

## **Våtrom Smartere, billigere og mer miljøvennlige**

Wetroom  
Smarter, cheaper and more environmentally friendly

### **Trondheim Mai 2022**

Student:  
Stig Morten Lyse

Intern veileder:  
Bjørn Petter Jelle

Ekstern veileder:  
Joakim Dørum

Prosjektnr:  
2022 - 40

Rapporten er ÅPEN



Fakultet for ingeniørvitenskap  
Institutt for bygg- og miljøteknikk

Rapporten er ÅPEN

Problemdefinering/prosjektbeskrivelse og resultatmål fra forprosjektet.

## **Problemdefinering, prosjektbeskrivelse og resultatmål**

Problemdefineringen er at våtrom i dag er arbeidskrevende og dyre. Det tar mye tid og ressurser å lage et våtrom. Etter samtale med ekstern veileder Joakim Dørum ble det informert noe om alternativer som kanskje kunne være aktuelle som bruk av massivtre til prefabrikkerte våtromsløsninger. Det kunne også lages hulrom i gulvet bestående av bjelkelag med støp til gulv oppå. En annen problemstilling er skjøter i vegg. Skjøter er kostbart, og kan unngås med å bestille platelengdene i hele lengder på gitte mål for å redusere skjøtene som igjen reduserer både tid og kostnad. Våtrom som grenser til yttervegg skulle ikke være med i denne oppgaven fordi dette ble for avansert, i tillegg til at våtrom i dag ble prosjektert vekk fra yttervegg, for blant annet å få mest mulig dagslys gjennom vindu til andre rom som fører til redusert energibehov. Kvalitativ vurdering av massivtre, fresing til rørføringer eller liknende eventuelt lekte ut veggen er viktige temaer for denne oppgaven.

### **Stikkord fra prosjektet:**

- Alternative byggemetoder.
- Beskyttet rørføring.
- Byggemetoder.
- Bærekraft.
- Bærekraftige fabrikk-løsninger.
- Detaljtegninger A3.
- Ferdig modul heises inn i bygg.
- Festemetode.
- Fore ut med 48 mm x 48 mm lekter.
- Forslag til teknisk håndbok.
- Fresing for tekniske installasjoner.
- Konsekvens av "boksen" i massivtre.
- Konstruksjonselementer av massivtre.
- Kvalitativ vurdering.
- Løftemetode.
- Massivtre og brann.
- Massivtre og fukt.
- Massivtre og lyd.
- Smarte løsninger.
- Tekniske installasjoner.
- Transportmetode.
- Våtrom som ikke grenser til yttervegg.

# Forord

Denne oppgaven markerer avslutningen på min bachelorgrad ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU), og utgjør 20 studiepoeng for studieprogrammet Bygg og miljø med studieretningen husbyggingsteknikk.

Joakim Dørum, daglig leder/sivilingeniør og grunnlegger av firmaet Green Advisers presenterte prosjektet med bygging av prefabrikkerte våtrom. Etter avtale med ekstern veileder Joakim Dørum og intern veileder Bjørn Petter Jelle, ble det avklart at oppgaven skulle omhandle byggemetode for prefabrikkerte bad med massivtre som konstruksjonselementer. Det skulle bygges en modul av fire vegger, ett tak og ett gulv i massivtre. Informasjon om to byggemetoder ble gitt. Den ene var en metode som handler om å frese utsparinger for tekniske installasjoner i massivtre-elementene. Den andre metoden var å fore ut veggene med lekter store nok til å håndtere skjult montering for tekniske installasjoner, som i denne oppgaven ble valgt til lekter av 48 mm x 48 mm.

Det har vært viktig å lære av de etablerte bedriftene som bygger prefabrikkerte bad av andre materialer i dag, og finne teori om massivtre for å bygge prefabrikkerte bad. Tegneprogrammet Archicad ble brukt for å lage forslag til detaljtegninger av baderomsmodulene bygget av massivtre. Etter tegningene ble godkjent av ekstern veileder, forespurte han meg om å lage et forslag til teknisk håndbok for prefabrikkerte våtrom av massivtre. Dette syntes også intern veileder var et godt forslag.

En av utfordringene i oppgaven var at det fantes lite fagstoff som omhandlet bruken av massivtre til våtrom. Dette resulterte i at flere aktører fra byggebransjen ble kontaktet som ga god hjelp og veiledning.

Jeg ønsker med dette å takke Anders Carlsson v/ Brødrene Dahl AS, Andreas Stenstad v/ Norsk Treteknisk Institutt og Peter Engström-Øren v/ SFS intec Norge. Videre ønsker jeg å gi en stor takk til intern veileder Bjørn Petter Jelle og ekstern veileder Joakim Dørum v/ Green Advisers AS for utdeling av oppgaven. De begge har gitt en formidabel innsats med hjelp, råd og veiledning i oppgaven, samt hatt rask responstid og alltid kunnet deltatt på møter. Jeg vil også rette en stor takk

til medstudenter for et godt tverrfaglig samarbeid med gode ideutvekslinger gjennom hele studieperioden 2019 – 2022.

Trondheim

20.05.2022

*Stig Morten Lyse*

Stig Morten Lyse

## Sammendrag

Med økt fokus på bærekraft og miljø er det nødvendig å undersøke om det finnes muligheter for å bygge smartere, billigere og mer miljøvennlig. Oppgavens hovedfokus er prefabrikkerte bad, og alternativer til muligheter for å bygge badene prefabrikkert av massivtreelementer.

For å få informasjon om forskjellige muligheter og løsninger for prefabrikkerte bad som bygges i Norge i dag, ble det gjennomgått fire tekniske godkjenninger av våtromsmoduler fra SINTEF Certification som er tatt med i oppgaven.

Det ble funnet informasjon, tekniske egenskaper, og miljøpåvirkninger til massivtre. Med god veiledning fra bedriften Green Advisers AS ble det tegnet flere forslag til detaljer for byggemetode av badene i dataprogrammet Archicad. Det ble også laget et forslag til teknisk håndbok for prefabrikkerte våtrom av massivtre etter ønske fra bedriften.

Opgaven er ment som en veiledning for alternativer til byggemetoder av prefabrikkerte våtrom av massivtre, med høyt fokus på det byggetekniske. Generelt har bad og andre typer våtrom samme byggemetode og krav, mens utstyr og inventar kan variere.

## **Abstract**

An increasing focus on sustainable development has created an urgent demand for smarter, cheaper, and more environmentally friendly solutions in the construction industry. This paper provides different alternatives for prefabricated bathrooms built with solid wood elements.

Four technical approvals from SINTEF Certification have been studied to get an overview of prefabricated bathrooms that are present in the Norwegian market today. Data on technical properties and environmental impacts of solid wood elements are provided.

Green Advisers AS has contributed with guidance during the detail drawing process. Multiple proposals for construction methods have been created in ArchiCAD. A proposal for a technical handbook for prefabricated wet rooms with solid wood elements has also been extracted from the work in this paper, at the request of the company.

The intention of writing this paper is to provide guidance for alternative construction methods for prefabricated wet rooms with solid wood elements, focusing on the technical aspects. Generally, bathrooms and other wet rooms is subject to the same requirements and construction method. However, the inventory and equipment vary.

# Terminologi

## Begreper

|           |   |
|-----------|---|
| Archicad  | Verktøy for bygningsinformasjonsmodellering                                 |
| BIM       | Bygningsinformasjonsmodellering   |
| BRA       | Bruksareal  |
| Clinch    | Presseskjøting  |
| CO2       | Karbondioksid   |
| C24       | Fasthetsklasse trevirke   |
| EN        | Europeisk standard  |
| EPD       | Environmental product declaration, miljødeklarasjon                         |
| ETAG 022  | Standardisert prøve- og funksjonsmetode for våtrom                          |
| E1        | Emisjonsklasse  |
| FN        | Forente nasjoner  |
| INSTA SBC | Spesielle bestemmelser for sertifisering                                    |
| K-virke   | Konstruksjonsvirke  |
| LCA       | Life cycle assessment, livsløpsanalyse                                      |
| Litex     | Type våtromsplate   |
| L'n,w     | Trinnlyd  |
| NKB 4     | Nordisk komite for bygningsbestemmelser                                     |
| NS        | Norsk standard  |
| NT VVS    | Nordtestmetoden   |
| REI       | R: Bæreevne, E: Integritet, I: Isolasjonsevne                               |
| R'w       | Luftlyd   |
| SINTEF    | Selskapet for industriell og teknisk forskning ved Norges tekniske høgskole |
| TEK       | Byggteknisk forskrift   |
| TEK17     | Byggteknisk forskrift fra 2017  |
| Vekt%     | Vektandelen av det løste stoffet per 100 vektandeler av hele løsningen      |
| VVS       | Varme-, ventilasjons, sanitærteknikk  |
| WT-T      | Skruetype   |
| ZEB       | Zero emission buildings, nullutslippsbygg                                   |
| 3D        | Tredimensjonal  |

## Symboler og notasjon

|                           |  |
|---------------------------|--|
| B30                       | Betongkvalitet 30  |
| dB                        | Desibel  |
| C35                       | Betongkvalitet 35  |
| C45                       | Betongkvalitet 45  |
| d0                        | Ingen brennende dråper eller partikler oppstår under brann |
| $\kappa_c \cdot N_{pl,k}$ | Knekkapasitet  |
| Klasse A1                 | Ubrennbart materiale                                       |
| Klasse A2                 | Svært begrenset brennbart materiale                        |
| Klasse B                  | Brennbare materialer 20 minutt kriteriebrudd               |
| kN                        | Kilonewton   |
| mm                        | Millimeter   |
| mm/min                    | Millimeter per minutt                                      |
| m/s                       | Meter per sekund   |
| m <sup>2</sup>            | Kvadratmeter   |
| Sd                        | Vanndampdiffusjonsmotstand                                 |
| s1                        | Liten røykproduksjon ved brann                             |
| Ø 110 mm                  | Diameter rørdimensjon 110 mm                               |



