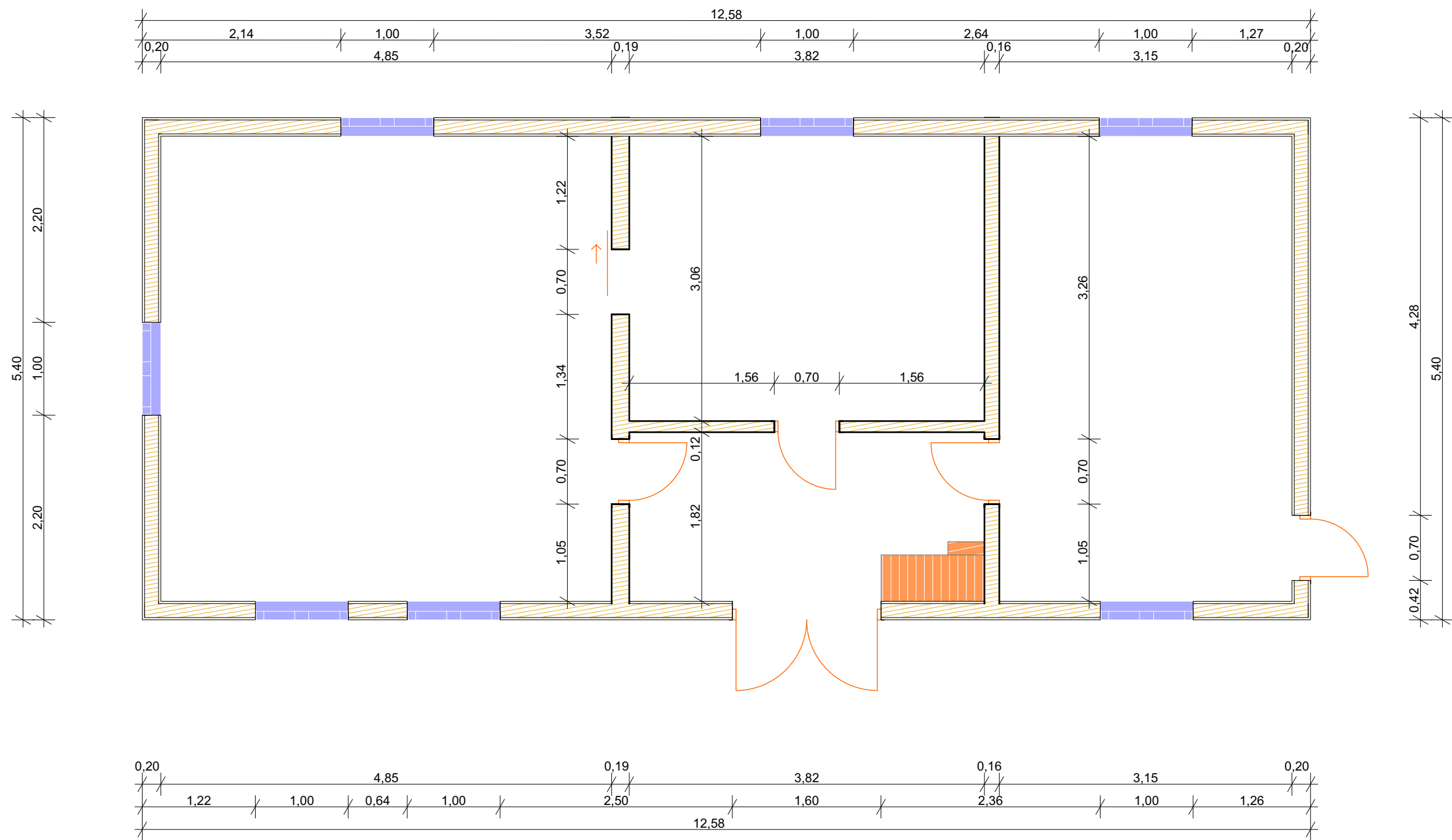
1. etasje

Original del oppført i 1872 ← | → Senere påbygg



2. etasje

Bacheloroppgave 2020: <b>Renovering av laftede hus ved bruk av tannbjelker og skiferstein.</b>	
Prosjekterende: <b>Gruppe 06, NTNU</b> Arkitekt Christies gate 2 7012 Trondheim	Dato: <b>02.05.2020</b>
	Målestokk: <b>1:70</b>
Tegning: Nåværende romplan, 1. og 2. etasje	Tegningsnr.: <b>11.5.3</b>

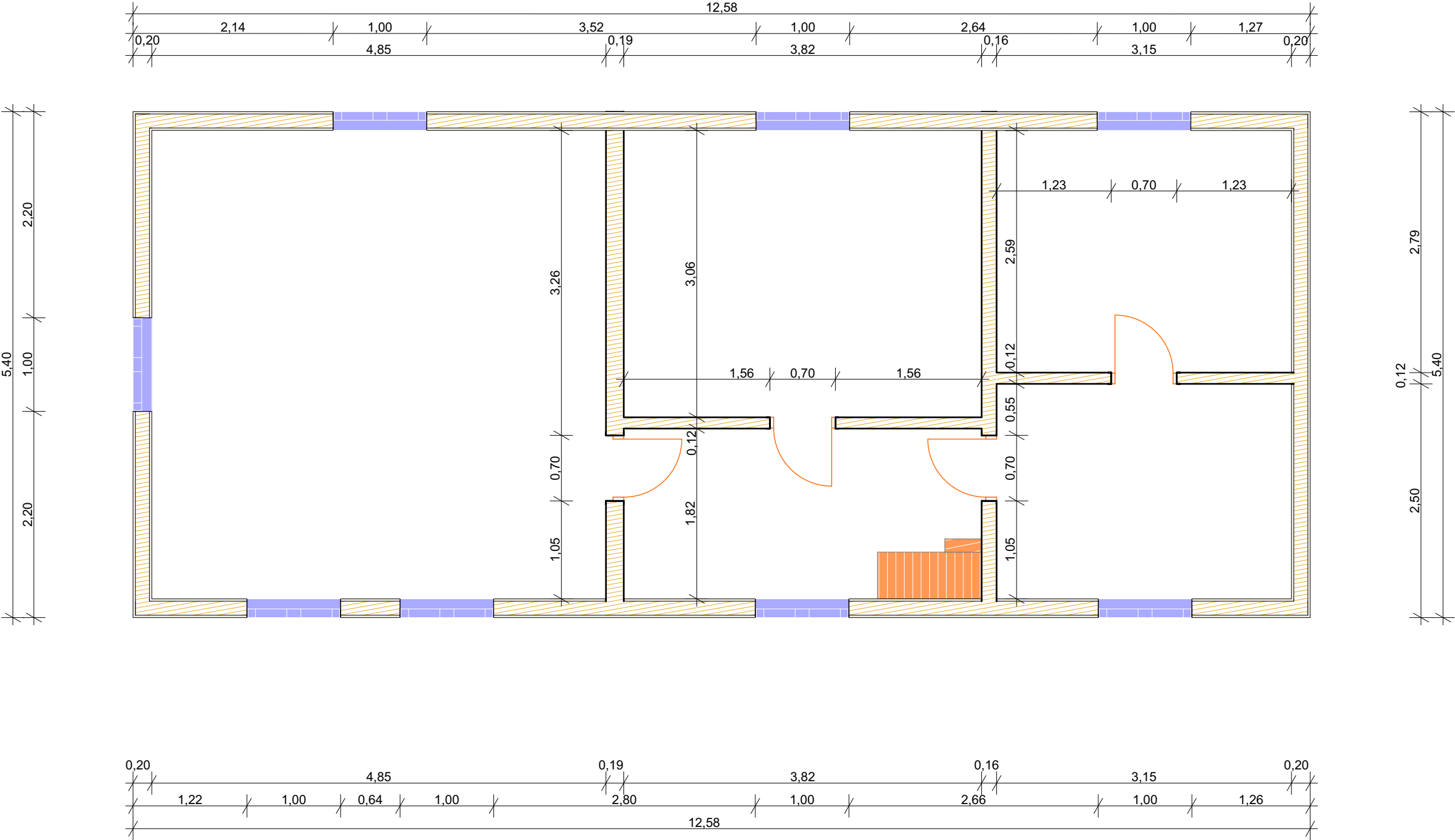


I tegningen over er plantegningen til case-bygget slik det kan stå etter riving av påbyggene.

Mål på veggene og plaserig av vinduer og dører er gjort grovt. Dette er fordi hele huset har naturlige skjevheter som gjør det umulig å prosjektere den med milimeter-presisjon.

Bacheloroppgave 2020: <b>Renovering av laftede hus ved bruk av tannbjelker og skiferstein.</b>	
Prosjekterende: <b>Gruppe 06, NTNU</b> Arkitekt Christies gate 2 7012 Trondheim	Dato: <b>03.05.2020</b>
	Målestokk: <b>1:50</b>
Tegning: Ny plantegning, 1. etasje	Tegningsnr.: <b>11.5.4</b>

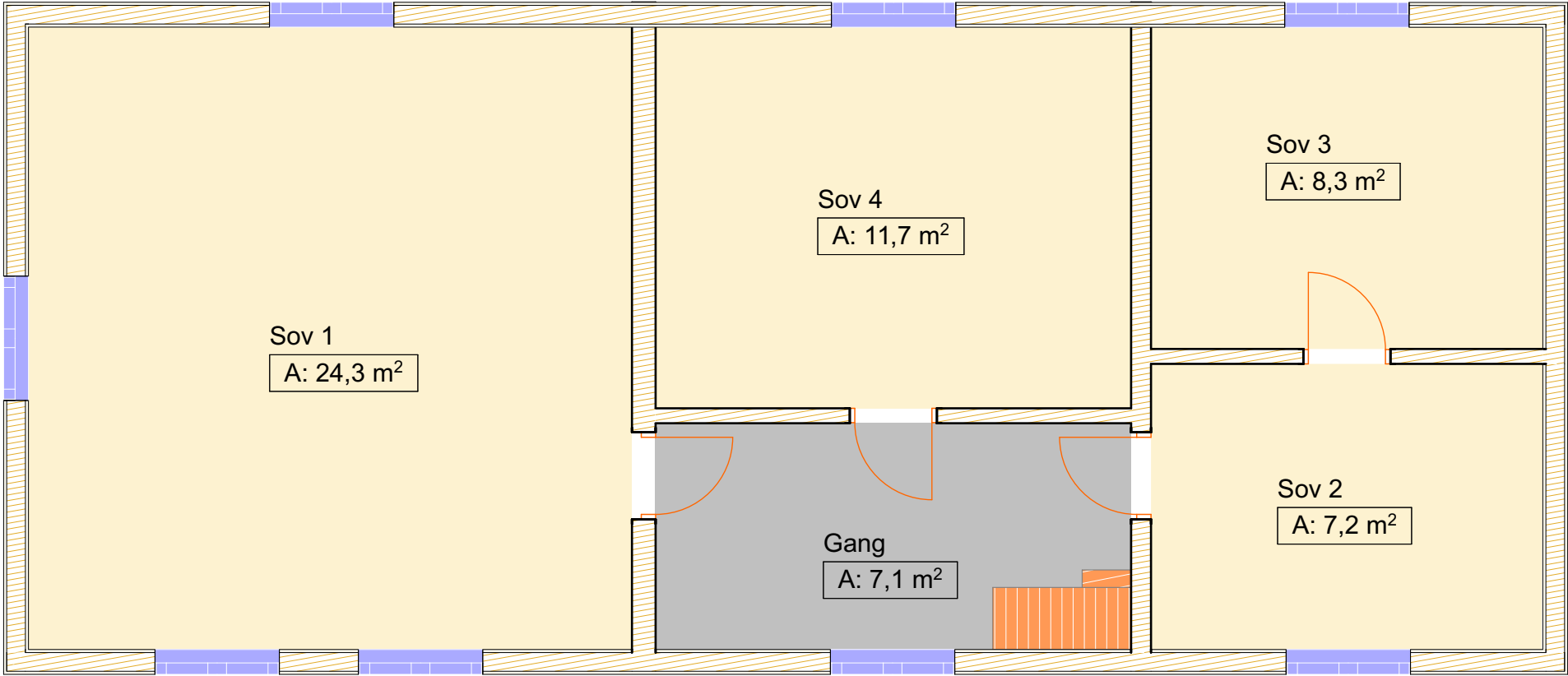
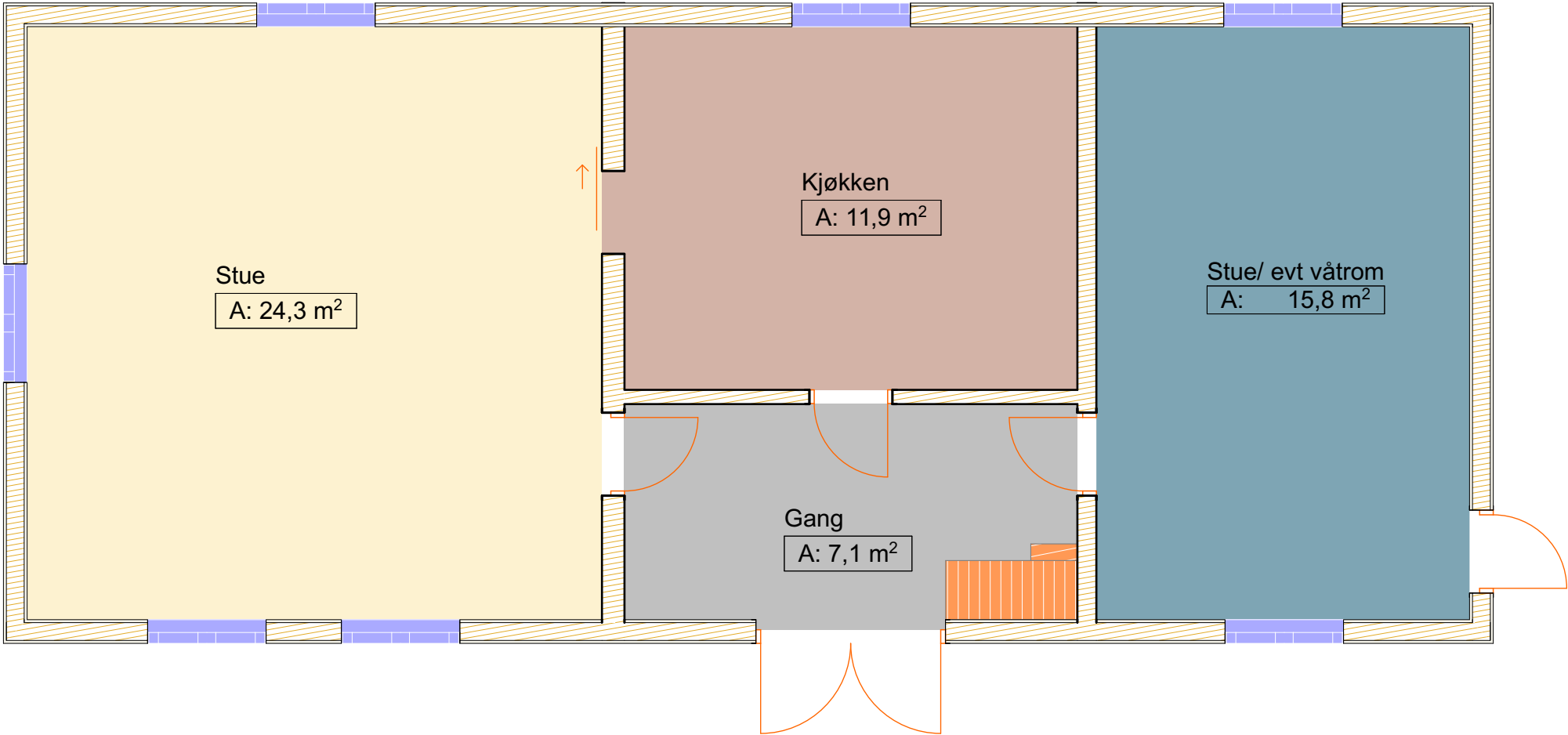





I tegningen over er plantegningen til case-bygget slik det kan stå etter riving av påbyggene.