# Innholdsfortegnelse

|  |            |
|--|------------|
| <b>Problemdefinering, prosjektbeskrivelse og resultatmål .....</b> | <b>I</b>   |
| <b>Forord.....</b>   | <b>II</b>  |
| <b>Sammendrag.....</b>   | <b>IV</b>  |
| <b>Abstract.....</b>   | <b>V</b>   |
| <b>Terminologi.....</b>  | <b>VI</b>  |
| <b>Figurer.....</b>  | <b>X</b>   |
| <b>Tabeller .....</b>  | <b>XII</b> |
| <b>1 Innledning .....</b>  | <b>1</b>   |
| <b>1.1 Bakgrunn .....</b>  | <b>1</b>   |
| <b>1.2 Problemstilling.....</b>                                    | <b>2</b>   |
| <b>1.3 Avgrensninger.....</b>                                      | <b>2</b>   |
| <b>1.4 Struktur på rapport / rapportens oppbygging .....</b>       | <b>3</b>   |
| <b>2 Teori .....</b>   | <b>5</b>   |
| <b>2.1 Prefabrikkerte bad .....</b>                                | <b>5</b>   |
| 2.1.1 BD prefabrikkert baderomsmodul. ....                         | 6          |
| 2.1.2 Viken Baderomsmodul .....                                    | 8          |
| 2.1.3 Probad prefabrikkerte baderomsmoduler.....                   | 11         |
| 2.1.4 Badekabine Green Box One.....                                | 13         |
| <b>2.2 Produktspesifikasjoner .....</b>                            | <b>15</b>  |
| 2.2.1 Tekniske produktspesifikasjoner .....                        | 15         |
| 2.2.2 Miljømessige produktspesifikasjoner .....                    | 21         |
| <b>2.3 Massivtre .....</b>   | <b>22</b>  |
| 2.3.1 Om massivtre .....   | 22         |
| 2.3.2 Dimensjonsstabilitet og bruksområder .....                   | 24         |
| 2.3.3 Massivtre og fukt .....                                      | 25         |
| 2.3.4 Massivtre og lyd.....  | 28         |
| 2.3.5 Massivtre og brann.....                                      | 32         |
| 2.3.6 Miljø.....   | 33         |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>3 Metode.....</b>   | <b>34</b> |
| 3.1 Fremgangsmåte .....  | 34        |
| 3.2 Program.....   | 35        |
| <b>4 Forslag til teknisk håndbok for prefabrikkerte våtrom av massivtre.....</b> | <b>38</b> |
| 4.1 Byggemetode av våtromsmodul uten foring .....                                | 40        |
| 4.2 Byggemetode av våtromsmodul med foring .....                                 | 44        |
| 4.3 Tekniske installasjoner av våtromsmodul .....                                | 47        |
| 4.4 Festemetode av våtromsmodul.....   | 50        |
| 4.5 Løftemetode .....  | 52        |
| 4.6 Transportsikring .....   | 56        |
| 4.7 Bygge smart og bærekraftig .....   | 57        |
| <b>5 Diskusjon.....</b>  | <b>61</b> |
| 5.1 Våtromsmodul av massivtre uten foring.....                                   | 61        |
| 5.2 Våtromsmodul av massivtre med foring.....                                    | 63        |
| 5.3 Våtromsmodulvalg.....  | 64        |
| <b>6 Videre arbeid .....</b>   | <b>67</b> |
| 6.1 Alternative byggemetoder .....   | 67        |
| 6.2 Videre beregninger.....  | 69        |
| <b>Konklusjon.....</b>   | <b>70</b> |
| <b>Referanser .....</b>  | <b>71</b> |
| <b>Vedlegg .....</b>   | <b>77</b> |
| Vedlegg A – Løftemetoder tyngre våtromsmoduler .....                             | 78        |
| Vedlegg B – Bilder Brødrene Dahl .....   | 80        |
| Vedlegg C – Fagartikkel .....  | 84        |
| Vedlegg D – Timeliste .....  | 86        |
| Vedlegg E – Poster.....  | 87        |
| Vedlegg F – Detaljtegninger .....  | 88        |

# Figurer

|  |    |
|--|----|
| Figur 2.1. Prefabrikkert bad [1].....  | 5  |
| Figur 2.2. Brødrene Dahl baderomsmodul [3].....  | 6  |
| Figur 2.3. Vertikalsnitt Brødrene Dahl [3].....  | 7  |
| Figur 2.4. Horisontalsnitt Brødrene Dahl [3].....  | 7  |
| Figur 2.5. Viken baderomsmodul [5].....  | 8  |
| Figur 2.6. Vertikalsnitt Viken baderomsmodul [5].....  | 9  |
| Figur 2.7. Horisontalsnitt Viken baderomsmodul [5].....  | 10 |
| Figur 2.8. Probad baderomsmodul [6].....   | 11 |
| Figur 2.9. Vertikalsnitt Probad [6].....   | 12 |
| Figur 2.10. Green Box One baderomsmodul [7].....   | 13 |
| Figur 2.11. Vertikalsnitt Green Box One [7].....   | 14 |
| Figur 2.12. Horisontalsnitt Green Box One [7].....   | 14 |
| Figur 2.13. Krav til fallforhold, overflater og underlag [9].....                                      | 15 |
| Figur 2.14. Krysslagte elementer sammenføyd med lim [16].....  | 23 |
| Figur 2.15. Krysslagte elementer sammenføyd med tredybler [16].....                                    | 23 |
| Figur 2.16. Likevektsfuktighetskurve [21].....   | 25 |
| Figur 2.17. Temperatur og nedbør [23].....   | 27 |
| Figur 2.18. Fuktinnhold vekt% [23].....  | 27 |
| Figur 2.19. Lyddempende list [16].....   | 30 |
| Figur 2.20. Lyddempende fuge [31].....   | 30 |
| Figur 2.21. Baderomsmodul Brødrene Dahl [2].....   | 31 |
| Figur 2.22. Treets livssyklus [16].....  | 33 |
| Figur 3.1. Prefabrikkert våtromsmodul i 3D (laget av Stig Morten Lyse).....                            | 36 |
| Figur 3.2. Plantegning prefabrikkert våtromsmodul (tegnet av Stig Morten Lyse).....                    | 37 |
| Figur 4.1. Vertikalsnitt gulv/vegg og vegg/tak (tegning av Stig Morten Lyse).....                      | 41 |
| Figur 4.2. Vertikalsnitt sluk og veggboks (tegning av Stig Morten Lyse).....                           | 43 |
| Figur 4.3. Vertikalsnitt gulv/vegg og vegg/tak med utforing (tegning av Stig Morten Lyse).....         | 45 |
| Figur 4.4. Vertikalsnitt sluk og veggboks med utforing (tegning av Stig Morten Lyse).....              | 46 |
| Figur 4.5. Vertikalsnitt toaletttramme med utforing profil fra side (tegning av Stig Morten Lyse)..... | 48 |

|  |    |
|--|----|
| Figur 4.6. Vertikalsnitt toaletteramme med utforing profil forfra (tegning av Stig Morten Lyse)..... | 49 |
| Figur 4.7. Vertikalsnitt forankring av massivtreelement (tegning av Stig Morten Lyse).....           | 51 |
| Figur 4.8. Eksempel skruing av vinkelfeste på massivtreelement [42].....                             | 51 |
| Figur 4.9. Würth transportanker og treskrue Assy kobmbi [43].....                                    | 54 |
| Figur 4.10. Würth Harpesjakkell med mutterbolt [45].....   | 54 |
| Figur 4.11. Würth løftestropper rundsling [46].....  | 55 |
| Figur 4.12. System for transportanker [47].....  | 55 |
| Figur 4.13. Clas Ohlson spennrem [50].....   | 56 |
| Figur 4.14. Bærekraftsmål nummer seks, rent vann og gode sanitærforhold [53].....                    | 57 |
| Figur 4.15. Bærekraftsmål nummer ni, industri, innovasjon og infrastruktur [54].....                 | 58 |
| Figur 4.16. Bærekraftsmål nummer tolv, ansvarlig forbruk og produksjon [56].....                     | 59 |
| Figur 4.17. Bærekraftsmål nummer tre, god helse og livskvalitet [58].....                            | 60 |
| Figur 5.1. Horisontalsnitt vegg med utforing (tegning av Stig Morten Lyse).....                      | 65 |
| Figur 6.1. Vertikalsnitt betongdekke med løfteanker (tegning av Stig Morten Lyse).....               | 67 |

## Figurer vedlegg

|   |    |
|---|----|
| Figur A1. Løfting av våtromsmodul Brødrene Dahl [2].....      | 78 |
| Figur A2. Certex aluminium løfteåk [62].....                  | 78 |
| Figur A3. CarlStahl konteinerkrok i konteinerfester [63]..... | 79 |
| Figur A4. JENKA løftekrok [64].....                           | 79 |
| Figur A5. JENKA korte hylser [65].....                        | 79 |
| Figur B1. Fabrikk Brødrene Dahl [2].....                      | 80 |
| Figur B2. Transport Brødrene Dahl [2].....                    | 80 |
| Figur B3. Fabrikkmontering Brødrene Dahl [2].....             | 81 |
| Figur B4. Fabrikkmontering Brødrene Dahl [2].....             | 81 |
| Figur B5. Prefabrikkert bad Brødrene Dahl [2].....            | 82 |
| Figur B6. Prefabrikkert bad Brødrene Dahl [2].....            | 83 |

## Tabeller

|   |    |
|---|----|
| Tabell 2.1. Spesifikasjoner tak, vegg og gulv [8].....  | 16 |
| Tabell 2.2. Spesifikasjoner flis, vann- og sanitærutstyr [8].....                               | 18 |
| Tabell 2.3. Spesifikasjoner [8].....  | 19 |
| Tabell 2.4. SINTEF våtromslaboratoriet [13].....  | 20 |
| Tabell 2.5. Miljømessige produktspesifikasjoner [8].....  | 21 |
| Tabell 2.6. Avtrekksvolum for bolig [25].....   | 28 |
| Tabell 2.7. Lydkrav enkelte bygningstyper fra NS 8175, lydklasse C angir minimumskrav [30]...29 | 29 |
| Tabell 4.1. WT-T skruelengde og sammenføring (tabell av Stig Morten Lyse).....                  | 50 |
| Tabell 4.2. Karakteristisk bæreevne for skruene $\kappa_c \cdot N_{pl,k}$ i kN [42].....        | 53 |



# 1 Innledning

## 1.1 Bakgrunn

Strengere krav til bærekraft som følge av klimaendringene verden står ovenfor, gir et stadig økende behov for bærekraftige løsninger også i byggebransjen. Ved å bygge prefabrikkert, kan man anta at klimagassutslippene reduseres som følge av mindre logistikk og økt tilgjengelighet av materialer på produksjonsstedet.