Mål på veggene og plaserig av vinduer og dører er gjort grovt. Dette er fordi hele huset har naturlige skjevheter som gjør det umulig å prosjektere den med milimeter-presisjon.

Bacheloroppgave 2020: <b>Renovering av laftede hus ved bruk av tannbjelker og skiferstein.</b>	
Prosjekterende: <b>Gruppe 06, NTNU</b> Arkitekt Christies gate 2 7012 Trondheim	Dato: <b>03.05.2020</b>
	Målestokk: <b>1:50</b>
Tegning: Ny plantegning, 2. etasje	Tegningsnr.: <b>11.5.5</b>



Bacheloroppgave 2020: <b>Renovering av laftede hus ved bruk av tannbjelker og skiferstein.</b>		 NTNU
Prosjekterende: <b>Gruppe 06, NTNU</b> Arkitekt Christies gate 2 7012 Trondheim		
Tegning: <b>Ny romplan, 1. og 2. etasje</b>		Dato: <b>03.05.2020</b> Målestokk: <b>1:50</b> Tegningsnr.: <b>11.5.6</b>

I tegningen over er mulig planløsning av case-bygget etter renovering og riving av påbyggene.

## **11.6. Taktegninger**

### **11.6.1. Original takoppbygging**

### **11.6.2. Isolert loftsbjelkelag, overgang mellom vegg og tak**

### **11.6.3. Isolert loftsbjelkelag, detalj**

### **11.6.4. Isolert takflate**

## **12.6.1 Original takoppbygning**

Den originale takoppbygningen består av takåser, hvor møneåsen er av helt rundtømmer.

Sideåsene er av rundtømmer som er kløyvd i to.

Over takåsene er taktroa lektet opp. Taktroa består av liggende, tykke bord av heltre. Bordene ligger spredt og man kan se det overliggende laget, som antas å være spon. Taktekkingen av skifer er antatt festet direkte på sponlaget.

## **12.6.2 Isolasjon i bjelkelaget**

Takåsene, lektene og eksisterende taktro beholdes original. Laget med spon er fjernet og erstattet med taktro av underpanel i tre.

Vindsperra føres sammen med undertaksbelegget for å oppnå et tett, uluftet loft.

Undertaksbelegget må være dampåpent og klemmes mellom sløyfe og klemlekt for god tetting.

Over sløyfene legges lekter for å feste skiferen. Avstanden mellom disse bestemmes av størrelsen på taksteinen. For 13 tommers skiferstein vil lektaavstanden være mellom 195 mm og 200 mm. Isolasjonen legges over eksisterende stubbeloft i form av løsull.

## **12.6.3 Bjelkelaget med isolasjon**

Isolert bjelkelag sett fra gavlveggen, med eksisterende stubbeloft og himling.

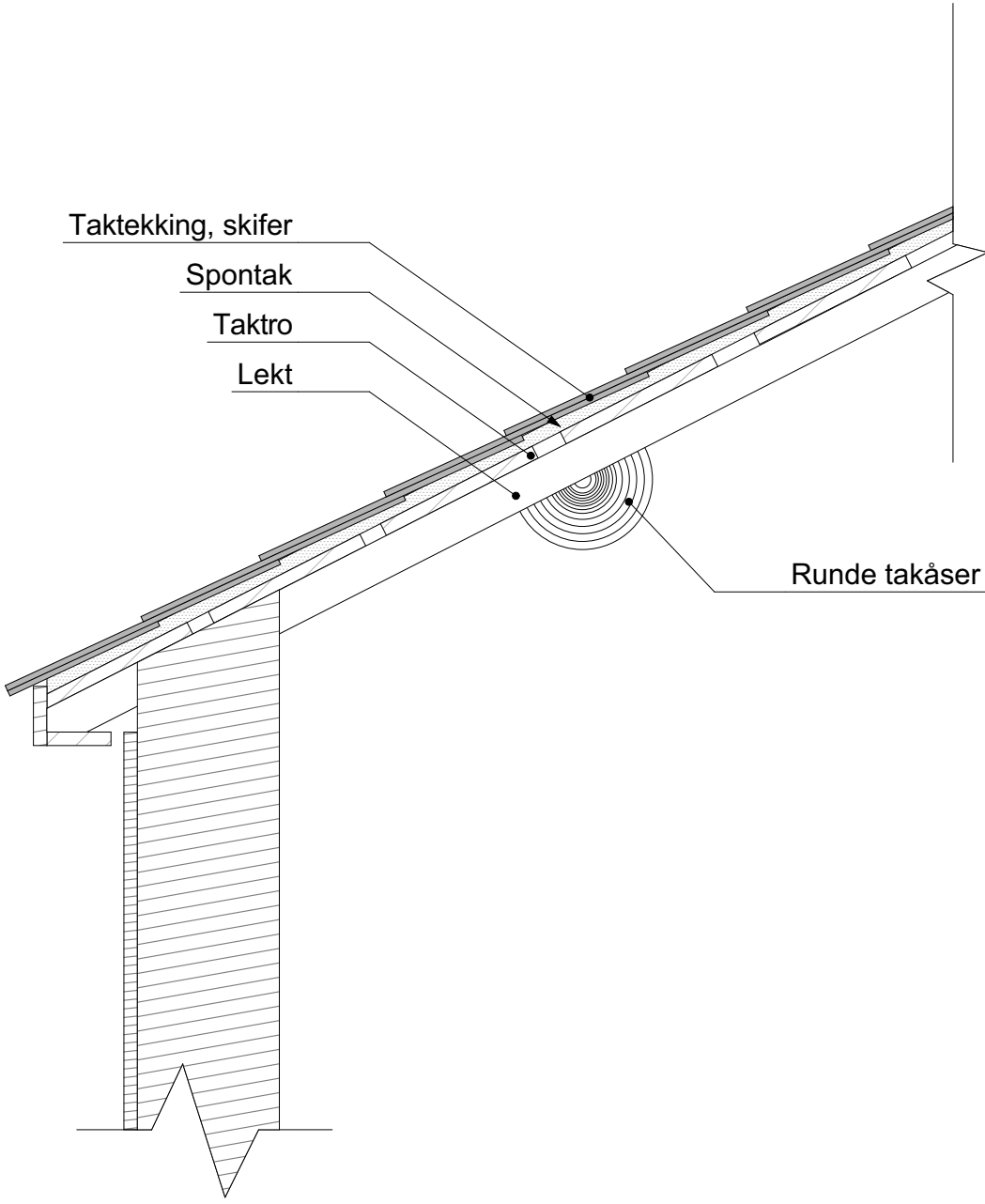
## **12.6.4 Isolasjon i takflaten**

De originale takåsene beholdes.

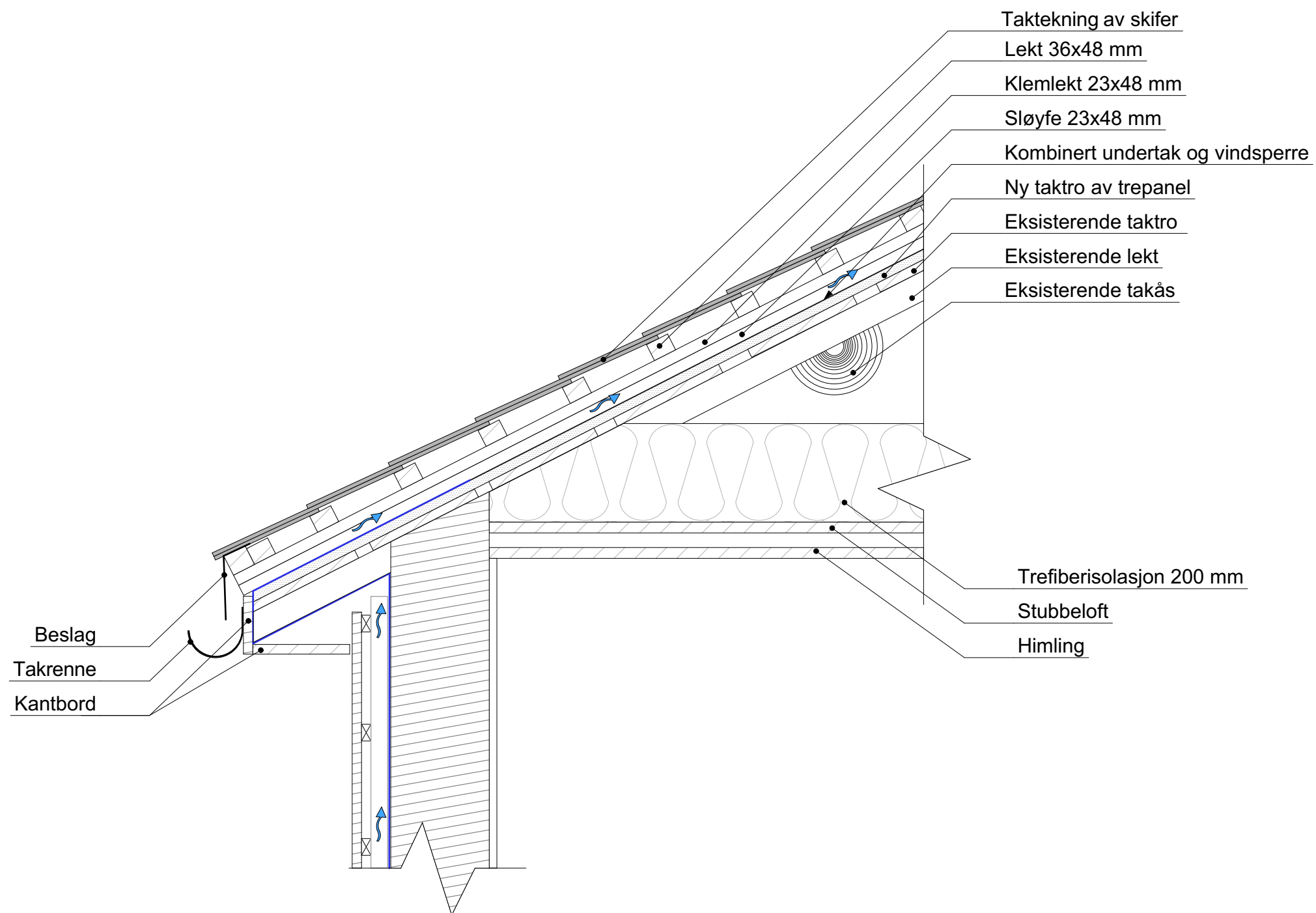
Over takåsene kan det legges panel eller himling. Det monteres dampbrems på oversiden.

Isolasjonen legges mellom taksperrer. Vindsperra føres tett langs veggen og over taket, med klemlist. Det er lufting mellom vindsperra og taktro av underpanel i tre.

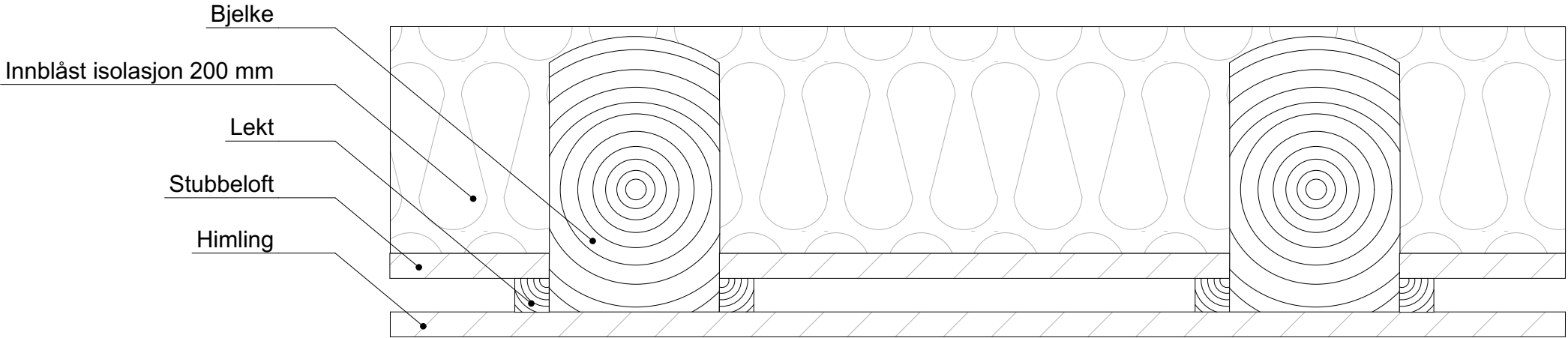
På oversiden er det sløyfer og lekter for lufting og feste for skifertaket.



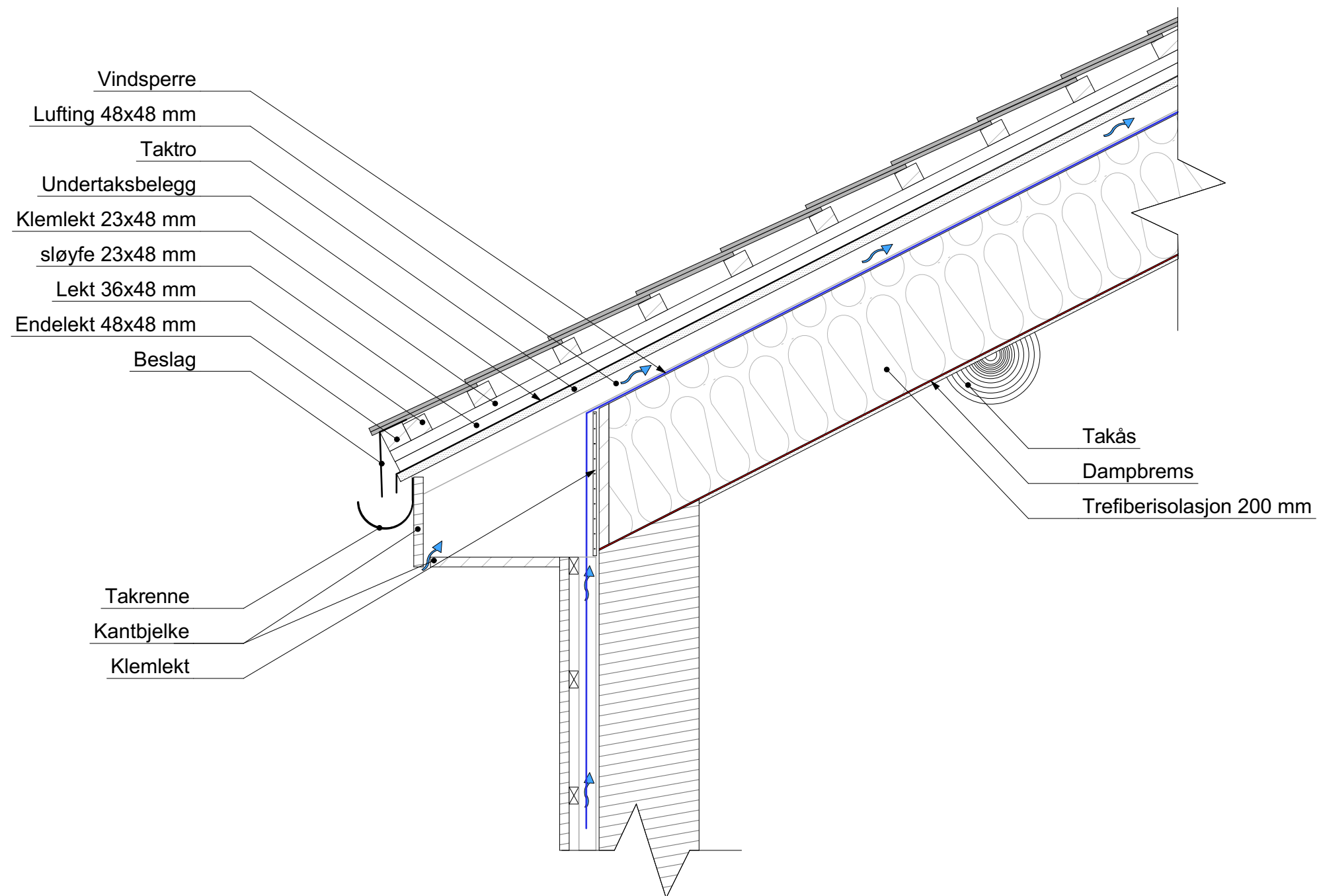
Bacheloroppgave 2020: <b>Renovering av laftede hus ved bruk av tannbjelker og skiferstein.</b>			
Prosjekterende: <b>Gruppe 06, NTNU</b> Arkitekt Christies gate 2 7012 Trondheim		Dato: <b>04.05.2020</b>	
		Målestokk: <b>1:10</b>	
Tegning: <b>Original takoppbygning</b>		Tegningsnr.: <b>11.6.1.</b>	



Bacheloroppgave 2020: <b>Renovering av laftede hus ved bruk av tannbjelker og skiferstein.</b>			
Prosjekterende: <b>Gruppe 06, NTNU</b> Arkitekt Christies gate 2 7012 Trondheim		Dato: <b>04.05.2020</b>	
Tegning: <b>Isolert loftsbjekelag, overgang</b>		Målestokk: <b>1:10</b>	Tegningsnr.: <b>11.6.2.</b>



Bacheloroppgave 2020: <b>Renovering av laftede hus ved bruk av tannbjelker og skiferstein.</b>		
Prosjekterende: <b>Gruppe 06, NTNU</b> Arkitekt Christies gate 2 7012 Trondheim	Dato: <b>04.05.2020</b>	
Tegning: <b>Isolert loftsbjelkelag, detalj</b>		Målestokk: <b>1:5</b>
		Tegningsnr.: <b>11.6.3.</b>



Bacheloroppgave 2020: <b>Renovering av laftede hus ved bruk av tannbjelker og skiferstein.</b>			
Prosjekterende: <b>Gruppe 06, NTNU</b> Arkitekt Christies gate 2 7012 Trondheim		Dato: <b>04.05.2020</b>	
Tegning: <b>Isolert takflate</b>		Målestokk: <b>1:10</b>	
		Tegningsnr.: <b>11.6.4.</b>	

## **11.7. Vindusdetaljer**

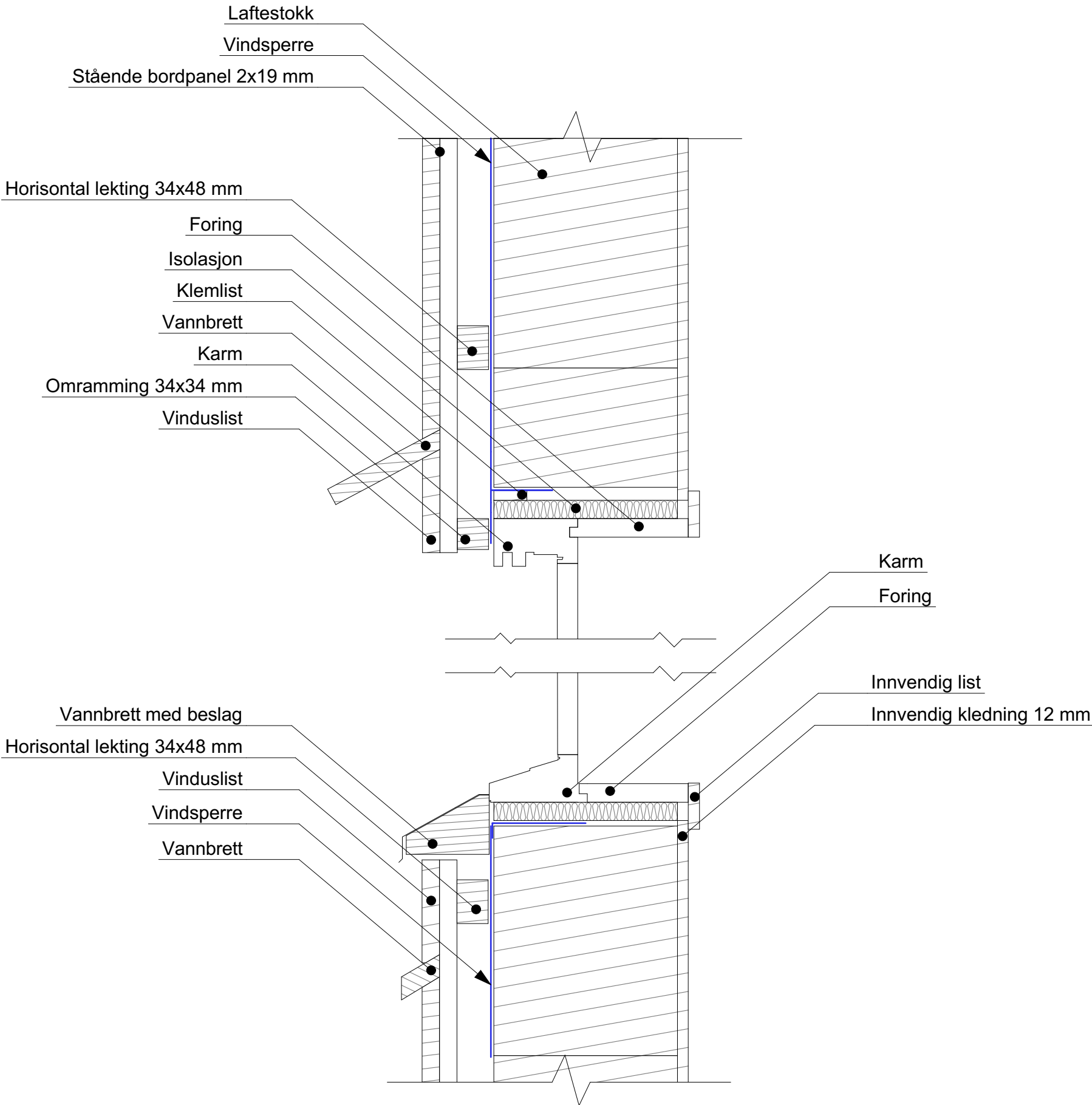
Det har blitt lagt inn vindsperrer mellom vegg og beitski, som klemmes mellom gerikt og vinduskarm utvendig, samt gerikt og vinduskarm innvendig, dette vises i den horisontale tegningen. Det har også blitt lagt en vindsperre som klemmes mellom vinduslist og vinduskarm utvendig og laftestokk over ifra og vinduskarm, vindsperre tettes ekstra av en tynn klemløst. I tillegg har det blitt lagt 20 mm isolasjon rundt hele vinduet. (88) Den tradisjonelle estetikken ønskes å beholdes, det er derfor en utvendig vinduslist rundt vinduet, og over vinduet er det et vannbrett uten beslag. Vannbrettet under har beslag for å holde vinduet så tett som mulig. Det skal vurderes om vannbrett og list skal beholdes eller om

det må installeres nye. (105)

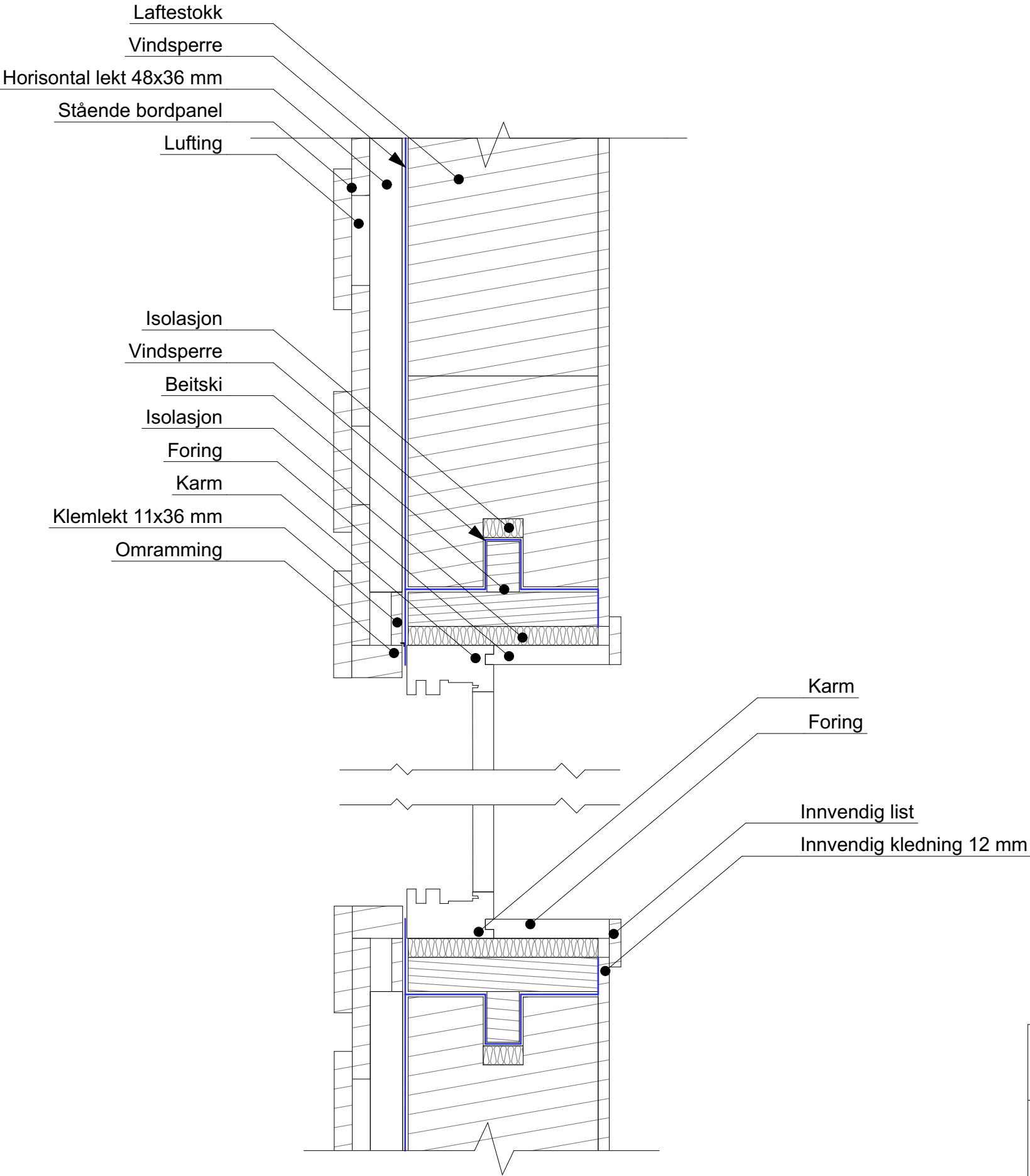
### **11.7.1. Vindu detalj, vertikal**

### **11.7.2. Vindu detalj, horisontal**



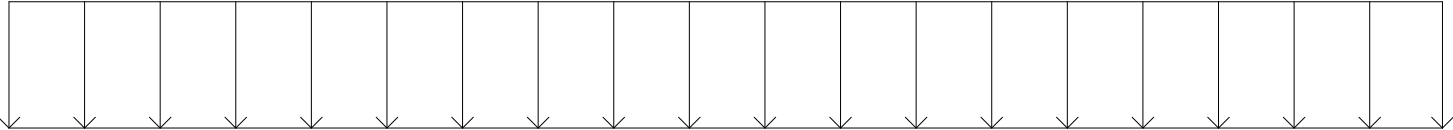
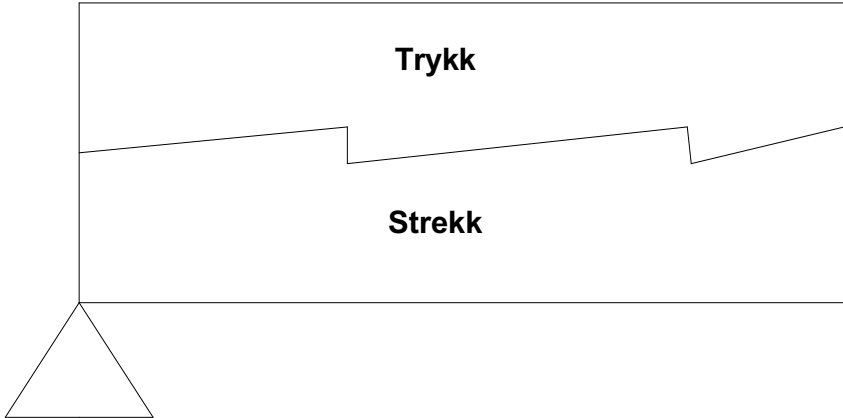
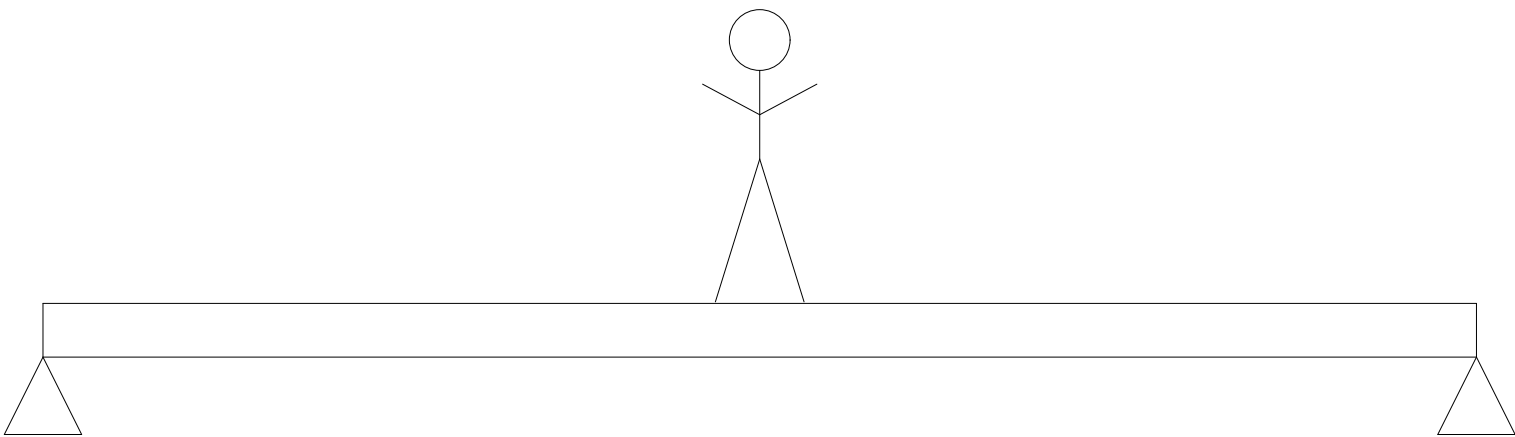