Oppgaven viser byggemetoder som benyttes for å bygge våtrom prefabrikkert. Den viser alternativer til å bygge prefabrikkerte våtrom av massivtre som konstruksjonselementer. Hovedfokuset i oppgaven er på prefabrikkerte bad.

Bedriften Green Advisers AS ønsket å finne ut om hvilke byggemetoder som var aktuelle, og fordeler og ulemper med disse. Det ble informert om to byggemetoder som bedriften ønsket å se nærmere på. Den ene var å bygge prefabrikkerte bad av massivtre med veggkomponentene direkte festet til massivtreelementene, og den andre metoden var utforing med lekter av 48 mm x 48 mm.

## 1.2 Problemstilling

Prefabrikkerte våtrom skal brukes for våtrom i nye bygg. I dag er det kostbart å bygge på byggeplass. Å bygge prefabrikkert reduserer kostnadene og effektiviserer byggeprosessen. Det kan finnes forbedringspotensialer knyttet til: materialer, lydisolering, helse, miljø, sikkerhet, byggemetode, fabrikkforbedringer, logistikk, løftemetoder eller liknende for prefabrikkerte våtrom. Moduler som bygges av ikke-robuste materialer, kan ha svakheter som fører til skader på modulen under transport.

1. Problemstillingen for oppgaven er å finne ut om prefabrikkerte våtrom kan forbedres med bruk av massivtre som konstruksjonselementer til vegger, tak og gulv.

Det finnes flere metoder å bygge prefabrikkerte våtrom på. En av disse er utforing av vegger og tak for skjult montering av tekniske installasjoner. En annen metode er å skjære slisser, spor og utsparinger for de tekniske installasjonene slik at vegg – og takkomponentene kan plasseres foran installasjonene. Med tekniske installasjoner menes det stikkontakter, lysbrytere, lys, rør, vannutstyr til dusj og vask eller tilsvarende installasjoner.

2. En annen problemstilling er å finne ut av hvilken byggemetode som egner seg best av utforing av vegger og tak, eller fresing av massivtreelementene til prefabrikkerte våtrom for tekniske installasjoner.

## 1.3 Avgrensninger

Det er i oppgaven satt en avgrensning på at prefabrikkerte våtrom ikke skal grense til yttervegg. Våtrommet skal plasseres sentrert i bygget og ikke ha vindu. Gulvvarmen fra våtrommet utnyttes da til andre steder i boligen. Det er valgt keramiske fliser på vegg og gulv, andre overflatematerialer utelukkes fra oppgaven. Livsløpsanalyse (life cycle assessment, LCA) og statiske beregninger inngår ikke i oppgaven. Våtrommene er beregnet for bruk i enebolig, uten universell utforming for personer med nedsatt funksjons og- bevegelsesevne. Uten denne avgrensningen måtte en tatt hensyn til vindu, solstråling, livsløpsanalyse, statiske beregninger, også videre.



## 1.4 Struktur på rapport / rapportens oppbygging

Kapittel 1 Innledning forteller om bakgrunnen for oppgaven og forklarer problemstillingene som er satt. Kapitlet inneholder avgrensninger som har vært nødvendige å sette for å klare oppgavene innen det tidsrommet som er gitt.

Kapittel 2 Teori tar for seg prefabrikkerte bad fra fire bedrifter med teknisk godkjenning gjennom SINTEF Certification. I tidsrommet 15.02.2022 – 20.05.2022 var godkjenningene operative. Modulene er sammenliknet i tabeller.

Kapittel 2 Teori forklarer hva massivtre er. Underkapitlene tar for seg dimensjonsstabilitet, bruksområder, fukt, lyd, brann og miljø for massivtre.

Kapittel 3 Metode viser fremgangsmåte og dataprogram brukt i oppgaven.

Kapittel 4 Teknisk håndbok for prefabrikkerte våtrom av massivtre, viser forslag til prefabrikkerte våtroms byggemetoder som våtromsmoduler kan bygges på av massivtreelementer. Metodene er gitt med forklarende tekst, og forslag til utførelse ved bruk av detaljtegninger for de gitte løsningene. Kapitlet viser videre forslag til tekniske installasjoner, metoder for å feste massivtreelementene i hverandre, løftemetode, forslag til transportsikring og til slutt forslag til å bygge smart og bærekraftig.

I kapittel 5 drøfting, er det drøftet fordeler og ulemper knyttet til våtromsmodul bygget av massivtreelementer uten foringer på innvendige vegger. Deretter er det drøftet fordeler og ulemper for våtromsmodul bygget av massivtreelementer med forede vegger, og alternativt tak. Løsningene som er drøftet er satt opp mot hverandre i kapitlet våtromsmodulvalg.

I kapittel 6 videre arbeid er det funnet andre alternative måter å bygge gulvkonstruksjonen på. Det forteller hva som bør gjøres videre i prosjekteringen for å kunne bygge prefabrikkerte våtrom mest mulig bærekraftig.

Siste del av rapporten viser kapittel 7 konklusjon, og hvilke metoder som kan være egnet for produksjon.

Alle detaljtegninger i denne oppgaven er plassert i de forskjellige kapitlene de er laget til, og følger med oppgaven i fullt A3 format som vedlegg. Dette vil hjelpe bedrift i prosjekteringsfasen da tegningene vil være i korrekt målestokk.

## 2 Teori

### 2.1 Prefabrikkerte bad

Et prefabrikkert våtrom bygges på fabrikk. Konstruksjonen bygges komplett, og alt utstyr monteres for bruk inklusiv ventilasjon, elektro, og sanitær. Modulen transporteres til byggested etter fabrikkferdigstillelse. Tekniske installasjoner sammenkobles fra modulen til bygget [1]. Figur 2.1 viser prefabrikkert bad.



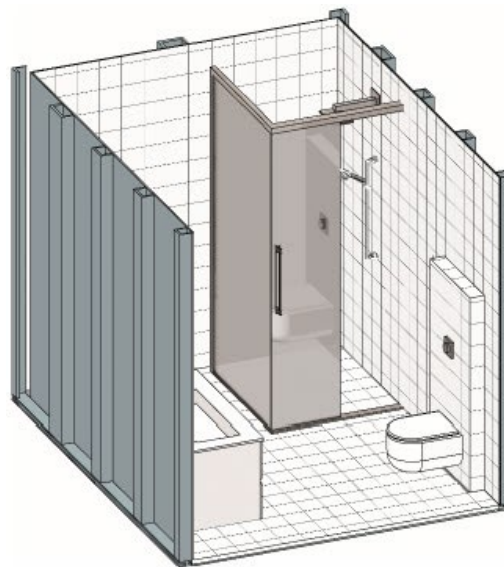
Figur 2.1. Prefabrikkert bad [1].

### 2.1.1 BD prefabrikkert baderomsmodul.

Brødrene Dahls prefabrikkerte bad er komplett med røropplegg og sanitærutstyr. Modulen kan leveres med rør i ekstra lengder på kveil for tilkobling i eksisterende bygg [2].

#### Gulv

Gulvkonstruksjonen er av stålprofiler, sandwich gulvplate som består av en glassfiberarmert polyester på over- og underside, og Recoboard som består av keramiske fliser plassert på en korrugert stålplate vist i Figur 2.2. Dusjsonens gulvfall  $\geq 1:50$  og utenfor dusjsonen gulvfall  $\geq 1:100$ . Baderomsmodulen leveres med vannbåren eller elektrisk gulvvarme. Høydeforskjell mellom tettesjikt og slukrist ved terskel er  $\geq 25$  mm [3].



Figur 2.2. Brødrene Dahl baderomsmodul [3].

#### Vegger

Veggkonstruksjon består av glassfiberarmerte polyester plater, keramiske fliser og TSP paneler som er vann og dampette. Hjørneforsterkninger av stål til avstivning er benyttet [3].

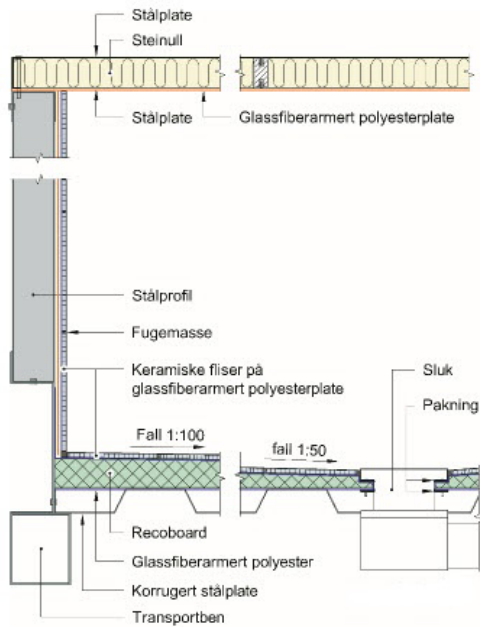
#### Tak

Himling består av sandwichelementer av stålplater, steinullsisolasjon av 40 mm klasse A1. Undersiden består av et pålimt lag 2 mm glassfiberarmert polyester [3].

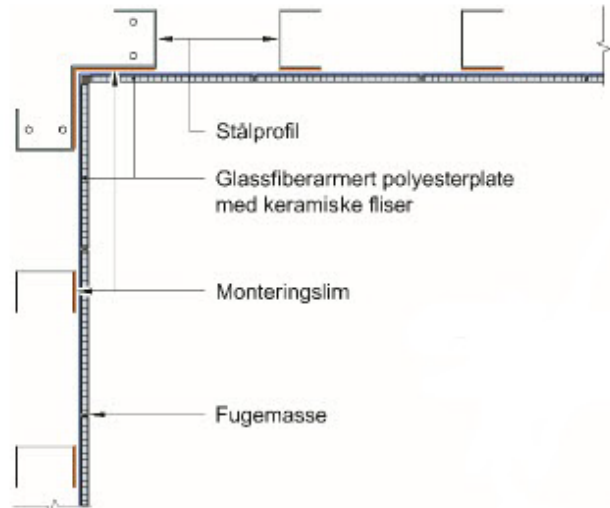
#### Installasjoner

Roth [2] benyttes til rør i rør system. Skapet for vannrør er innfelt i vegg eller himling og har intern stoppekran. Alle sanitær- og rørkomponenter har godkjent dokumentasjon, eller tekniske godkjenninger. Til avløpsrør brukes Pipelife Smartline. Rørene har muffeskjøter som kan plasseres i hull uten at de tar opp ekstra hullplass, samt at de er enkle å jobbe med [4]. Toalettet er vegghengt med vanntett innkassing med drenering til baderommets gulv [3]. Figur 2.3 viser byggematerialer

og krav til fall på tegning av vertikalsnitt, Figur 2.4 viser stålprofilene og veggflatens oppbygning på tegning av horisontalsnitt.



Figur 2.3. Vertikalsnitt Brødrene Dahl [3].



Figur 2.4. Horisontalsnitt Brødrene Dahl [3].

## 2.1.2 Viken Baderomsmodul

Viken baderomsmodul leveres komplette med lys, kontakter, sanitæropplegg og røropplegg. Modulen leveres tilkoblingsklar for vann og avløpsnett [5].

### Gulv

Gulvkonstruksjonen består av en ramme av stålprofiler med armert betong og foliemembran systemet Kiilto KeraSafe med keramiske fliser. Leveres med elektrisk eller vannbåren gulvvarme. Fall sluk i dusjsonen  $\geq 1:50$ , resterende gulvfall  $\geq 1:100$ . Mellom membran og slukrist er høydeforskjellen  $\geq 25$  mm ved terskel [5].



Figur 2.5. Viken baderomsmodul [5].

### Vegger

Veggkonstruksjon er 600 mm brede kassetter av 1.0 mm tykke galvaniserte stålplater som er festet med clinching. Veggene har Kiilto KeraPro smøremembran, keramiske fliser på innsiden, og 13 mm gipsplater til avstivning limt på utsiden, som vist i Figur 2.5 og Figur 2.7.

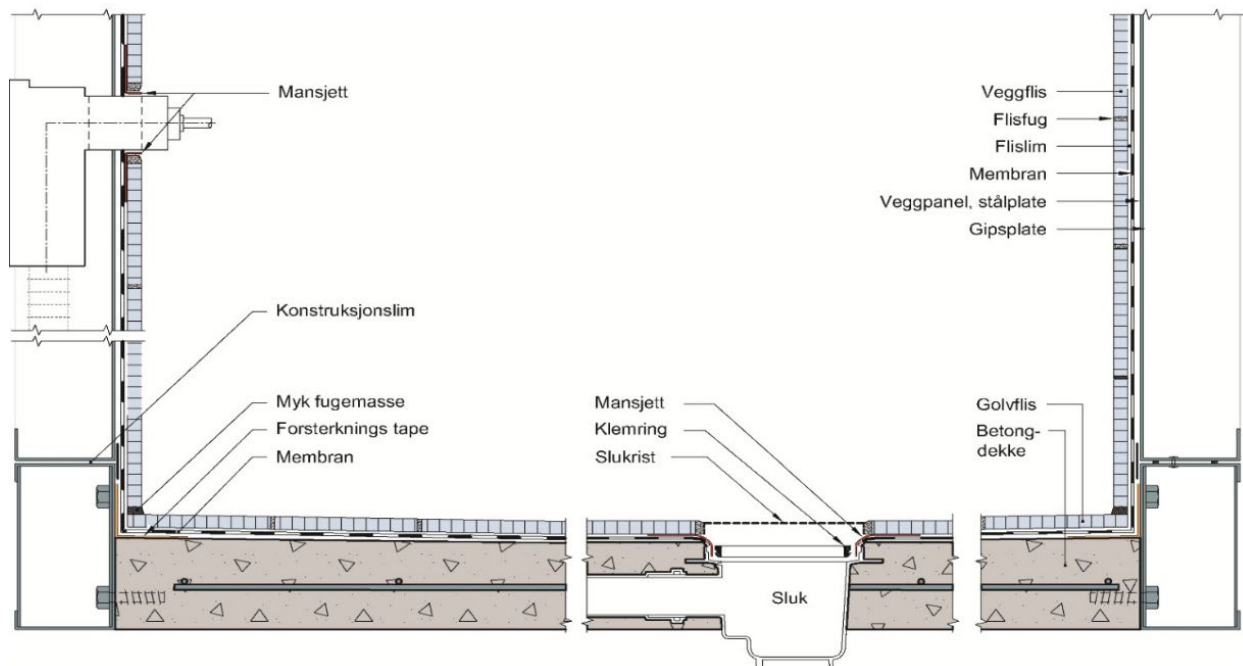
### Tak

Takkonstruksjon er av 1.0 mm stålplatekassetter med 13 mm gipsplater lagt innvendig på himlingen uisolert [5].

### Installasjoner

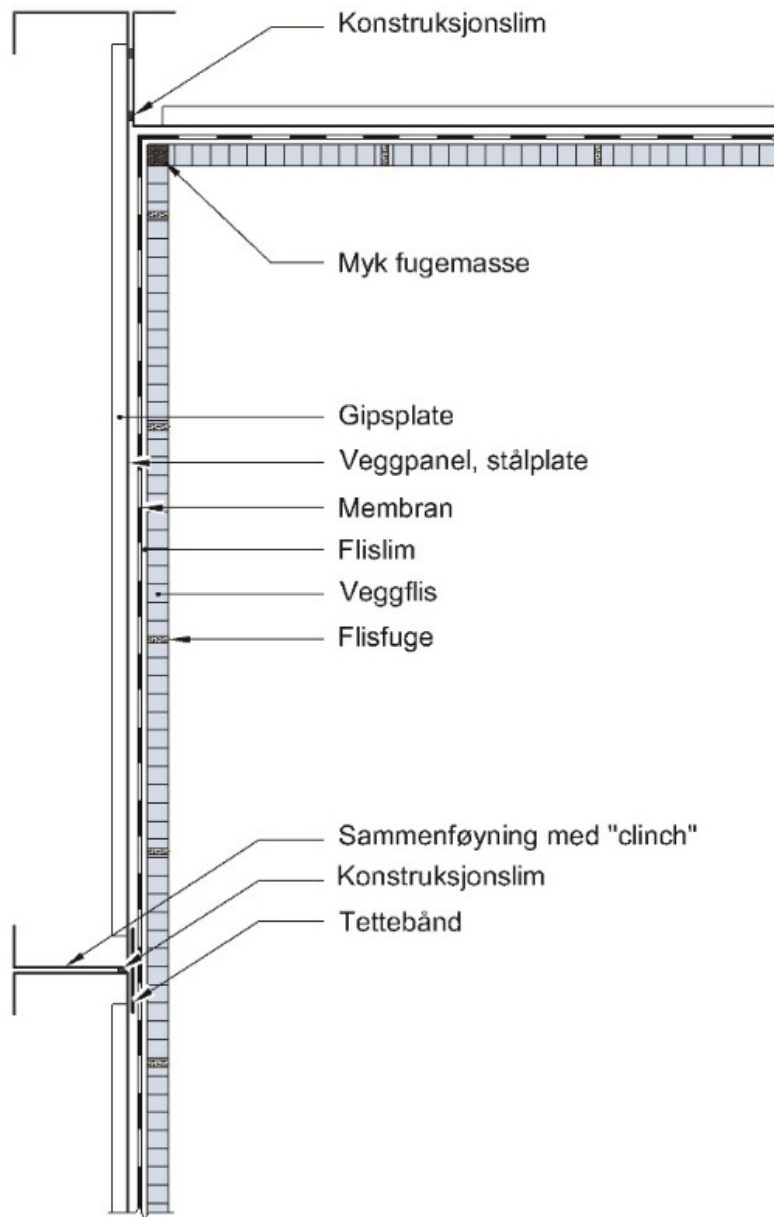
Vanntilførsel er et rør i rør system med fordelerskap, boenhetens stoppekran blir montert i veggen til modulen, som for eksempel i servantskapet. Alle rør -og sanitærkomponenter som installeres innehar produktsertifikater eller godkjenninger. Rørgjennomføringer i vegg blir tettet med mansjetter tilhørende membransystemet [5].

Figur 2.6 viser vertikalsnitt av Viken baderomsmodul. Figuren viser komponentene som er brukt for oppbyggingen av veggene og gulvet. Sluk er støpt inn i betongdekke, slukrist, klemring og membransmansjett for sluk er ettermontert når membran påføres modulen. Veggboks for rør i rørsystem er montert i vegg, hvor membranmansjett og membran i overgangen fra veggboks til veggen blir sammenføyd med veggens membran.



Figur 2.6. Vertikalsnitt Viken baderomsmodul [5].

Figur 2.7 viser sammenføringssystemet clinch. Clinch betyr presseskjøting og er en mekanisk festeteknikk for punktsammenføring av metallplater. Metoden utføres i enkeltrinn og trenger ingen forborede hull. Figuren viser veggens oppbygning av de forskjellige komponentene flis, lim, tettebånd, membran og platemateriell.



Figur 2.7. Horisontalsnitt Viken badromsmodul [5].



### 2.1.3 Probad prefabrikkerte baderomsmoduler

Probad baderomsmoduler leveres komplette med kontakter, lys-, sanitær- og røropplegg. Modulen leveres tilkoblingsklar for vann og avløpsnett [6].

#### Gulv

Gulvkonstruksjonen består av en armert betongplate med smøremembran eller foliemembran med keramiske fliser på oversiden. Gulv er uisolert, vist i Figur 2.8. Sluket i gulvet har slukmansjetter til tetting tilhørende membransystemet. Modulen leveres med varmekabler eller gulvvarme. Dusjsone har gulvfall  $\geq 1:50$  og resterende gulvfall  $\geq 1:100$ . Høydeforskjellen mellom membran og slukrist er  $\geq 25$  mm ved terskel [6].