Bacheloroppgave 2020: <b>Renovering av laftede hus ved bruk av tannbjelker og skiferstein.</b>			
Prosjekterende: <b>Gruppe 06, NTNU</b> Arkitekt Christies gate 2 7012 Trondheim		Dato: <b>04.05.2020</b>	
		Målestokk: <b>1:5</b>	
Tegning: <b>Vindu detalj, vertikal</b>		Tegningsnr.: <b>11.7.1.</b>	



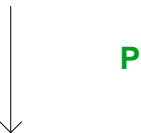
Bacheloroppgave 2020: <b>Renovering av laftede hus ved bruk av tannbjelker og skiferstein.</b>		 NTNU
Prosjekterende: <b>Gruppe 06, NTNU</b> Arkitekt Christies gate 2 7012 Trondheim	Dato: <b>04.05.2020</b>	
	Målestokk: <b>1:5</b>	
Tegning: <b>Vindu detalj, horisontal</b>	Tegningsnr.: <b>11.7.2.</b>	

## **11.8. Mekanikk eksempel, bru**



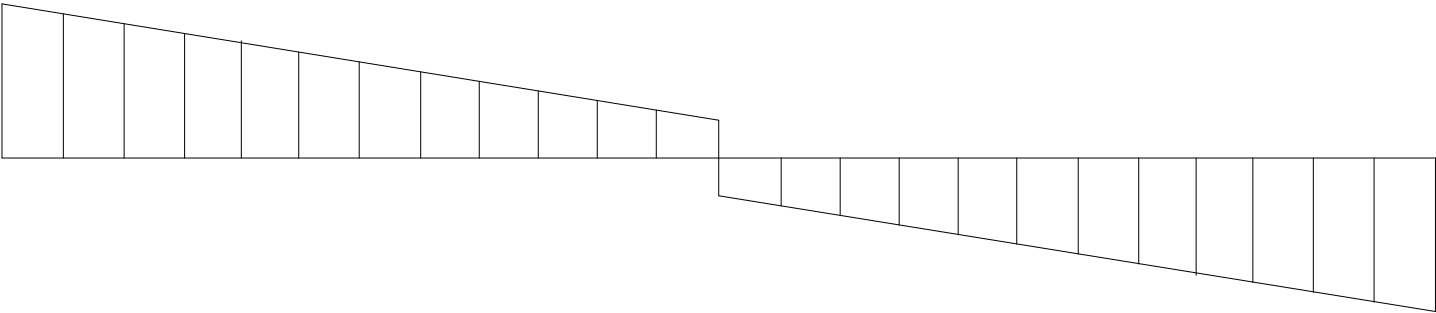
q

Egenlast bru, jevnt fordelt last q



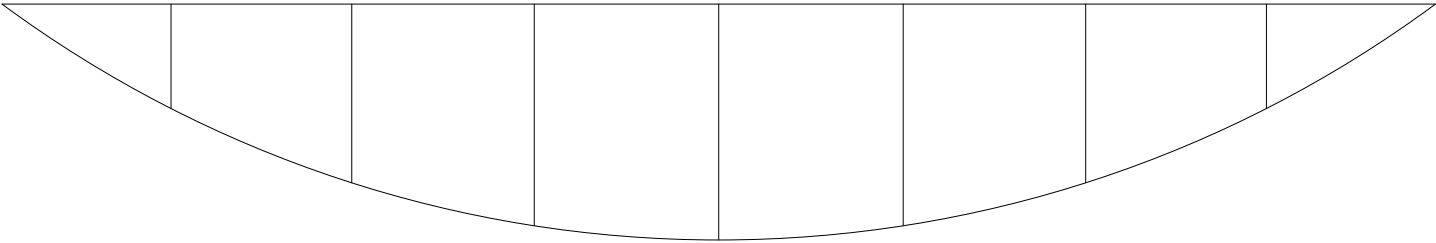
P

Personlast, punktlast P



V

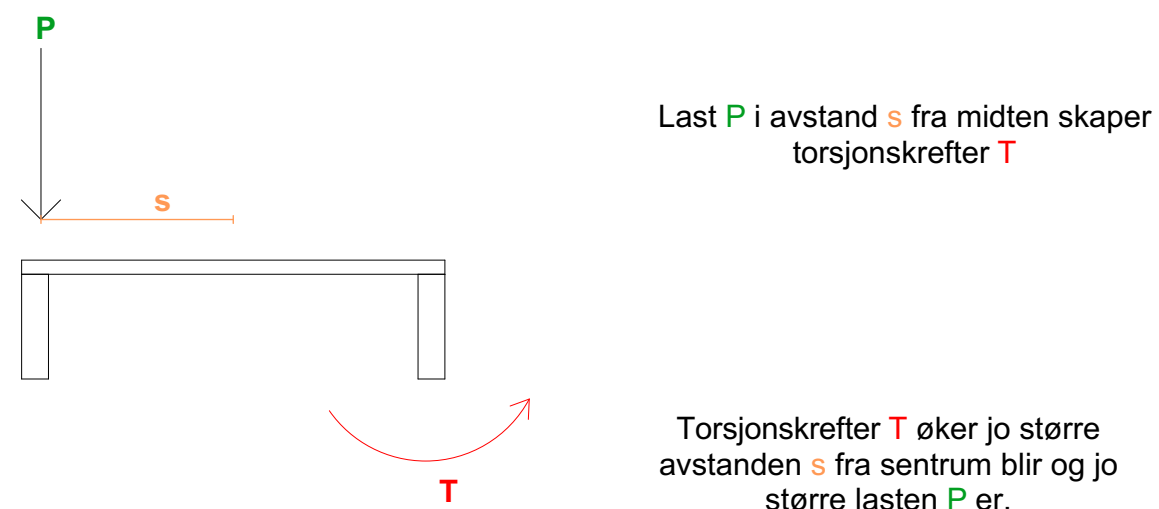
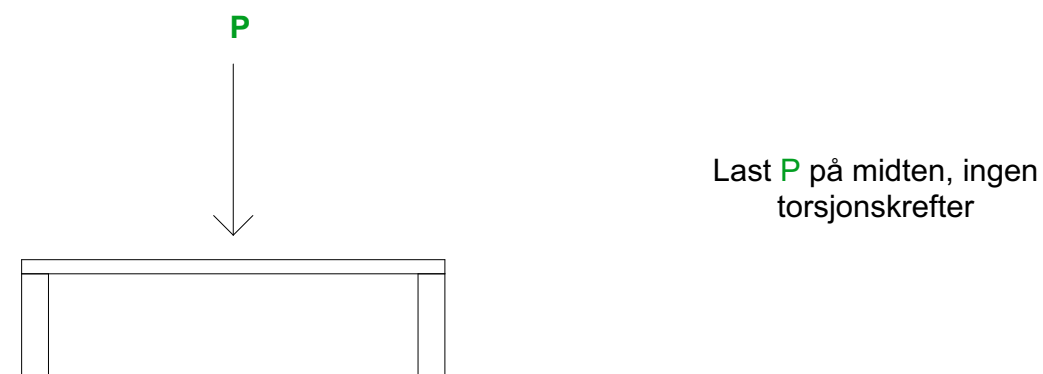
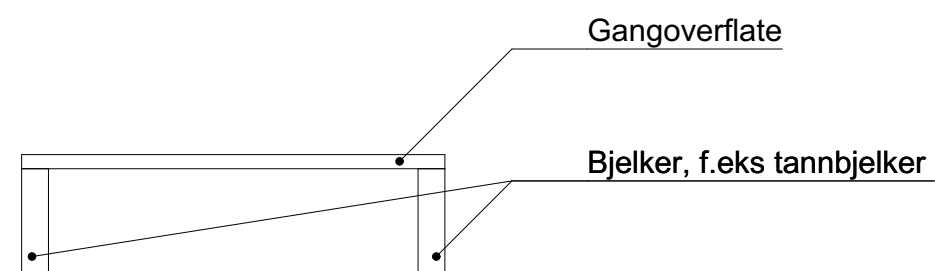
Skjærkraftsdiagram



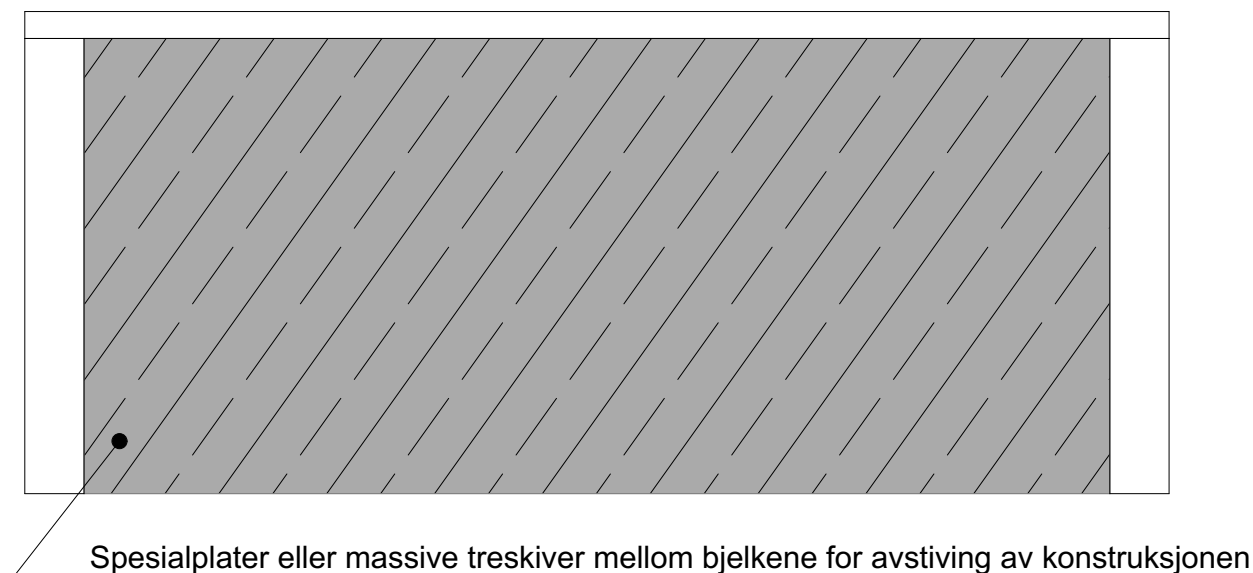
M

Momentdiagram

Bjerkene på brua tar opp skjærkreftene V og momentkreftene M fra lastene q+P. Tennene på ei tannbjelke tar opp mye av skjærkreftene V.



Bjolkene tar ikke opp noe særlig torsjonskrefter. Man kan da sette inn forspent tverrarmering, kubbing eller plater mellom bjelkene for å avstive konstruksjonen og for å ta opp torsjonskreftene.



## **11.9. Dokumentasjon og beregninger fra Rennebu-Bjelken AS**

## FORSPENTE TRE-KONSTRUKSJONER

**Bjelker**

Elastisk kapasitet i bruddgrensetilstand,  $q_d = (1,2g + 1,5p)c$  (kN/m)

$g$ =egenlast (kN/m<sup>2</sup>),  $p$ = nyttelast (kN/m<sup>2</sup>),  $c$ = lastbredde (m)

Trevirke C24. Halvårslast. Klimaklasse 1. Forbøyning ca.  $L/200$ .

Ca. dim.	Spennvidde						
	6m	7m	8m	9m	10m	11m	12m
96x186	2,6						
144x186	4,0	2,3					
48x276	3,2	2,3	1,7				
73x276	4,8	3,5	2,5				
96x276	6,4	4,5	3,5				
48x376	6,0	4,4	3,2	2,5			
72x376	9,0	6,7	5,0	3,9			
96x376	12	9,0	6,7	5,2	4,0		
144x376	19	13	10	7,8	6,2		
192x376	25	18	13	10	8,0	7,0	
144x436		18	14	11	8,5	7,0	
192x436		24	18	14	11	9,0	8,0
240x436		30	23	18	14	11	9,0
150x600			27	22	18	14	12
200x600			33	29	24	19	16
250x600			40	36	30	24	20

**Eksempel 1**  $L=6$  m  $g=1,0$   $p=2,5$  (kN/m<sup>2</sup>)  $c=0,6$  m  
 $q_d = (1,2g + 1,5p)c = (1,2 \times 1,0 + 1,5 \times 2,5) \times 0,6 = 3,0$  kN/m. Dim. **48x276**

**Eksempel 2**  $L=8$  m  $g=2,0$   $p=5,0$  (kN/m<sup>2</sup>)  $c=0,6$  m  
 $q_d = (1,2g + 1,5p)c = (1,2 \times 2,0 + 1,5 \times 5,0) \times 0,6 = 5,9$  kN/m. Dim. **96x376**

**Eksempel 3**  $L=9$  m  $g=1,0$   $p=2,0$  (kN/m<sup>2</sup>)  $c=0,6$  m  
 $q_d = (1,2g + 1,5p)c = (1,2 \times 1,0 + 1,5 \times 2,0) \times 0,6 = 2,5$  kN/m. Dim. **48x376**

**Eksempel 4**  $L=10$  m  $g=1,0$   $p=3,0$  (kN/m<sup>2</sup>)  $c=2,4$  m  
 $q_d = (1,2g + 1,5p)c = (1,2 \times 1,0 + 1,5 \times 3,0) \times 2,4 = 13,7$  kN/m. Dim. **240x436**

**Eksempel 5**  $L=12$  m  $g=3,0$   $p=2,0$  (kN/m<sup>2</sup>)  $c=3,0$  m  
 $q_d = (1,2g + 1,5p)c = (1,2 \times 3,0 + 1,5 \times 2,0) \times 3,0 = 19,8$  kN/m. Dim. **250x600**

## FORSPENTE TRE-KONSTRUKSJONER

### Dekker

#### Massiv-dekker

Tabellen angir maksimale spennvidder for massive dekker av tre (MD).  
Trevirke C24. Halvårslast. Klimaklasse 1. Forbøyning ca. L/200-L/300.

Laveste egenfrekvens etter forenklet metode i henhold til RIFS's veileder  
"Dimensjonering av bygninger utsatt for vibrasjoner"  $f = (1,57/L^2) * (EI/M)^{0,5}$   
L= Spennvidde (m) EI= Bøyestivhet (Nm<sup>2</sup>/m) M= Masse (kg/m<sup>2</sup>).

Bruksområde	f <sub>min</sub>	Største spennvidde		
		MD 150	MD 200	MD 300
Kontor	4 Hz	7,2 m	8,0 m	12 m
Bolig	6 Hz	6,8 m	8,0 m	10 m
Sportsaktiviteter	8 Hz	6,4 m	7,5 m	9,0 m
Konsertlokale	9 Hz		6,5 m	8,5 m
Laboratorium	10 Hz		6,0 m	8,0 m

#### Eksempel 1

Spennvidde 7,5 m.

Bruksomr. kontor.

Dim. **MD 200**

#### Eksempel 2

Spennvidde 8,0 m.

Bruksomr. bolig.

Dim. **MD 200**

#### Eksempel 3

Spennvidde 8,0 m.

Sportsaktivitet.

Dim. **MD 300**

#### Samvirke-dekker

Samvirke-elementer leveres med bredde 1,2 m og tykkelse ca. 0,2-0,4 m.  
Gulv- og himlingsplater i samvirke med bærebjelkene. Hulrom kan leveres isolert.  
Bærebjelker C24, 4 stk. pr. element. Halvårslast. Klimakl. 1. Forbøyn. ca. L/400.

	6m	7m	Spennvidde				
			8 m	9m	10 m	11m	12 m
			Nyttelast (kN/m <sup>2</sup> )				
Gulv-element ca. 1,2x0,2	5,0	3,5	2,0				
Gulv-element ca. 1,2x0,3			5,5	4,0	3,0	2,0	
Gulv-element ca. 1,2x0,4				7,5	5,5	4,0	3,0

#### Generelt

For dekker med lydkrav anbefales "flytende gulv", dvs ekstra lydplate + gulvplate og event. lydhimling i henhold til NBI-blad.



**Tak**Massiv-tak

Sum egenvekt + snølast  $s_k$  (kN/m<sup>2</sup>).

Snølast = grunnverdi i henhold til NS1991-1-3. Formfaktor 0,8.

Trevirke C24. Halvårslast. Klimaklasse 1. Forbøyning ca. L/25-L/50.

Element- tykkelse	Spennvidde						
	6m	7m	8m	9m	10m	11m	12m
H= 96	8,0	6,0	4,5				
H=144			10	8,0	6,5	5,5	
H=196					12	10	8,5

Eksempel 1

Spennvidde 6,0 m.

Egenv. 1,0+snø 4,5

Sum 5,5 kN/m<sup>2</sup>. **H=96**

Eksempel 2

Spennvidde 10,0 m.

Egenv. 1,5+snø 4,5

Sum 6,0 kN/m<sup>2</sup>. **H=144**

Eksempel 3

Spennvidde 12,0 m

Egenv. 2,0+snø 6,0 kN/m<sup>2</sup>

Sum 8,0 kN/m<sup>2</sup>. **H=196**

Samvirke-tak

Samvirke-elementer levers med bredde 1,2 m og tykkelse ca. 0,2-0,4 m.

Over- og underplater i samvirke med bærebjelkene. Hulrom kan leveres isolert.

Bærebjelker C24, 4 stk. pr. element. Halvårslast. Klimakl. 1. Forbøyn. ca. L/200.

	Spennvidde						
	6m	7m	8 m	9m	10 m	11m	12 m
	Snølast $s_k$ (kN/m <sup>2</sup> )						
Tak-element 1,2x0,2	7,5	5,0	3,5				
Tak-element 1,2x0,3			7,5	6,0	5,0		
Tak-element 1,2x0,4					10	7,5	5,0

**Notater** «Samvirke-elementer». «Gulv- og taksperrer». «Forspente trebruer».

**Kontakter**

Kent O. Flatsetøy	daglig leder	<a href="mailto:kent@rennebubjelken.no">kent@rennebubjelken.no</a>	950 93 083
Torleif Bøe	teknisk	<a href="mailto:torlboe@rennebubjelken.no">torlboe@rennebubjelken.no</a>	977 19 989
Roger Skaret	marked	<a href="mailto:roger@rennebubjelken.no">roger@rennebubjelken.no</a>	980 67 808
Per Atle Hansen	styreleder	<a href="mailto:pah@sunndals.net">pah@sunndals.net</a>	907 34 960
Roar Gylland	styrem.	<a href="mailto:rgylland@rgbs.no">rgylland@rgbs.no</a>	952 30 784
Stian Lilleberg	styrem.	<a href="mailto:sl@byggmann.no">sl@byggmann.no</a>	900 77 477
Arnstein Vaslag	styrem.	<a href="mailto:arnstein@av-as.no">arnstein@av-as.no</a>	924 04 767
Arne Vaslag	teknisk	<a href="mailto:arne@av-as.no">arne@av-as.no</a>	909 26 789

### 1. Belastning

Dimensjonerende bruddlast  $q_d = (1,2g + 1,5p)c = 1,2(g + s_k)c$  (kN/m)

$g$ =egenvekt (kN/m<sup>2</sup>)  $s_k$ =snølast på mark etter NS 1991-1.3 (kN/m<sup>2</sup>)

Takfall<30°, formfaktor= 0,8.  $c$ =lastbredde (m) =halve husbredden.

$L$ =spennvidde. Halvårslast. Klimaklasse 1.

### 2. Forspenning

Forspenning (overhøyde) ca.  $L/150$ - $L/200$ .

### 3. Dimensjonering

Kapasitetsdiagram for enkelte bjelker s.2 og 3. Andre dimensjoner kan være aktuelle.

### 4. Dokumentasjon

Dokumentasjon i henhold til Norsk Standard på grunnlag av avtalte belastninger og spennvidder.

#### Eksempler C24

L	g	s <sub>k</sub>	c	q <sub>d</sub>	Dim
m	kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>	m	kN/m	mm
6,0	0,5	5,0	2,5	16,5	144x376
7,0	0,5	5,0	2,5	16,5	192x376
8,0	0,5	5,0	2,5	16,5	240x376
9,0	0,5	5,0	2,5	16,5	288x396

#### Eksempler C30

L	g	s <sub>k</sub>	c	q <sub>d</sub>	Dim
m	kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>	m	kN/m	mm
6,0	0,5	3,5	3,0	14,4	115x340
8,0	1,0	3,5	3,0	16,2	140x430
10	1,0	5,0	3,5	25,2	230x520
12	1,5	6,0	3,5	31,5	230x700

# Rennebubjelken

190409 Sperrer

## FORSPENTE GULV- OG TAKSPERRER

Bjelker C24, c/c=0,6m. Halvårslast. Klimaklasse 1

Foreløpig versjon

### GULV (Vekt 0,5 kN/m<sup>2</sup>)

Forbøyning ca. L/300

Spennvidde (m)	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5
----------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Dim.	Nyttelast (kN/m <sup>2</sup> )					
48x386	4,4	3,7	3,0	2,5	2,0	
72x386	6,5	5,7	5,0	4,4	3,8	
96x386				6,0	5,0	4,4

Undergulv av sponplater eller finerplater utføres med limte skjøter.

### TAK (Tekking 1,0 kN/m<sup>2</sup>)

Forbøyning ca. L/150

Spennvidde (m)	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5
----------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Dim.	Snølast s <sub>k</sub> (kN/m <sup>2</sup> )					
48x386	5,0	4,5	4,0	3,5		
72x386		7,5	6,5	5,5	4,5	
96x386				7,5	6,5	5,5

Formfaktor 0,8

### TAK (Tekking 3,0 kN/m<sup>2</sup>)

Forbøyning ca. L/150

Spennvidde (m)	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5
----------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Dim.	Snølast s <sub>k</sub> (kN/m <sup>2</sup> )					
48x386	3,5	2,5				
72x386	7,0	5,5	4,5	3,5	3,0	
96x386			7,0	6,0	5,0	4,0

Formfaktor 0,8

### Generelt

Tabellverdiene benyttes ved forhåndsdimensjonering. Endelige beregninger utføres på grunnlag av avtalte belastninger, spennvidder og nedbøyningskrav.

Forspente samvirke-elementer med spennvidde inntil ca. 12 m, se eget notat.

## 11.10. Utdrag fra Grønn materialguide

Vedlegget består av et utdrag fra Grønn materialguide versjon 2.2 utgitt i juni 2017.

Grønn Materialguide ble etablert for å gi arkitekter, rådgivere og utbyggere en tidligfaseveileder for miljøriktig materialvalg som spenner over alle sentrale miljøtema. Veilederen er muliggjort gjennom bidrag fra Direktorat for Byggkvalitet, Husbanken, Grønn Byggallianse og Context AS, og omhandler både generelle miljøtema og forhold til lovverket og miljøsertifiseringssystemet BREEAM NOR.

Veilederen beskriver miljøpåvirkningene til en rekke produktgrupper, inndelt etter bygningsdel eller bruksområde. Hver produktgruppe består av en kort beskrivelse og grafiske indikatorer knyttet til seks temaer som har betydelig miljøpåvirkning. Vedlegget består kun av materialguidens kapittel om konstruktive materialer.

Hele materialguiden kan finnes gjennom nettsiden til Grønn Byggallianse eller ved å benytte linken: [https://byggalliansen.no/wp-content/uploads/2018/11/Gronn-Materialeguide-V2.pdf?fbclid=IwAR2Od\\_do3g4VFnezXAV-fNkF6n7WI\\_aQlPQsNDHQGOosMwEiWBRwkNkZAaw](https://byggalliansen.no/wp-content/uploads/2018/11/Gronn-Materialeguide-V2.pdf?fbclid=IwAR2Od_do3g4VFnezXAV-fNkF6n7WI_aQlPQsNDHQGOosMwEiWBRwkNkZAaw) (hentet 17.04.2020).

# KONSTRUKTIVE MATERIALER

KONSTRUKTIVE MATERIALER benyttes til hovedbæring i bygninger og anlegg. Materialene har ulike egenskaper, blant annet bæreevne og brannmotstand, og benyttes enkeltvis eller i kombinasjon.

Sammenligningene av klimagassutslipp i dette kapittelet er basert på beregninger for enkle søyle-drager systemer med lik bæreevne. Det vil være stor variasjon mellom komplette bæresystemer, på grunn av ulike og spennvidder og avstivningsløsninger.

SAMMENLIGNING	KLIMAGASSUTSLIPP	RESSURSGRUNNLAG	AVHENDING	KJEMIKALIEINNHOLD	INNEKLIMA	MILJØDOKUMENTASJON
	<div><div>EKS. KARBONLAGRING</div><div>INKL. KARBONLAGRING</div><div>-900 KG CO20+450</div></div>	<div><div>FORNYBART / IKKE FORNYB.</div><div>RIKELIG / TRUET</div></div>	<div><div>OMBRUK</div><div>GJENVINN.</div><div>DEPONI</div></div>	<div><div>LAV RISIKO</div><div>HØY RISIKO</div></div>	<div><div>LAV RISIKO</div><div>HØY RISIKO</div></div>	<div><div>Ecolabel</div><div>PEFCFSC</div><div>naef.no</div><div>epd</div></div>
BETONG	<div><div></div><div></div></div>	<div><div></div><div></div></div>	<div><div></div></div>	<div><div></div></div>	<div><div></div></div>	<div><div></div><div></div></div>
KONSTRUKSJONSVIRKE	<div><div></div><div></div></div>	<div><div></div><div></div></div>	<div><div></div></div>	<div><div></div></div>	<div><div></div></div>	<div><div></div><div></div></div>
LIMTRE	<div><div></div><div></div></div>	<div><div></div><div></div></div>	<div><div></div></div>	<div><div></div></div>	<div><div></div></div>	<div><div></div><div></div></div>
MASSIVTRE	<div><div></div><div></div></div>	<div><div></div><div></div></div>	<div><div></div></div>	<div><div></div></div>	<div><div></div></div>	<div><div></div><div></div></div>
STÅL	<div><div></div><div></div></div>	<div><div></div><div></div></div>	<div><div></div></div>	<div><div></div></div>	<div><div></div></div>	<div><div></div><div></div></div>

PRODUKTBESKRIVELSE

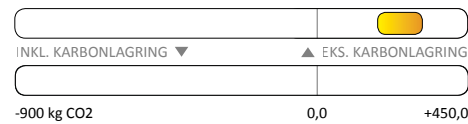
Betong er en blanding av sement, vann, tilslag og tilsetningsstoffer. Tilslag er normalt sand, stein og pukk i ulike andeler. Tilsetningsstoffer benyttes for å endre egenskapene til betongblandingen, for eksempel herdetid og flyteevne. Egenskapene endres også ved å tilpasse blandeforholdet mellom bestanddelene, for å oppnå ulike styrkeklasser og bestandighet. Betong er et allsidig materiale, og brukes blant annet i fundamentering, bæresystem, vegg- og dekkekonstruksjoner. Eksponert betong må støvbindes, men kan males eller slipes som ferdig overflate i bygg og utendørsanlegg.

Betong som benyttes til bygningsmessige formål vil normalt alltid være armert for å øke konstruksjonens styrke, spesielt i forhold til strekkrefter. Normalt benyttes armeringsjern eller -nett av stål, som utgjør en betydelig andel av betongkonstruksjonens samlede klimagassutslipp. Resirkulert armering bør alltid benyttes.

Sementproduksjonen utgjør størstedelen av klimagassutslippet fra betong. Dette utslippet kan reduseres ved å benytte lavkarbonbetong, der en andel av sementen i blandingen byttes ut med flyveaske, som er et avfallsprodukt fra

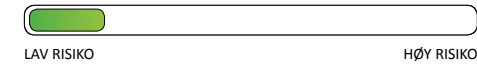
KLIMAGASSUTSLIPP  
BREEAM NOR : MAT 1

Sementproduksjon er svært energikrevende og fører til store klimagassutslipp. Utslippene kan reduseres ved å benytte lavkarbonbetong. Det bør kreves 100% resirkulert armering.