Figur 2.8. Probad baderomsmodul [6].

#### Vegger

Veggkonstruksjonen er av 30 mm armert betong, smøremembran og keramiske fliser på innsiden som i Figur 2.8. Veggelementene limes mellom de ulike delene og festes mekanisk med bolter til tak og gulv. Veggkonstruksjonen er ikke dimensjonert for bæring av andre bygningsdeler, og er uisolert [6].

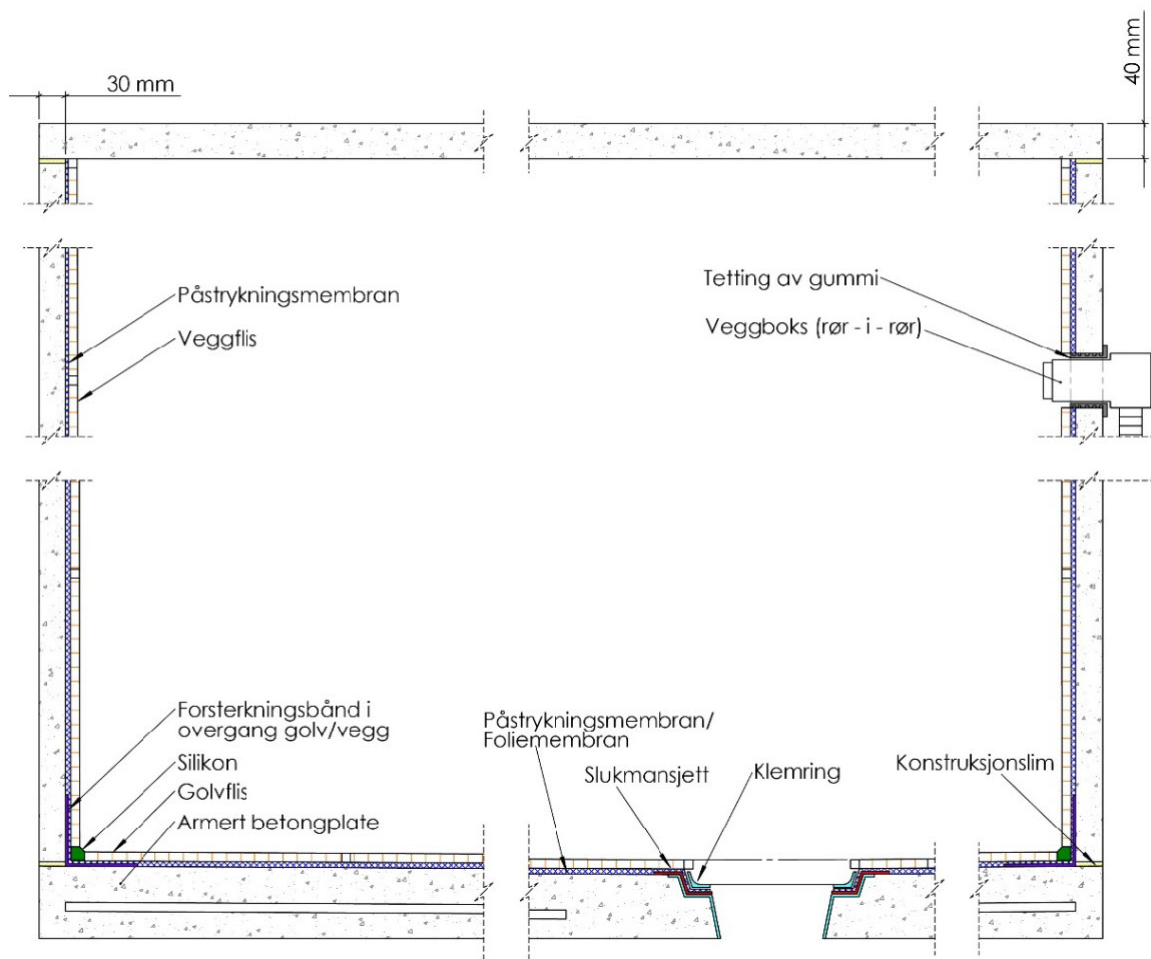
#### Tak

Takkonstruksjonen er av 40 mm armert betong med hvitmalt overflate innvendig. Modulen leveres med hull i tak eller vegg for ventilasjonskanaler [6].

#### Installasjoner

Vanntilførsel er rør i rør system av typen JRG Sanipex, med fordelerskap plassert i vegg eller tak.

Alle rør- og sanitærkomponenter som installeres har produktsertifikater eller godkjenninger. Rørgjennomføringer blir tettet med gummitetninger [6], som vist i Figur 2.9.



Figur 2.9. Vertikalsnitt Probad [6].

## 2.1.4 Badekabine Green Box One

Green Box One baderomsmoduler leveres komplette med lysarmatur, stikkontakter, sanitærutstyr og røropplegg klargjort for tilkobling til vann- og avløpsledningene.

### Gulv

Gulvkonstruksjonen er en ramme av stålprofiler med armert betong. Foliemembran er et Schönox WSF system, og gulvets overflate er keramiske fliser som vist i Figur 2.10. Leveres med vannbåren eller elektrisk gulvvarme. I dusjsonen er gulvfall  $\geq 1:50$ , og resterende gulvfall  $\geq 1:100$ . Høydeforskjellen mellom membran og slukrist ved terskel er  $\geq 25$  mm [7].



Figur 2.10. Green Box One baderomsmodul [7].

### Vegger

Veggkonstruksjonen er av 1.0 mm tykke kassetter av galvaniserte stålplater festet med clinching. Til avstivning benyttes 12.5 mm Fermacell plater limt på innvendig side. Platene heldekket med Schönox WSF foliemembran systemet, og utføres med systemets tettedetaljer som anvist i Figur 2.11. Innvendig flater i modulen er av keramiske fliser.

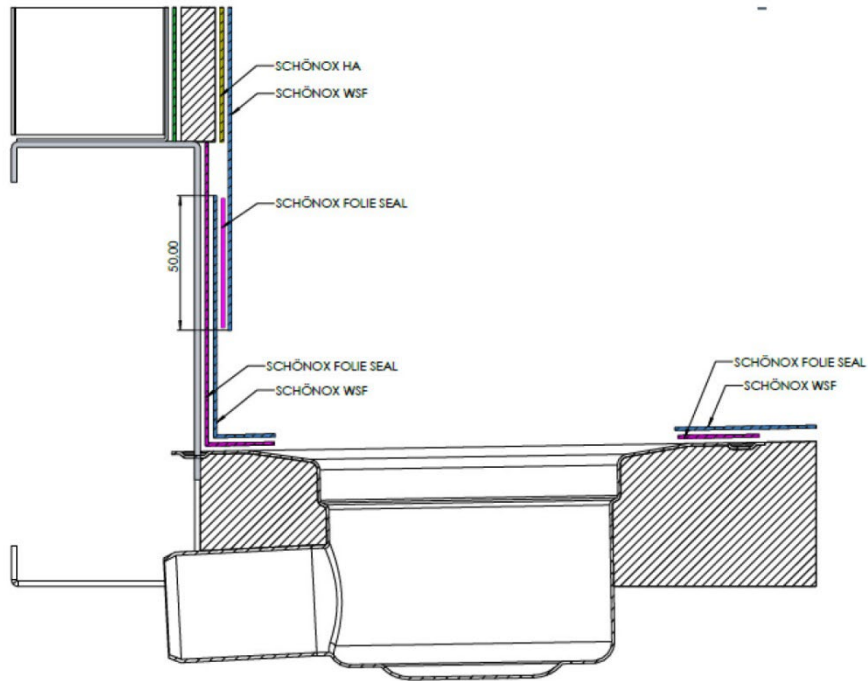
### Tak

Modulens takkonstruksjon er av 1.0 mm stålplatekassetter med Fermacell plater innvendig på himling. Taket er uisolert, og himling klargjort for montering av ventilasjon.

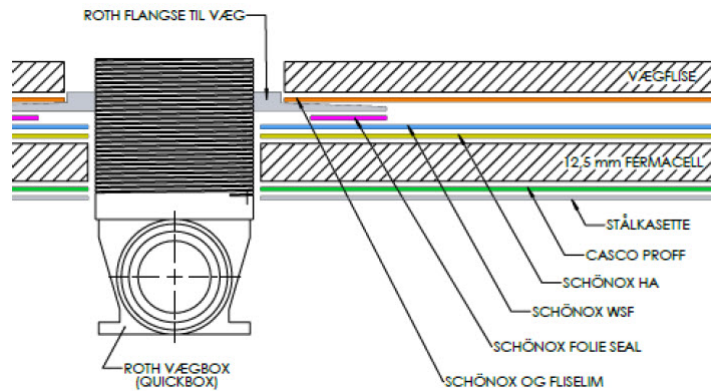
### Installasjoner

Vanntilførsel er et rør i rør system med fordelerskapet plassert i taket over dusjsonen. Alle sanitær- og rørinstallasjoner har godkjent dokumentasjon.

Figur 2.11 viser vertikalsnitt av sluk med tilhørende membransystem. Figur 2.12 viser horisontalsnitt av veggen med tilhørende veggkomponenter. Veggbox for vann vises også på figurens venstre side, med tilhørende veggmansjett.



Figur 2.11. Vertikalsnitt Green Box One [7].



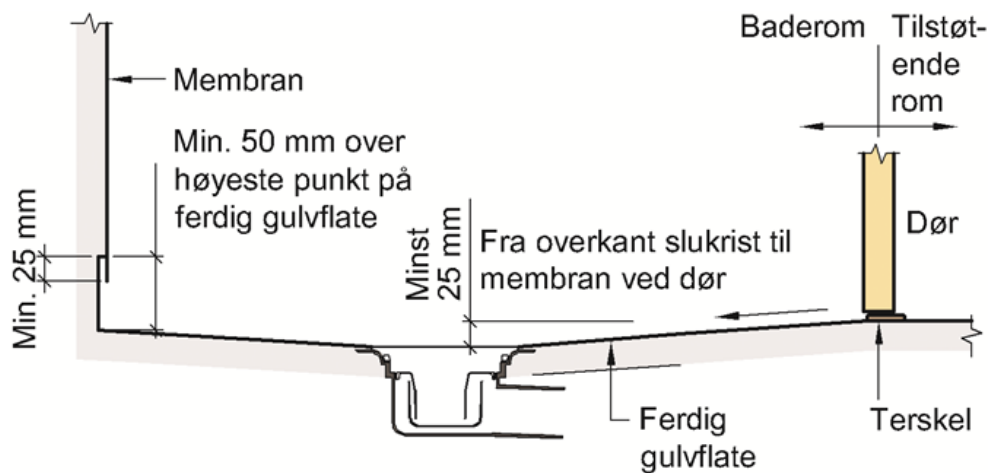
Figur 2.12. Horisontalsnitt Green Box One [7].

## 2.2 Produktspesifikasjoner

Spesifikasjonene fra modulene til Brødrene Dahl, Viken, Probad og GreenBox One er beskrevet ved hjelp av tabeller for sammenlikning. Alle data er hentet fra SINTEF Certification teknisk godkjenning [8].

### 2.2.1 Tekniske produktspesifikasjoner

Tabell 2.1 på neste side beskriver modulenes tekniske spesifikasjoner. En betydelig differanse er vekt per modul i kg per 5m<sup>2</sup> gulvareal. Tabellen beskriver også hvilke materialer som er brukt til vegger, tak, gulv, og membranstyper. Krav til gulvfall mot sluk og resten av gulvflaten er ivarettatt i henhold til våtromsnormen [9], som vist i Figur 2.13.



Fall på minst 1 : 50 i nedslagsfelt  
Fall på minst 1 : 100 i resten av rommet  
Maks fall 1 : 25

Figur 2.13. Krav til fallforhold, overflater og underlag [9].

Tabell 2.1. Spesifikasjoner tak, vegg og gulv [8].

| Produsent                                     | Brødrene Dahl  | Viken   | Probad  | Green Box One  |
|---|--|---|---|--|
| Vekt modul per 5m <sup>2</sup> gulvareal [kg] | 900  | 2000  | 3000  | 1750   |
| Gulv  | Glassfiberarmert polyester, Recoboard, korrugert stålplate   | Betong C25/30<br>Tykkelse 60-130 mm<br>Bunnramme stålprofil 3 mm tykk<br>Armeringsnett K189   | Betong C 35/45<br>Armeringsnett 150x150x6 mm<br>Mapei Plasticfibre M50. | Betong B30<br>Stål armeringsnett K 189   |
| Fall gulv                                     | ≥ 1:100  | ≥ 1:100   | ≥ 1:100   | ≥ 1:100  |
| Fall gulv mot sluk dusj                       | ≥ 1:50   | ≥ 1:50  | ≥ 1:50  | ≥ 1:50   |
| Membran gulv                                  | Glassfiberarmert polyester   | Foliemembran: Kiilto KeraPro  | Mapei Mapeguard WP 90 system eller smøremembran: Mapegum WPS            | Folie-membran: Schönnox HA og Schönnox WSF   |
| Vegger  | TSP panel, Glassfiberarmert polyester panel med vanndamp-motstand sd ≥ 108   | Veggkassetter: Novolipetsk steel 1.0 mm galv.stålpl. Gyproc Optima, Type A gipsplate, utv avstivning ILIM finer.Kryssfiner eller Ultralam LVL utvenidg. | Betong C 35/45<br>Dramixa stålfiber                                     | Veggkassetter 1.0 mm galv.stål Fermacell 12.5 mm fibergipsplate innside stålkassetter Casco proff GP, akryldispersjon Bostik Maxi Bond Grab adhesive |
| Membran vegger                                | TSP paneler, glassfiberarmert polyester  | Smøremembran: Kiilto KeraPro  | Mapegum WPS smøre-membran system  | Foliemembran: Schönnox HA og Schönnox WSF Alt. Jotun Lady Aqua   |
| Tak   | Sandwichelement av stålplate, 40 mm steinullisolasjon med klasse A1. En 2 mm glassfiberarmert polyester plate limes undersiden | Novolipetsk steel 1.0 mm galv.stålpl. Gyproc Optima, Type A gipsplate TIMANTTI stop primer og TIMANTTI 20 akrylmaling                                   | Betong C 35/45  | Varmegalvaniserte stålkassetter 1.0 mm 12.5 mm Fermacel storformat plate Jotun Lady Aqua maling  |

Tabell 2.2 neste side viser modulenes materiell av flis, fuging, lim, membranspakkinger, dusjarmatur, vann- og sanitærutstyr som er benyttet i modulene. Alle modulene har keramiske fliser, som er positivt når det gjelder design og hva kunden ønsker. Keramiske fliser vil også gi verdiøkning på boligen, ettersom flis er noe privatmarkedet har høy etterspørsel til [10].

Tabell 2.2. Spesifikasjoner flis, vann- og sanitærutstyr [8].

| Produsent                     | Brødrene Dahl  | Viken   | Probad   | Green Box One  |
|-------------------------------|--|---|--|--|
| Konstruksjonslim              | BernerFix Speed  | Kiilto Masa og Kiilto ekstra  | Mapei Ultrabond MS Rapid                                     | Casco Superfix   |
| Keramiske Fliser              | Ja   | Ja  | Ja   | Ja   |
| Flislim                       | Litochrom Starlike, epoksybasert                       | Ardex X7 G plus   | Mapei Ultraflex S2 Quick                                     | Schönox Q6   |
| Elastiske fuger               | Ottoseal silicone S 110                                | Kiilto Masa   | Bostek Silmax 2620   | Danaseal Sanitary and Build Silicone 514                     |
| Fugemørtel                    | Litochrom Starlike, epoksybasert                       | Ardex X7 G plus   | Mapei Keracolor FF   | Schönox Premium UF   |
| Vann Rør i rør                | Roth MultiPex  | JRG Sanipex   | JRG Sanipex  | Roth MultiPex  |
| Avløpsrør                     | Pipelife Smartline                                     | Wavin Wafix PP-B  | Poloplast Polo-Cal XS  | Wavin Wafix PP   |
| Sluk                          | Blücher  | Blücher JAFO type 86an Unidrain   | Blücher Purus Joti Geberit veggsluk                          | Blücher  |
| WC                            | Sertifiserte produkter iht. EN 997 EN 14055 NT VVS 120 | Sertifiserte produkter iht. EN 997 Insta SBC 0402 NT VVS 120 Geberit Duofix | Sertifiserte produkter iht. EN 997 Insta SBC 0402 NT VVS 120 | Sertifiserte produkter iht. EN 997 Insta SBC 0402 NT VVS 120 |
| Servantarmatur                | iht. EN 817 og NKB 4                                   | iht. EN 817 og NKB 4  | iht. EN 817 og NKB 4   | iht. EN 817 og NKB 4   |
| Servant                       | Ikke oppgitt   | Ikke oppgitt  | Ikke oppgitt   | iht. EN 14688  |
| Dusjarmatur                   | Teromstatstyrt dusjarmatur iht. EN 1111                | iht. EN 817 eller EN 1111   | iht. EN 1111   | iht.t EN 1111  |
| Pakninger for gjennomføringer | TTP tetninger SINTEF PS 1017                           | Ikke oppgitt  | Servant: Faluplast art.nr 85049 WC: Faluplast art.nt 85602   | Ikke oppgitt   |



Tabell 2.3 viser at modulene ikke er fabrikkisolert som betyr at isolering gjøres etter installasjon på byggeplass. Keramiske fliser har klasse A1 som betyr ubrennbart materiale, og klasse A2 er materialer som har svært begrenset brennbarhet. Klasse B er brennbare materialer som har minst 20 minutter til kriteriebrudd. Flisene i klasse A1 bidrar ikke til brann i noe stadium av brannen, dette gjelder også fullt utviklet brann. Underklassene s1 betyr at de innvendige platene gir liten røykproduksjon ved brann [11], og klasse d0 betyr at ingen brennende dråper eller partikler oppstår under brann [12].

Tabell 2.3. Spesifikasjoner [8].

| Produsent                         | Brødrene Dahl   | Viken   | Probad  | Green Box One  |
|-----------------------------------|---|---|---|--|
| Lydisolering                      | Ikke vurdert  | Ikke vurdert  | Ikke vurdert  | Ikke vurdert   |
| Klasse innvendig keramiske fliser | A1  | A1  | A1  | A1   |
| Klasse innvendig plater           | 2 mm gassfiberarmert polyester vegg og himling B-s1,d0        | 1,0 mm stålplate kassetter med tildekking av gipsplate tak A2-s1,d0 | ikke oppgitt  | Farmacll Fiber-gips A2-s1,d0   |
| Bæreevne                          | Ikke beregnet for understøttelse av andre bygningsdeler       | Ikke beregnet for understøttelse av andre bygningsdeler             | Gulvkonstruksjonen dimensjonert for nyttelast i kategori A, NS 3491-1 | Gulvkonstruksjonen er dimensjonert for nyttelast i kategori A, NS 3491-1. Veggkonstruksjonen ikke dimensjonert for understøttelse av andre bygningsdeler |
| Bruksområder                      | Bolig, hotell, andre bygg med tilsvarende bruksforutsetninger | Bolig, hotell, andre bygg med tilsvarende bruksforutsetninger       | Bolig, hotell, andre bygg med tilsvarende bruksforutsetninger         | Bolig, hotell, andre bygg med tilsvarende bruksforutsetninger  |
| Vanntetthet                       | Bestått funksjonsprøven ETAG 022, Annex A og E                | Bestått funksjonsprøven ETAG 022, Annex A og E                      | Bestått funksjonsprøven ETAG 022, Annex A og F                        | Bestått funksjonsprøven ETAG 022, Annex A og F   |
| Varmeisolering                    | Steinullisolasjon i tak 40 mm                                 | Uisolert  | Uisolert  | Uisolert   |

Funksjonsprøven for vanntetthet ETAG 022 utføres i våtromslaboratoriet til SINTEF. Annex A er Vanntetthet rundt gjennomføringer, Annex E er Vanntetthet, belastet i fullskala og Annex F er Vanntetthet, belastet med dynamisk belastning forklart i Tabell 2.4 [13].