KJEMIKALIEINNHOLD  
BREEAM NOR : MAT 1

Det finnes ikke kjemikalier som omfattes av Prioritetslisten eller REACH-forordningen i betong.



RESSURSGRUNNLAG

Betong består av sement, vann, tilslag og tilsetningsstoffer. Sement produseres av kalkstein, gips og jernsulfat med ulike tilsatsstoffer.



EMISJONER  
BREEAM NOR : HEA 9 (HEA 2)

Betong er et lavemitterende byggemateriale, og det er ikke nødvendig å be om emisjonsdata. En eventuell overflatebehandling må kontrolleres.



AVHENDING

Betongkonstruksjoner kan sjeldent gjenbrukes direkte, med kan knuses og brukes til fyllmasse. Betong med resirkulert tilslag er mulig, men få leverandører er villige til å levere dette.



MILJØDOKUMENTASJON  
BREEAM NOR : MAT 1 / MAT 5

Det finnes en rekke EPD for norsk produsert betong, for sement, og for betongelementer.



kraftproduksjon. Normal flyveaskeandel er fra 15 til 30%, som vil redusere CO2 utslippet med inntil en tredjedel. Forsknings- og utviklingsprosjekter i Norge og utlandet pågår for videre å redusere klimagassutslippet gjennom karbonfangst og –lagring. Betong er i prinsippet vedlikeholdsritt og kan stå i mange år, men vil likevel være utsatt for nedbrytning over tid. Nedbrytningen kan forårsakes av kjemiske og mekaniske prosesser, av frost, og ved at armeringen eksponeres for vann og luft og ruster. Sement og ferdig betong produseres i Norge.

SIRKULÆR ØKONOMI

Betong kan produseres med resirkulert tilslag (f.eks. knust betong), men dette er i praksis vanskelig å få til i bærende konstruksjoner grunnet garanti- og ansvarsforhold. Ved endt levetid kan betong knuses og gjenbrukes som for eksempel fyllmasse (nedsirkulering).

HELSE OG INNEKLIMA

Sement har en lav PH-verdi og sementblandinger kan forårsake irritasjon og etseskader. Langvarig eksponering for sementblandinger kan også resultere i kromallergi på grunn av kromsalter i sementen.

PRODUKTBESKRIVELSE

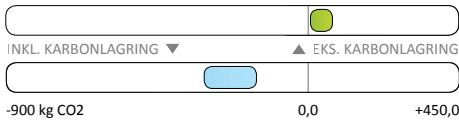
Konstruksjonsvirke er en samlebetegnelse for høvlet virke som benyttes til konstruktive formål i bygg. Virket produseres i en rekke standardiserte dimensjoner, og produseres normalt av gran eller furu.

Konstruksjonsvirke benyttes til svært mange formål, fra bjelkelag og bindingsverk til å utgjøre bestanddelene i større elementer som takstoler. Virket benyttes ofte som tilpasningsstykker og spikerslag i andre konstruktive systemer.

Skog i vekst binder ca. 700 kg CO2 per kubikkmeter i trevirket. Bundet CO2 i konstruksjonsvirke vil være tilsvarende. CO2 bindingen gir en positiv klimaeffekt ved at CO2 innholdet i atmosfæren reduseres. Det er foreløpig ikke vanlig å regne med bundet CO2 i norske klimagassregnskap for bygg, hovedsakelig fordi virkningen er midlertidig. Når bygget rives og elementene brennes eller råtner frigjøres all bundet CO2. Nyere EPDer godskrifter imidlertid denne CO2 bindingen, slik at lagringseffekten må trekkes fra oppgitt utslipp dersom EPD verdiene skal kunne benyttes i klimagassregnskap uten CO2 binding.

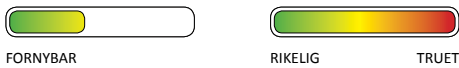
KLIMAGASSUTSLIPP  
BREEAM NOR : MAT 1

Konstruksjonsvirke har generelt lave klimagassutslipp. Transportavstand i produksjon og til byggeplass er av stor betydning for det totale utslippet.



RESSURSGRUNNLAG

Råmaterialene er fornybare og rikelige. Sertifisert trevirke bør foretrekkes.



AVHENDING

Konstruksjonsvirke kan gjenbrukes eller energigjenvinnes.



Konstruksjonsvirke (k-virke) produseres i Norge, i stor grad av tømmer fra samme landsdel som utsalgsstedet.

SIRKULÆR ØKONOMI

Konstruksjonsvirke er basert på fornybare ressurser, og mange produsenter i Norden har kilder for råmaterialet som er fra sertifisert bærekraftig skogbruk. Konstruksjonsvirke er i prinsippet egnet til gjenbruk, men dette er i liten grad økonomisk forsvarlig og har begrenset miljømessig verdi. Avhendet trevirke går i hovedsak til energigjenvinning.

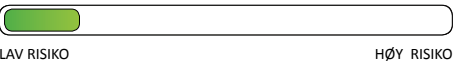
Kapp fra konstruksjonsvirke utgjør ofte en betydelig andel av det totale avfallet fra en byggeplass. Avfallsmengdene kan minimeres ved å bestille pre-kuttete lengder til hovedkonstruksjonene.

HELSE OG INNEKLIMA

Ubehandlet konstruksjonsvirke er generelt lavemitterende, men furu kan avgi mye formaldehyd når det er nytt. Gran har lavere avgassing.

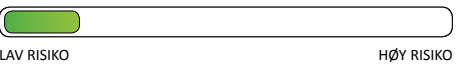
KJEMIKALIEINNHOLD  
BREEAM NOR : MAT 1

Det er ingen fare for kjemikalier i vanlig norsk konstruksjonsvirke. Bruk av kobberimpregnert virke bør minimeres, men inneholder ikke kjemikalier på Prioritetslisten eller REACH.



EMISJONER  
BREEAM NOR : HEA 9 (HEA 2)

Ubehandlet konstruksjonsvirke er generelt lavemitterende, men furu kan avgi mye formaldehyd når det er nytt. Gran har lavere avgassing.



MILJØDOKUMENTASJON  
BREEAM NOR : MAT 1 / MAT 5

Trevirke som benyttes bør være sertifisert. Aktuelle sertifiseringsordninger er FSC og PEFC. Det finnes svanemerket k-virke av modifisert tre og en generisk EPD for norsk k-virke.





PRODUKTBESKRIVELSE

Limtre består av trelameller med en standardisert tykkelse (i Norge 45 mm) som hellimes for å bygge opp større elementer med svært god bæreevne i forhold til vekt. Limtre produseres normalt i gran og furu. Limet er normalt MUF-lim (melamin-urea-formaldehyd), men PUR (polyuretan) og EPI (emulsjonspolymerisert isocyanat) benyttes også.

Limtre benyttes til søyler, bjelker, fagverk og skreddersydde konstruksjoner. Det finnes også limtrevarianter til bruk som bjelkelag og stenderverk der det kreves bedre bæreevne enn vanlig konstruksjonsvirke. Impregnert limtre og etterbehandlet limtre kan benyttes utvendig.

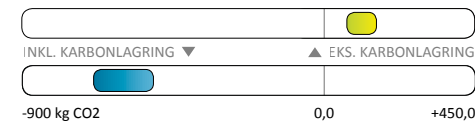
Limtre produseres i Norge og Europa.

SIRKULÆR ØKONOMI

Limtre er basert på fornybare ressurser, og produsenter i Norden kan benytte kilder for råmaterialet som er fra sertifisert bærekraftig skogbruk. Limtre er egnet til gjenbruk, spesielt ettersom bjelkene kan bearbeides med enkle

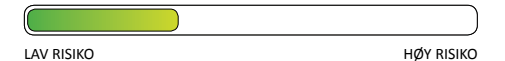
KLIMAGASSUTSLIPP  
BREEAM NOR : MAT 1

Limtre har relativt høye klimagassutslipp for trevirke å være. Dette skyldes limproduksjonen og en noe mer energiintensiv produksjon enn vanlig konstruksjonsvirke.



KJEMIKALIEINNHOLD  
BREEAM NOR : MAT 1

Det er liten fare for kjemikalier i limtre, men limtypen bør kontrolleres.



RESSURSGRUNNLAG

Råmaterialene er fornybare og rikelige. Det bør kreves trevirke fra bærekraftig skogdrift.



EMISJONER  
BREEAM NOR : HEA 9 (HEA 2)

Limtre kan ha moderate formaldehyd emisjoner fra limet. Emisjoner fra moderne limtre-produkter ligger normalt på et lavt nivå.



AVHENDING

Limtre kan gjenbrukes, og limtre som avhendes kan energigjenvinnes.



MILJØDOKUMENTASJON  
BREEAM NOR : MAT 1 / MAT 5

Trevirke som benyttes til limtre bør være sertifisert. Aktuelle sertifiseringsordninger er FSC og PEFC. Det finnes limtre med norsk og internasjonal EPD.



verktøy etter demontering. Avhendet limtre går i hovedsak til energigjenvinning.

HELSE OG INNEKLIMA

Limtre kan ha moderate formaldehyd emisjoner fra limet.

ANDRE MILJØHENSYN

Limtre kan leveres kobberimpregnert for å øke motstanden mot råte. Kobber er giftig for vannlevende organismer og kobberimpregnert avfall må leveres i egen fraksjon. Kobberimpregnering utføres i ulike klasser avhengig av motstandsevnen trevirket skal ha. Det bør tilstrebes minimert bruk av kobberimpregnert virke.

Det er utført forsøk med modifisert trevirke (ref. eget avsnitt under utvendige kledninger) i limtre, som et alternativ til kobberimpregnering. Utfordringen er tilfredsstillende liming, ettersom midlene som tilføres det modifiserte virket kan påvirke limets herdeprosesser.

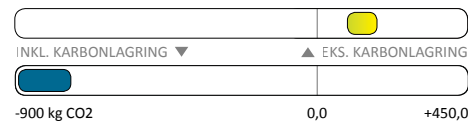
PRODUKTBESKRIVELSE

Massivtre er en fellesbetegnelse for kompakte treelementer som bygges opp av bord eller annen konstruksjonsvirke. Elementene bindes normalt sammen ved hjelp av spiker/ skruer, lim eller tredybler. I kantstilte elementer settes bordene på høykant inntil hverandre. Flersjiktselementer bygges opp av flere lag med bord, ofte krysslågt for å øke stivheten til elementet. Massivtre kan benyttes i bæresystemer, vegger, dekker og tak. En av fordelene med massivtre er at elementene kan danne ferdig overflate og dermed unngå behov for bygningsplater og andre sjikt. Dette kan slå positivt ut i klimagassregnskap.

Skog i vekst binder ca. 700 kg CO2 per kubikkmeter i trevirket. Bundet CO2 i massivtre vil være tilsvarende. CO2 bindingen gir en positiv klimaeffekt ved at CO2 innholdet i atmosfæren reduseres. Det er foreløpig ikke vanlig å regne med bundet CO2 i norske klimagassregnskap for bygg, hovedsakelig fordi virkningen er midlertidig. Når bygget rives og elementene brennes eller råtner frigjøres all bundet CO2. Nyere EPDer godskrives imidlertid denne CO2 bindingen, slik at lagringseffekten må trekkes fra oppgitt utslipp dersom EPD verdiene skal kunne benyttes i klimagassregnskap uten CO2 binding.

KLIMAGASSUTSLIPP  
BREEAM NOR : MAT 1

Generelt lave utslipp, men noe variasjon innenfor produktgruppen avhengig av bindemiddel (lim/ skruer/ tredybler). Transportutslipp knyttet til elementer fra Europa kan være betydelig.



RESSURSGRUNNLAG

Råmaterialene er fornybare og rikelige. Det bør stilles krav til trevirke fra bærekraftig skogdrift.



AVHENDING

Massivtreelementer kan i prinsippet gjenbrukes. Elementer som avhendes kan energigjenvinnes. Elementer uten fenolbasert lim kan komposteres.



Massivtreelementer produseres i Norge. I tillegg er elementer fra Sverige og Tyskland/ Østerrike også vanlige.

SIRKULÆR ØKONOMI

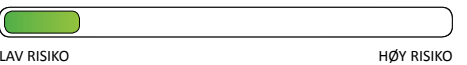
Massivtre er basert på fornybare ressurser, men det bør stilles krav til at virket skal komme fra sertifisert bærekraftig skogbruk. Massivtre er egnet til gjenbruk, spesielt ettersom elementene kan bearbeides med enkle verktøy etter demontering. Avhendet massivtre går i hovedsak til energigjenvinning. Bruk av massivtre elementer kan bidra til mindre avfall på byggeplass. I tillegg produseres elementene på fabrikker hvor restvirke samles for lokal gjenbruk eller energigjenvinning.

HELSE OG INNEKLIMA

Emisjoner øker dersom elementene blir fuktige. Massivtre har hygroskopiske egenskaper som kan dempe svingninger i relativ fuktighet i rommet, forutsatt av trevirket ikke forsegles med en fukttett overflatebehandling (f.eks. lateksmaling).

KJEMIKALIEINNHOLD  
BREEAM NOR : MAT 1

Det er liten fare for kjemikalier i massivtre-elementer. Eventuelle overflatebehandlinger må kontrolleres.



EMISJONER  
BREEAM NOR : HEA 9 (HEA 2)

Lim og overflatebehandling kan forårsake emisjoner. Emisjoner øker dersom elementene blir fuktige.



MILJØDOKUMENTASJON  
BREEAM NOR : MAT 1 / MAT 5

Trevirke som benyttes til massivtre bør være sertifisert. Aktuelle sertifiseringsordninger er FSC og PEFC. Det finnes massivtre med internasjonal EPD.



PRODUKTBESKRIVELSE

Stål er en legering av jern og karbon, som øker styrken på jernet på bekostning av duktiliteten. Karboninnholdet i vanlig stål kan utgjøre inntil 2,1 vektprosent. Utover dette betegnes materialet som støpejern. På grunn av sin høye strekkstyrke og moderate kostnad benyttes stål i mange konstruksjoner, både komplette bæresystemer og som sekundære elementer i forbindelse med andre materialer. Stål inngår som armering i de fleste betongkonstruksjoner, som stålstendere i bindingsverksvegger, og benyttes også til en rekke andre bygningsmessige og dekorative formål.

Ubehandlet stål vil være utsatt for korrosjon (rust) i kontakt med luft og vann. Dette kan motvirkes ved overflatebehandling, eller ved ulike legeringer. Galvanisering gjennom elektrolyse eller varmforsinking (dypping) danner en overflate av sink på utsiden av stålet. Rustfritt stål inneholder minimum 11% krom, ofte kombinert med nikkel. Stål produseres på verk i Norge, samt i Norden og Europa.