Tabell 2.4. SINTEF våtromslaboratoriet [13].

| Prøvestandard                              | Standard Nr.     | Merknad     |
|--|------------------|-------------|
| Vanntetthet rundt gjennomføringer          | ETAG 022 Annex A | Akkreditert |
| Vanntetthet, belastet. Strekk og skjær     | ETAG 022 Annex B | Akkreditert |
| Vanntetthet, belastet. Riss                | ETAG 022 Annex C | Akkreditert |
| Tykkelse, membran.                         | ETAG 022 Annex D | Akkreditert |
| Vanntetthet, belastet. Fullskala           | ETAG 022 Annex E | Akkreditert |
| Vanntetthet, belastet. Dynamisk belastning | ETAG 022 Annex F | Akkreditert |
| Vanntetthet, tetthet mot sluk              | ETAG 022 Annex G | Akkreditert |
| Våtromsmaling                              | ETAG 022 Annex H | Akkreditert |
| Prefabrikkerte baderomsmoduler             |                  | Akkreditert |

## 2.2.2 Miljømessige produktspesifikasjoner

Miljøpåvirkningen til våtromsmodulene fra Brødrene Dahl, Viken, Probad og Green Box One er gitt i Tabell 2.5 og hentet fra SINTEF Certification teknisk godkjenning [8]. EPD (miljødeklarasjon, environmental product declaration) er ikke opprettet for modulene. EPD vil oppsummere miljøprofilen til modulene på en objektivt og standardisert måte [14].

Tabell 2.5 viser at modulene ikke har noen kjemikalier som gir prioriterte miljøgifter, og at det ikke er partikler, gasser eller stråling fra modulene som gir inneklimapåvirkning. Modulene kan kildesorteres og gjenvinnes, og avfall kjøres til godkjent deponi.

Fabrikkisolering kan medføre økt bærekraft og bedre klimafotavtrykk [15], som følge av mindre logistikk og bedre muligheter for materialbesparelse. Ulemper for håndverker kan oppstå ved omgjøringer på byggeplass slik at ekstra tid og kostnader vil kunne oppstå. Dette som følge av å måtte ta bort å legge på plass isolasjon igjen under omgjøringer.

Tabell 2.5. Miljømessige produktspesifikasjoner [8].

| Produsent             | Brødrene Dahl   | Viken Element                          | Probad  | Green Box One   |
|-----------------------|---|--|---|---|
| Kjemikalier           | Ingen prioriterte miljøgifter   | Ingen prioriterte miljøgifter          | Ingen prioriterte miljøgifter   | Ingen prioriterte miljøgifter   |
| Inneklimapåvirkning   | ingen partikler, gasser eller stråling                                    | ingen partikler, gasser eller stråling | ingen partikler, gasser eller stråling                                    | ingen partikler, gasser eller stråling                                    |
| Påvirkning drikkevann | ingen forbindelser i drikkevann som forårsaker smak, lukt eller helsefare | Ukjent                                 | ingen forbindelser i drikkevann som forårsaker smak, lukt eller helsefare | ingen forbindelser i drikkevann som forårsaker smak, lukt eller helsefare |
| Gjenbruksmuligheter   | Ja  | Ja                                     | Ja  | Ja  |
| Utarbeidet EPD        | Nei   | Nei                                    | Nei   | Nei   |

## 2.3 Massivtre

### 2.3.1 Om massivtre

Massivtreelementer er sammensatte lameller i tre. For sammenføring benyttes: lim, spiker, skruer, stålbeslag eller dybler. Sjøktantall og tykkelse varierer etter bruksområde. Skal elementet benyttes innendørs er anbefalt trefuktighet 8-12 % i yttersjøktet mot varm side. Massivtre deles inn to hovedkategorier, kantstilte- og krysslagte elementer [16].

**Kantstilte elementer** er stående sammensatte lameller. Til sammenføring benyttes spiker, skruer, dybler eller stålstag.

**Krysslagte elementer** er sammensatte lameller som er lagt 45 eller 90 grader lagvis i forskjellige sjikt. Til sammenføring brukes lim eller dybler.

**Kantstilte elementer** Sammenføres med skruer eller spiker. Trefuktigheten, dimensjonen og senteravstanden avhenger av bruksområdet.

**Krysslagte elementer** sammenføyd med lim er lameller med sjiktene 90 grader krysslagt oppå hverandre, med lim påført for hvert sjikt. Elementene kan limes kant i kant for å få et tettere element. Ved brann kan kantlimte elementer føre til redusert innbrenningshastighet. Tykkelsen på elementene varierer i intervallet 60-240 mm, og fås i lengder opp til 14 meter. Antall sjikt er mellom 3 og 9. Elementer produsert med formaldehydholdig lim tilfredsstillter kravene til den strengeste emisjonsklassen E1 med god margin [16]. Se Figur 2.14.



Figur 2.14. Krysslagte elementer sammenføyd med lim [16].

Krysslagte elementer som har dybler til sammenføring, er konstruert med diagonale krysslagte sjikt. Tykkelsen på sjiktene og antallet varierer etter statiske behov og bruksområde. Når elementene er satt inn, blir det forboret hull i elementene og dyblene presses inn. Dyblenes avstand i elementet varierer etter belastning. Materialet til dyblene som brukes er oftest bøk som er tørket helt ned til 3-5 % trefuktighet. Dyblene vil tiltrekke seg fuktighet fra luften og trevirke slik at de vil svulle, som fører til at lamellene forbindes og statisk samvirke oppnås [16]. Eksempel på dybler er vist i Figur 2.15.



Figur 2.15. Krysslagte elementer sammenføyd med tredybler [16].

### 2.3.2 Dimensjonsstabilitet og bruksområder

Krysslagte massivtreelementer har høy dimensjonsstabilitet. Sjiktene som er lagt i kryss på hverandre medfører at trefibrene vil ligge på tvers og i lengderetning vekselvis. Elementet i lengderetning vil ha dimensjonsendring tilsvarende konstruksjonsvirke i fiberretning, og i tverretning vil elementet ha redusert tverrsnittsendring grunnet fuktendring [16].

Massivtre kan brukes som bærende eller ikke bærende elementer for vegger, tak, gulv, eller andre bygningsdeler. Massivtre har densiteten 450-500 kg/m<sup>3</sup> [17]. Det blir brukt massivtre i alle typer bygg, hvor hele bæresystemet kan bygges av massivtreelementer, eller i en kombinasjon av andre materialer. Balkonger eller svalganger er et egnet bruksområde for massivtreelementer. Elementene kan produseres i alle fasonger, brukes ubehandlet eller overflatebehandles. De kan kombineres med isolasjon, kledning, himlingsplater eller påstøp som supplement [16].

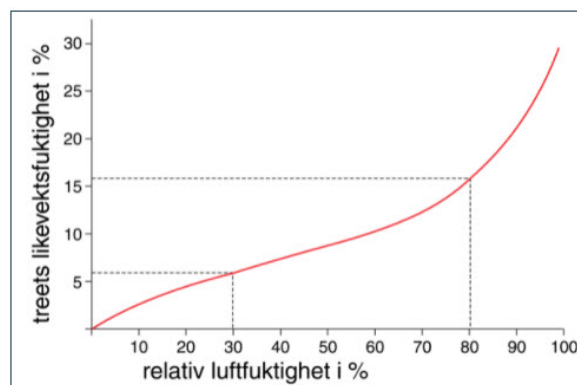
Krysslagte elementer har vanligvis høy kvalitet på trevirke i yttersjiktene slik at ønskede spennvidder kan oppnås. Yttersjiktene kan i tillegg til gran også bestå av bjørk, furu, eik og osp. Avansert utstyr som CNC (numerisk data kontroll, computer numerical control) kan benyttes som fresing for utsparinger til: tekniske installasjoner, dører, vinduer, søyler eller liknende. Massivtre har høy bæreevne for tunge punktlaster uten å få skader eller gå i brudd. Dette gir flere muligheter for en fleksibel byggeprosess. Elementet har lav vekt, fundamenter og andre bygningsdeler påvirkes derfor positivt [16].

### 2.3.3 Massivtre og fukt

Massivtre bør ikke utsettes for regn, snø eller andre faktorer som gir relativ høy fuktighet. Byggeprosessen bør værbeskyttes ved bruk av telt eller tak der massivtreelementene skal benyttes. Dette gjelder også for våtromsmoduler som skal bygges av massivtre i fremtiden [16].

Fuktbevegelser vil være vanskelig å unngå ettersom endringer skjer i omgivelsenes temperatur og luftfuktighet-variasjoner [18]. Svelling og krymping må hensyntas i prosjekteringen ved våte byggeprosesser. Trevirke er et hygroskopisk materiale [17], som betyr at materialet har evnen til å ta opp fuktighet fra luft [19]. Trefuktigheten innstilles over tid til klimaet i omgivelsene som er en kombinasjon av temperatur og relativ luftfuktighet. Krymping og svelling skjer i trevirkets hygroskopiske intervall som er mellom absolutt tørt trevirke 0 % til fibermetningspunktet 30 % [17].

Massivtre er et materiale med mye bevegelse og det er derfor viktig at produksjonsfuktigheten må være lav og likevektsfuktigheten jevn [20]. Trevirkets fuktighet vil innstille seg etter hvert i et gitt klima. Når likevektsfuktigheten holdes så jevn som mulig, vil trevirke få mindre bevegelser som følge av svelling og tørke [21]. Likevektsfuktigheten har noe variasjon for ulike tresorter, men vil gjennomsnittlig for norske tresorter ved 20 °C være tilnærmet lik som vist i Figur 2.16.



Figur 2.16. Likevektsfuktighetskurve [21].