SIRKULÆR ØKONOMI

Stål kan tåle en høy resirkulert andel uten å miste styrke. I dag er det mulig å kreve 40% resirkulert innhold i sveisede

plateprofiler og 70% i valsede profiler (H og I profiler). Armeringsjern kan leveres med 100% resirkulert innhold. Resirkuleringsgraden til stålet påvirker klimagassutslippet. Ved å benytte stål med mindre vekt for samme funksjon f.eks høyfast stål, kan de totale utslipp for konstruksjonen reduseres ytterligere. Ved endt levetid kan 100% av stålet resirkuleres, og det finnes veletablerte returordninger for skrapstål i dag. Stålkonstruksjoner kan også gjenbrukes direkte, spesielt boltede fremfor sveisede konstruksjoner.

HELSE OG INNEKLIMA

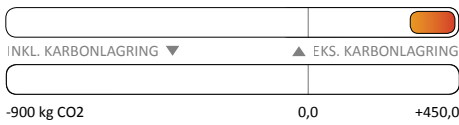
Eksponerte stålkonstruksjoner må beskyttes med brannisolasjon eller brannmaling. Brannisolasjon er normalt basert på steinull og uproblematisk, men brannmaling må kontrolleres nøye med hensyn på kjemikalieinnhold og emisjoner til innemiljøet.

ANDRE MILJØHENSYN

Energikilden ved produksjon har stor betydning. Produksjon av ny stål fra jernmalm er energiintensivt og kan være forbundet med betydelig forurensning. Produksjon basert på fornybar energi bør foretrekkes framfor kull.

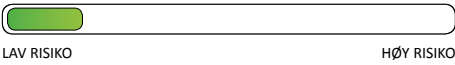
KLIMAGASSUTSLIPP  
BREEAM NOR : MAT 1

Klimagassutslipp pr kg stål påvirke av stålets resirkuleringsgrad og energitype som benyttes under produksjon. Totale utslipp kan også reduseres gjennom materialreduksjon.



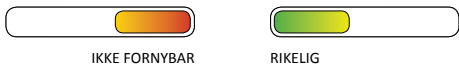
KJEMIKALIEINNHOLD  
BREEAM NOR : MAT 1

Stål inneholder ingen kjemikalier som omfattes av Prioritetslisten eller REACH forordningen. Eventuelle overflatebehandlinger må kontrolleres.



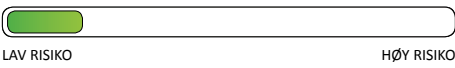
RESSURSGRUNNLAG

Jernmalm er ikke-fornybart men rikelig, og stål er velegnet for resirkulering. Sink (galvanisering) og enkelte metaller brukt i legeringer er imidlertid truede og bør unngås i stort omfang.



EMISJONER  
BREEAM NOR : HEA 9 (HEA 2)

Stål er et lavemitterende materiale. Eventuelle overflatebehandlinger må kontrolleres.



AVHENDING

Stålkonstruksjoner kan gjenbrukes, spesielt dersom de er boltede fremfor sveisede ved oppføring. Stål som ikke gjenbrukes vil normalt resirkuleres.



MILJØDOKUMENTASJON  
BREEAM NOR : MAT 1 / MAT 5

Det finnes en rekke norske og internasjonale EPD for stålkonstruksjoner, både generiske og produktspesifikke.



## **11.11.Referanseprosjekt fra Bygg og Bevar**



Tor Harald Frøyset, Norske Hjem  
Oppdatert 29.05.2017

Å flytte et gammelt hus kan høres ut som et håpløst prosjekt for de fleste, men har man først forelsket seg i et hus, som kanskje ellers er dødsdømt, er det utrolig hva man kan få til. Skal man ha det som egen bolig er min erfaring at man kan komme veldig godt ut av det økonomisk. Husk at verneverdige hus kun bør flyttes dersom det ikke er andre muligheter for bevaring. I mitt tilfelle var det ikke noe annet alternativ.

Jeg oppdaget bygningen da jeg tilfeldigvis var på nabogården for å se på noen gamle postkort. Den lå litt gjemt bak noen gamle asketrær.

Huset bar preg av høy alder og mye forfall, men dette var virkelig et hus med sjel. Ikke mange dagene etter avtale vi et møte med eierne og fikk nå se huset innvendig. Jeg oppdaget da straks at dette var en bygning med hel, langsgående svalgang i begge etasjer og derfor et meget interessant hus bygningshistorisk sett. Huset er antakelig fra siste del av 1760- årene og er et av få som er igjen av denne typen i Østfold.



### Norske Hjem

I magasinet Norske Hjem kan du lese om levende hjem med en historie, byggeskikk og arkitektur – alt fra husmannsplasser til herregårder.

Alt som gjør gamle hus så spennende!

Etter flere års erfaring med restaurering av egne hus savnet Kari-Marte og Tor Harald Frøyset et norsk interiørblad med fokus kun på eldre boliger.

Så da laget de et riktig godt et!



Sommeridyll foran svalgangshuset. Bildet er tatt på 1920-tallet. Til høyre for huset ses en gammel ask som er støttet opp. Til venstre skimtes taket av bryggerhuset. Det var bygd i 1801 og er nå revet.

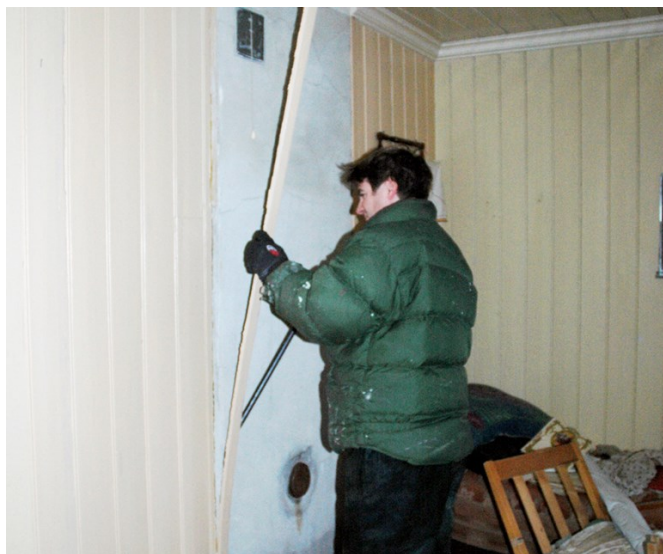
Før man begynner å demontere huset er det tre ting som må gjøres:

1. Huset må oppmåles grundig. (lurt å bruke fagmann her).
2. Alle deler av huset må merkes.
3. Huset må fotograferes inn- og utvendig, gjerne også med film og forklaring.

Etter man har bestemt seg for å gå inn for prosjektet er det lurt og inngå en skriftlig avtale med selger om eventuell pris, samt dato for når huset bør være fjernet. Neste skritt på veien er å finne en snekker som har litt sansen, som kan foreta de nødvendige oppmålinger og følge prosjektet når du har behov for det. Husk at det er utrolig mye du kan gjøre selv, og kanskje er det mulig å få dugnadshjelp også. Husk å søke kommunen om nødvendige tillatelser i godt tid. Ta gjerne en telefon dit så snart som mulig.

Når nødvendige oppmålinger er foretatt er det bare å sette i gang med merkingen. Alle deler i bygningen må nøye merkes. Et godt tips er at man bruker himmelretningene på de forskjellige veggene, man skriver da for eksempel N for nord og så videre. Videre er det lurt å gi rommene ulike tall eller navn som du bruker når du merker alle bygningsdelene.

Hvis man merker innvendige paneler kan de se for eksempel slik ut: *R 1 S 1 F.V.* Dette betyr da: *R 1 = Rom 1. S 1 = Sørvegg, bord nr 1. F.V. = fra venstre.*



Innvendig panel er merket og fjernes forsiktig. Foto: Norske Hjem

## Dokumentasjon

Når all merking er ferdig må alt dokumenteres grundig med fotografering innvendig og utvendig. Hvert eneste rom må nøye dokumenteres. Ta bilder av alle vegger, gulv og tak samt alle detaljer. Det kan aldri bli for mange bilder. Husk at gamle paneler (også gulv og tak) ofte er tilpasset bordet ved siden av, derfor kan



det bli håpløst dersom merkingen ikke er utført grundig. Dessuten bør det være et mål at alle bygningsdeler kommer tilbake på opprinnelig plass.



Det er lurt å bunte sammen mindre bygningsdeler som listverk og panel før transport. Foto: Norske Hjem

Start med å fjerne veggpaneler inne og utvendig. Et godt tips er å tilpasse arbeidsdagen etter været. Jobb ute når det er godt vær, inne når det er dårlig. Da blir alt mer lystbetont.

Innvendig panel er vanligvis grei å få av, bare man kommer bakenfor med brekkjern og vipper forsiktig ut ved hvert spikerslag. Hvis det er vanskelig å få av bør man prøve med tynne kiler av eik. Pass på at not og fjær ikke blir for mye skadet.



Tømmerveggene i 1. etg. merkes med små finerplater påskrevet med vannfast tusj. Foto: Norske Hjem

Min erfaring er at gamle hus der alle bygningsdeler er håndlaget er lettere å få fra hverandre enn nyere hus. Hus fra siste halvdel av 1800-tallet og eldre, hvor det er brukt solide materialer av god kvalitet tåler mer under nedtaking enn nyere hus. Ofte brukte man også færre spiker. Et godt tips er å ta vare på håndsmidde spiker og bruke disse om igjen der det er mest synlig.



Det var stubbloftsleire i bjelkelagene i bømmer og spann. Denne ble spadd ut for hånd og ikke benyttet omigjen. Foto: Norske Hjem

Etter at listverk og isolasjon rundt dører og vinduer er fjernet kan man se de få, men kraftige spikerne som vanligvis holder vinduer og dører på plass. Disse kan man sage over med en baufil eller ved hjelp av elektrisk «alligatorsag». Husk grundig merking og sammenbunting av alle deler til hver dør og hvert vindu.



Det er en stor fordel å kunne lagre materialer tørt og godt innendørs under oppføringsperioden. Foto: Norske Hjem

Utvendig panel kan sitte ganske godt fast, men når spikeren først slipper går det greit. Bruk en spikerfjerner der det sitter fast.





Her støttes takkonstruksjonen i første etasje opp. Det er lite bæring igjen i veggene siden blant annet vindusåpningene har blitt utvidet i sveitserstilperioden. Foto: Norske Hjem

Husk å fjerne den spisse tuppen på alle spiker. Du kan godt brette dem av fra undersiden ved hjelp av en hammer. Da slipper du utallige hull etter gamle spikerhoder. Kostvekk støv og skitt før materialene legges luftig til lagring. Alt av innvendige materialer bør helst lagres under tak. Utvendig panel, bjelker og tømmer kan lagres utvendig hvis det ligger luftig og med presenning.



Stolt huseier i arbeid. Her er alle panler og listverk fjernet, vinduer og dører tatt ut. Noen få bord igjen på frontveggen før jobben med taket kan begynne. Foto: Norske Hjem

## Endelig halvveis

Når det gjelder gamle piper og brannmurer er det viktig at alt er grundig oppmålt og tegnet før nedrivning. En gammel pipe er i mange tilfeller grei å få fra hverandre. Dersom pipa er murt med tegl må man bruke slegge og slå ned pipa og brannmurene så skånsomt som mulig. Bruk slegga med vett slik at du kan bruke de fleste mursteinene om igjen. Det lønner seg.



Teglsteinspipa tas ned, all egnet stein renses og brukes om igjen. Her ser vi Jon Erling Mustorp i sving med hammeren en dugnadsdag. Foto: Norske Hjem

Når alt av panel, takpanel, dører, vinduer, ovner og pipe er tatt ned fjernes gulvene til slutt. Legg eventuelt et midlertidig gulv for å beskytte det gamle gulvet du skal bruke om igjen. Det er viktig å ha noe å gå på når tømmerkjerna skal tas ned. Hvis det er gammel takstein/ skifer eller annet som kan brukes om igjen tas denne forsiktig ned for senere bruk.



Mursteinen bæres ut og stables opp før den fraktes hjem til gården. Foto: Norske Hjem

Når huset er helt «ribbet» er det bare å forberede seg på å ta ned selve tømmerkjerna. Da kan det være greit å se an værmeldingen før man setter i gang. I mitt tilfelle var det ikke mulig å komme frem med en kranbil, så her måtte tømmerkjernen tas ned for hånd. Stokkene var enkle å vippe opp, for deretter å fire de forsiktig ned (bruk gjerne tau med karabinkrok så blir jobben enklere) langs skråstilte stokker.





Takåsene støttes opp og vippest ut av sporet. Til denne jobben er det behov for sterke folk. Mye nedbør hele denne sommeren gjorde hverken stokkene eller jobben lettere. Foto: Norske Hjem

Her er det lurt å være flere personer slik at ingen får problemer med ryggen, og også så for å bære de inn på egnet kjøretøy. Mesteparten av paneler, gulvbord, vinduer, dører og stokker under fire meter ble i hovedsak fraktet på vanlig bilhenger, lengre stokker ble i dette tilfelle fraktet med stor lastebil.



Uunværlig dugnadshelp. De lange stokkene lagres for videre frakt på lastebil. Vær forsiktig slik at skade på laftehodene (og folk) unngås. Takk til alle som var med på dugnad under dette prosjektet. Foto: Norske Hjem

Å ta ned bygningen på denne måten gikk stort sett veldig greit. Husk å ha med en kvalifisert tømrer slik at du ikke for tidlig fjerner bærende elementer, men gjør ting i riktig rekkefølge..

Lykke til med ditt prosjekt!



Snipp, snapp, snute... Huset er borte men eventyret fortsetter i neste artikkel. Foto: Norske Hjem

*Dette er del 1 av historien om hvordan å flytte et gammelt hus.  
Artikkelen sto på trykk i Norske Hjem (dengang Gamle hus &  
hager) nr 4 2010*



Tor Harald Frøyset, Norske Hjem  
Oppdatert 29.05.2017

Da jobben med å ta ned og flytte tømmerkjernen var utført og alle bygningsdeler fraktet til den nye plassen, var det bare å sette i gang med gjenoppføringen. Når det gjelder arbeidet med å flytte hus består store deler av jobben i å planlegge, administrere og organisere arbeidene.

Jeg hadde selv jobbet parallelt med å sette opp den nye grunnmuren til svalgangshuset mens jeg tok ned tømmerkjernen.



I første del av denne artikkelserien kan du lese om demonteringen av svalgangshuset fra 1760-årene. Foto: Norske Hjem

Der den gamle svalgangsbygningen nå skulle gjenoppføres lå det tidligere et mindre bryggerhus med kjeller. Bryggerhuset ble revet og kjelleren fylt igjen med jord og stein på 80-tallet. Nå gravde jeg forsiktig denne frem igjen. Først ble det brukt gravemaskin til grovarbeidet og deretter ble resten gravd ut for hånd.



### Norske Hjem

I magasinet Norske Hjem kan du lese om levende hjem med en historie, byggeskikk og arkitektur – alt fra husmannsplasser til herregårder.

Alt som gjør gamle hus så spennende!

Etter flere års erfaring med restaurering av egne hus savnet Kari-Marte og Tor Harald Frøyset et norsk interiørblad med fokus kun på eldre boliger.

Så da laget de et riktig godt et!

Les mer om Norske Hjem  
(<http://www.magasinet->





Den gamle kjelleren er antageligvis fra 1912. De gamle teglsteinene og sementsteinen ble brukt om igjen så langt det lot seg gjøre. Foto: Norske Hjem

Det var som en liten arkeologisk utgravning. Jeg fant mange gamle flasker og helt nederst åpenbarte fundamentet til den gamle bakerovnen seg. Den gamle bakerovnsluka fant jeg også under all fyllmassen. Fundamentet var i god stand og har fått stå i fred på sin opprinnelige plass. Her kan det nå bygges opp igjen en bakerovn ved en senere anledning.



Den gamle kjelleren graves ut. Her ses restene etter den gamle bakerovnen. Foto: Norske Hjem

## Grunnmur

Siden kjelleren fra det bryggerhuset som lå på tomten tidligere var mye mindre enn grunnflaten på svalgangshuset, plasserte jeg den nye grunnmuren rundt det gamle kjellerfundamentet.



Store grunnmursstein legges på plass med gravemaskin. Foto: Norske Hjem

Jeg fikk tak i naturstein fra en gammel grunnmur tilhørende et rivningshus i distriktet. Før grunnmurssteinene ble plassert, la jeg veiduk, isoleringsplater og rundt 80 cm komprimert pukk på bakken (se bilder). Steinene ble nøye valgt ut til å passe inntil den neste.



Kjelleren er ferdig og alle grunnmurssteinene er på plass. De første bunnsvillene er i ferd med å tilpasses den nye grunnmuren. Vær oppmerksom på at gamle grunnmurer ikke nødvendigvis er i vater og at du må ta hensyn til dette under gjenoppføringen. Vær nøye med oppmålingen! Foto: Norske Hjem

Resultatet ble overraskende bra. En stor fordel ved å bruke naturstein er at den ikke trekker til seg fuktighet fra bakken, som igjen kan føre til råte og sopp. Når grunnmuren så var på plass var det bare å starte på bunnsvillene.





Tor Harald høvler til de nye bunnsvillene. Takk til Tor Harald (bak) som bidro med god veiledning og kunnskap underveis når de nye bunnsvillene skulle lages til. Foto: Norske Hjem

De originale bunnsvillene var dessverre for dårlige til å kunne brukes om igjen, men ble brukt som maler får de nye. Heldigvis fikk jeg tak i ferdig tørkede stokker av god kvalitet på hele åtte meters lengde. Jeg fikk veiledning av en kar med lang erfaring innen lafting av hus. Skal man bytte ut stokker er det helt nødvendig å skaffe seg hjelp til dette, både på grunn av tyngden, samt at man får utført jobben med samme håndverksmessige kvalitet som originalen.



Her er vi godt i gang med å lafte opp de gamle stokkene. Det bores opp hull til treplugger/ dumlinger som hjelper til å holde tømmerveggene stabile. Foto: Norske Hjem

Det å få på plass det første omfaret (runde med bunnsviller) var klart det mest krevende, siden de gamle stokkene skulle passe inn oppå de nye. Det var en selvfølge å bruke øks til laftearbeidet. Motorsag og elektrisk høvel ble brukt til grovarbeidet der det var mest hensiktsmessig. Å jobbe med en god og skarp øks er virkelig et givende arbeid. Det ga en god følelse å kunne benytte seg av øksa og gammel håndverksteknikk.





Her prøver jeg meg med øksa. Foto: Norske Hjem

## Utskifting og oppføring

Etter de nye bunnsvillene var på plass var det klart for å legge andre omfar med gamle stokker. Nå var det på tide å få på plass isolering i meddraget mellom tømmerstokkene og i lafteknutene. Jeg var aldri i tvil om at det skulle gjøres på den gamle måten ved bruk av mose. Det var bare å finne frem støvlene, sekker og komme seg ut i skogen for å plukke. Å hente mose til isolasjon ute i skogen var en fin opplevelse og det gjorde godt å tenke på det miljøvennlige aspektet. Mose har blitt brukt som isolasjonsmateriale i århundrer og har den egenskapen at den suger til seg fukt. Enkelte arter kan binde vann uten av fuktighetsnivået blir for høyt for materialet som ligger inntil mosen.



Til isolasjon av tømmerbygninger er det tradisjonelt benyttet mose, som legges mellom tømmerstokkene. I bjelkelagene, eller stubbloftet, ligger det leire. Foto: Kari-Marte Frøyset, Norske Hjem

Etter at omfaret var ferdig tilpasset var det bare å velte bort stokkene igjen og deretter legge mose imellom før stokkene ble veltet tilbake. Slik jobbet vi oss oppover runde for runde.

## Tømmer av god kvalitet

Bunnsvillene ble behandlet med både antiparasitt og tjære for sikkerhets skyld. En del eldre stokker hadde skader fra mark og utøy samt noe råte. Dette ble hogd vekk med øks og behandlet på samme måte som bunnsvillene.

I noen tilfeller måtte hele stokken skiftes ut, heldigvis var tømmeret av god kvalitet og de fleste steder hvor det var råteskader måtte bare deler av stokken byttes. Til å være et ca. 250 år gammel hus er det utrolig hvor bra tømmeret har klart seg. Dersom huset blir tatt godt vare på framover er det nok ingen umulighet at huset kan stå i nye 250 år. Som eier av et gammelt hus har man en utrolig fordel i at kvaliteten på materialene som ble brukt i riktig gamle dager er av vesentlig høyere kvalitet enn dagens hurtigvokste tømmer.



malmtømmer hvor malmen (det rødlige trevirket i sentrum) fyller en stor del av tverrsnittet på materialet. Malmen inneholder en høy ande harpiksstoffer og bidrar til at trevirket er naturlig gjennomimpregnert. I tillegg til de tette årringene, er dette optimalt i forhold til kvaliteten på tømmeret. På dette bildet vises ulike materialer fra svalgangsbygningen. Tverrsnittet viser den eksepsjonelt gode kvaliteten på materialene som ble valgt ut til dette huset. Foto: Norske Hjem

De lengste og tyngste stokkene ble lagt på med traktor, når vi etter hvert kom opp i høyden gikk vi over til å benytte kranbil.



10 meter lang stokk løftes på plass med traktor, så langt det lar seg gjøre. Foto: Norske Hjem

Alle stokker som veide under 100 kg ble løftet opp for hånd. Det fungerte også bra å trekke stokkene opp med tau langs stigen.



Kraftkaren Kåre Brynjulvsrud skyver her opp en av stokkene til andre etasje, mens jeg, Tor harald Frøyset, drar den opp etter tauet. Ved å legge en planke på stigen på denne måten, klarte vi fint å få opp tunge stokker. Foto: Norske Hjem

I dette huset var det ikke brukt dumlinger (treplugger) til å holde sammen tømmerstokkene fra før, men var nå høyst nødvendig for at konstruksjonen skulle holde seg stabil.





Første etasje er gjenreist. legg merke til sporene etter en gammel skapseng i hjørnet. Foto: Norske Hjem

Tømmerkonstruksjonen fra 1700-tallet var blitt svekket da det ble skåret hull til blant annet pipe, større sveitserstilvinduer og to dører tidlig på 1900-tallet. Etter å ha lagt mose og fått stokken oppå boret jeg hull med drillen (21mm) først gjennom den øverste stokken, så ca. 10 cm ned i stokken under, før jeg slo ned rundstokk til den stoppet. Deretter saget jeg bort den overflødige rundstokken.



Bunnsvillene og noe av det mest utsatte tømmeret ble behandlet med tjære. Foto: Norske Hjem

Bortsett fra bunnsvillene og tre stokker som måtte byttes i andre etasje, gikk det relativt raskt å få opp tømmerkjerna.



Tømmerkjernen er nesten oppe oktober 2007. Foto: Norske Hjem

## Taket for tur

Etter at tømmerkjernen var laftet opp på nytt og takåsene var heiset på plass, var det selve taket som sto for tur. Mange av de gamle brede takbordene var dessverre i dårlig stand etter diverse vannlekkasjer, men rundt en fjerdedel kunne brukes om igjen. De gamle takbordene ble lagt underst på den siden der svalgangen er, hvor de er synlige. Resten av takbordene ble erstattet med nye. Disse bordene ble spesialbestilt og var mellom 30 og 50 cm brede, 4 cm tykke og nesten 6 m lange. Til denne jobben brukte jeg snekkerhjelp for å få taket på plass så fort som mulig. Det ble brukt en del tjære på oversiden av takbordene.



gammel teglstein legges på taket, en lang lekte brukes som siktemål slik at radene blir rette og fine. Foto: Norske Hjem

Oppe på takbordene la jeg sutakplater, deretter sløyfer og lekter. Gammel teglstein i god kvalitet fikk jeg fra en låve i nærheten da de skulle skifte ut taksteinen der. Gamle tak er sjelden hel snorrette og det kan være litt avvik fra takets bredde øverst og nederst. Det er lurt å ta grundige mål slik at du unngår å havne skjevt ut. Bruk en snor eller lang lekt til å sikte med. Husk at ikke

alle gamle teglsteiner passer sammen når du skal legge dem. Det blir litt prøving og feiling, men du verden så vakkert det blir til slutt. Gammel teglstein kan dessuten vare i flere århundrer.



Svalgangshuset får nye sinktakrenner. Nedløpsrørene som monteres er gamle, gjenbrukte fra et rivningsklart hus i distriktet. Foto: Norske Hjem

## Panel og vinduer

Så var turen kommet til påføring av panel. Panelet var fra ca. 1850 og var egentlig dårlig bare på en vegg. Selv er gikk det an å bruke en del om igjen, på sør og nord veggen var bortimot alt panel like bra som nytt og ble satt tilbake på opprinnelig plass. Gamle spikerhull og sprekker ble tettet med linoljekitt mellom første og andre strøk med maling. Panelet besto av mye tettvokst malmfuru og holder sikkert i nye 150 år, jeg ville aldri ha byttet det ut med nytt. Litt jobb med messingbørste og skrape var det jo, men gleden ved å se veggen da den var ferdig malt med linoljemaling ble desto større.



På nordsiden er bortimot alle bord satt tilbake på opprinnelig sted, det er lett å se hvilke som er skiftet ut. Foto: Norske Hjem



Til første etasje fikk jeg tak i et par 200 år gamle vinduer som passet inn. De to eldste vinduene som fulgte huset ble naturligvis brukt om igjen. I andre etasje ble det laget til nye koblede vinduer av tettvokst furu med en profil lik originalen. Denne ble kopiert etter en gammel vindussprosse som ble funnet på loftet. Gammelt håndblåst glass er satt inn i den ytre, smårutete ramma. I den innerste ramma ble det satt inn ettlags isolerglass.



Etter første malingsstrøk tettes alle gamle spikerhuss og sprekker med linoljekitt før det neste strøket linoljemaling påføres. Panelbordene ble senket litt i forhold til det opprinnelige. Dårlig trevirke i bunnen kappes bort. Dette var dårlig da det hadde vært i kontakt med bakken gjennom flere år. Foto: Norske Hjem

Sommeren 2010 anla jeg blomsterbed på begge sider av trappa. Gamle sorter som humle, hagestokkroser, valmuer og linblomster kommer helt til sin rett der. Selv om huset ikke er helt ferdig har det virkelig blitt en perle på tunet. Huset er tenkt til utleieenheter i andre etasje mens 1. etasje er tenkt benyttet og innredet som et slags museum.



Ofte er gamle hus i bedre stand enn det de kan se ut til ved første øyekast. det er takket være forrige generasjoners bevisste valg av kvalitetsmaterialer og godt håndverk. Foto: Norske Hjem



## Våge å satse

Det er mange, flotte gamle hus som står til forfall her i landet, og som ikke kan reddes uten at de tas ned og flyttes til en ny tomt. Dette er en måte å skaffe seg et hus med sjel og særpreg på, til en relativt billig penge. Har du muligheten til å være med underveis reduseres kostnadene. Det du ikke kunne i starten lærer du deg etterhvert, så våg å satse litt. Sørg for å alliere deg med en dyktig byggmester eller tømrer som har sansen for å jobbe med gamle hus og som forstår dine synspunkt. Da går arbeidet mye lettere.



Sommeren 2010 så svalgangshuset slik ut. Jeg er nesten ferdig , endel gjenstår inne. De aller fleste ville nok ikke trodd at dette faktisk er samme hus som det jeg gikk løs på for tre år siden. Foto: Norske Hjem

Husk å undersøke mulighetene for å søke om midler til et slik prosjekt både fra kommune, fylkeskommune og gjennom Kulturminnefondet.

Jeg har fått støtte fra alle disse tre instansene, og er meget takknemlig for det.

Det har vært en spennende og lærerik erfaring å flytte en så stor bygning. Jeg har lært mye om lokal byggeskikk og fått stor respekt for det gode håndverket som en gang i tiden ble lagt ned i dette huset.



Høst 2006. Foto: Norske Hjem



Sommer 2007. Foto: Norske Hjem



Sommer 2010. Foto: Norske Hjem

Jeg håper dere har hatt glede og nytte av å lese artiklene om min erfaring med å flytte et hus. Jeg håper også det kan inspirere flere av dere til å ta fatt på tilsvarende prosjekt i framtiden.

*Lykke til med egne prosjekter!*

### Hva kjennetegner gode materialer?

- Et kvalitetstegn er at årringene er så tette som mulig. Det beste trevirket er kjerneved av tettvokst furu med høyt innhold av harpiks, også kalt malmfuru.
- Et tre får tette årringer dersom det vokser på litt karrige steder og i fjellet. Da kan det ta flere hundre år før treet er hogstmodent.
- I gamle hus er det ofte brukt ekstra gode materialer på utsatte steder som bunnsviller, panel og i vinduene. Det er derfor viktig å være bevisst på materialvalget.
- Vår tid er også preget av klimaendringer og mer nedbør. Derfor er det ingen tvil om hva man bør bruke for at et hus skal vare i generasjoner.
- Det finnes i dag firmaer som spesialiserer seg på levering av malmfuru til private. Det koster litt mer, men trevirket varer

betydelig lenger.

*Dette er del 2 av historien om hvordan å flytte et gammelt hus.*

*Artikkelen sto på trykk i Norske Hjem (dengang Gamle hus & hager) nr 5 2010*



Til venstre ser du en ny lekt, hvor det er lett å telle årringene.

Den gamle til høyre er mye tettere i veksten, tyngre og inneholder mer malme. man kan spesialbestille kvalitetsmaterialer også i dag. Foto: Norske Hjem