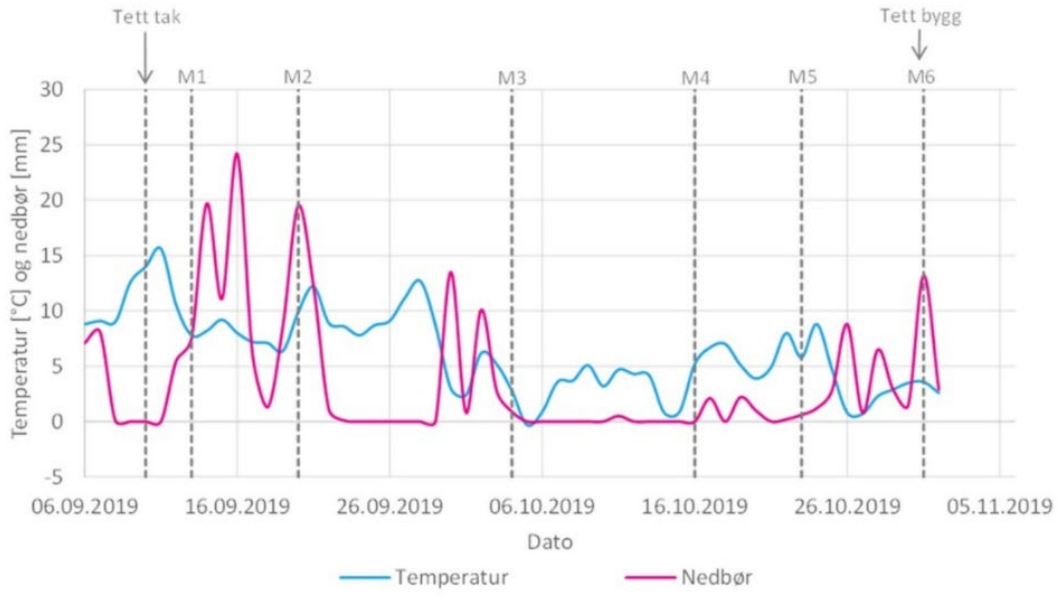
I samtale med rådgiver Andreas Stenstad fra Treteknisk institutt ble det informert om at større mengder trevirke vil gi større deformasjoner. En normal produksjonsfuktighet burde ligge på 12-14 %. Videre utalte han at det er en fordel med fabrikkfuktighet, da modulen som bygges kan fraktes direkte til byggeplass som kanskje vil ha noenlunde lik fuktighet. Han understrekte viktigheten av at det uansett burde gjøres fuktsimuleringer for å tallfeste fakta. Fuktsimuleringer med analyser over året ville gi mer eksakte svar på problemer som kan oppstå i trevirket grunnet fukt [20].

ZEB (nullutslippsbygg, zero emission buildings) -laboratoriet i Trondheim ble bygd av massivtre i vått trøndervær. SINTEF gjorde fuktmålinger under byggeprosessen, og de valgte å reise bygget slik andre entreprenører gjør. Målinger i 50 målepunkt med en måledybde mellom 0-30 mm ble gjennomført, fordelt over fire etasjer. Erfaringen viste at trefuktigheten gikk ned over tid etter bygget ble tett. Ingen treoverflater ble lukket eller bygd inn før trefuktigheten var under 15 vekt% (vektandel løst stoff per 100 vektandeler hele løsningen [22].)

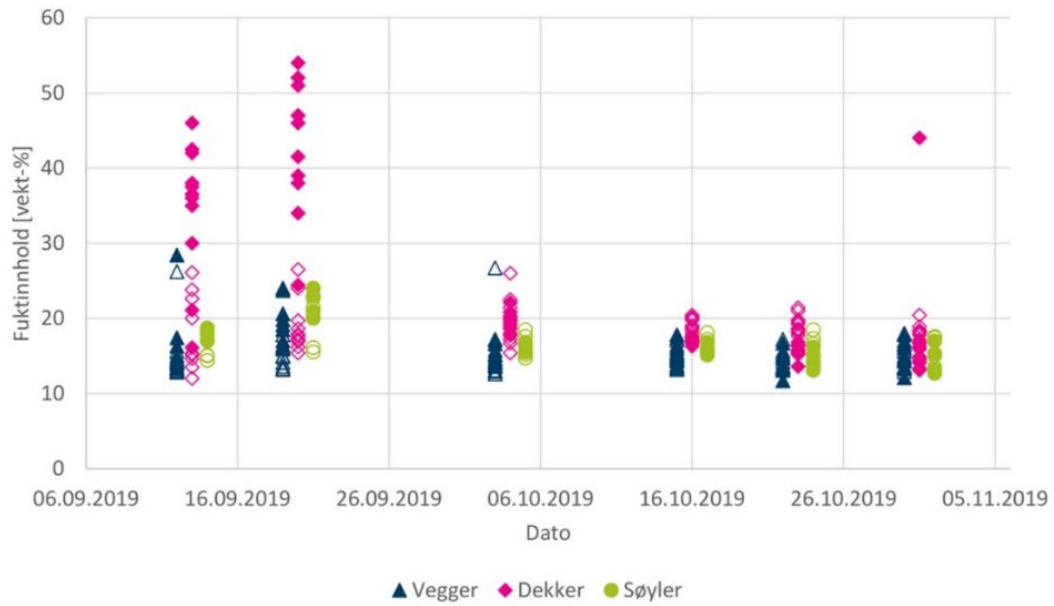
Delene av bygningskonstruksjonen hvor det hadde vært vanndammer tok lengst tid å tørke opp. I enkelte massivtredekker ble det målt over 25 vekt% i 30 mm dybde av trevirket. Etter noen uker når bygget var tett, tørket fukten ned til under 20 vekt%. Klima og uttørkingsforløpet for perioden mellom tett bygg og tett tak, vises grafisk i Figur 2.17. Målepunktene er M1 - M6, hvor M6 er tett tak.

Figur 2.18 viser målinger på overflaten grafisk med fylte punkter, og i 20-30 mm dybde med ikke fylte punkter. Punktene er inndelt etter bygningsselement [23].





Figur 2.17. Temperatur og nedbør [23].



Figur 2.18. Fuktinnhold vekt% [23].

I modulene som skal brukes til bad, vil overflatekondens oppstå som følge av dusjing og tapping av vann, og det stilles krav til ventilering [24]. I TEK 17 [25] § 13-2. Ventilasjon i boligbygning fjerde ledd stilles det krav til grunnventilasjon og forsert ventilasjon. Tilsvarende luftmengder må ved forsert ventilasjon tilføres rommet ved å øke luftmengde i ventilasjon eller andre tilførsler av friskluft [25]. Krav til avtrekksvolum for bolig er vist i Tabell 2.6.

Tabell 2.6. Avtrekksvolum for bolig [25].

| Rom      | Grunnventilasjon (m <sup>3</sup> /h) | Forsert ventilasjon (m <sup>3</sup> /h) |
|----------|--------------------------------------|---|
| Kjøkken  | 36                                   | 108                                     |
| Bad      | 54                                   | 108                                     |
| Toalett  | 36                                   | 36                                      |
| Vaskerom | 36                                   | 72                                      |

### 2.3.4 Massivtre og lyd

Byggteknisk forskrift TEK 17 [26] stiller krav til lydforhold i § 13-6 lyd og vibrasjoner. Lydforhold skal være tilfredsstillende for personer som oppholder seg i bygning og på oppholdsareal utendørs for lek og rekreasjon [26]. Kravene til lydforhold anses oppfylt dersom man kan dokumentere at byggets lydtekniske egenskaper er like gode eller bedre enn grenseverdiene som er angitt i Norsk Standard NS 8175:2012 [27] lydklasse C. Lydklasser for ulike bygningstyper [16].

Krav til tilfredsstillende lydforhold omfatter trinnlyd, strukturlyd, luftlyd, romakustiske forhold inkludert taleforståelse, støy fra bygningstekniske installasjoner og støy fra utendørs støykilder. Det stilles ingen krav til lydisolasjon internt i boenheten. Egenprodusert støy fra radio, tale, musikkanlegg og husholdningsapparater reguleres ikke av forskriften [26].

Massivtre har lav isoleringsevne mot flanketransmisjon [20]. Når en bygningsdel blir truffet av lydbølger fra stereoanlegg, tale eller liknende, vil lydbølgene sette bygningsdelen i svingninger og flanketransmisjon oppstår [28]. Dette fører til at noe av den innfallende lyden vil stråle ut gjennom baksiden. Differansen fra innfallende lydeffekt på fremsiden, og utfallende lydeffekt på baksiden, kalles lydreduksjonstallet R og måles i desibel (dB) [16]. Desibel er en målenhet for lydtrykk og

lydstyrke, hvor 20 dB oppleves som stille, en vanlig samtale er omtrent 60 dB og smertegrensen til øret er omtrent ved 130 dB [29].

Høyt lydreduksjonstall på en bygningsdel betyr høy isolasjonsevne mot lyd. Lavt lydreduksjonstall på bygningsdelen, betyr lav isolasjonsevne mot lyd. Veid feltmålt lydreduksjonstall ( $R'_w$ ) for massivtreelement er 37-43 dB avhengig av tykkelse og elementtype [16]. Parallelt med fiberretningen er lyd hastigheten mellom 2400-6000 m/s, mens lyd hastigheten i luft er 340 m/s. Glass og is har lyd hastighet mellom 5000 – 6000 m/s. I tre vil lyd hastigheten variere etter: densitet, fuktighet, temperatur, tresort, struktur og lyd frekvens [30].

Trinnlyd forårsaker vibrasjoner i faste konstruksjoner, oftest gjennom gulvet og i etasjeskillere. Trinnlyd har betegnelsen L og måles i mottakerrommet lyden kommer til. I mottakerrommet ønskes lydtrykket lavest mulig. Veid trinnlyd nivå ( $L'_{n,w}$ ) for massivtreelement for etasjeskille med over – og underside eksponert har  $L'_{n,w} = 77-85$  dB, i variasjon av tykkelse og elementtype [16].

Tabell 2.7. Lydkrav enkelte bygningstyper fra NS 8175, lydklasse C angir minimumskrav [30].

| Lydkrav                   |  | Luftlydisolasjon, $R'_w$<br>eller $R'_w + C_{50-5000}$ |          | Trinnlyd nivå, $L'_{n,w}$<br>eller $L'_{n,w} + C_{1,50-2500}$ |          |
|---------------------------|--|--|----------|---|----------|
|                           |  | Klasse B   | Klasse C | Klasse B  | Klasse C |
| Boliger                   | Mellom boenheter,<br>og boenheter<br>og fellesareal    | 58   | 55       | 48  | 53       |
|                           | Mellom rom internt<br>i boenhet                        | 43   | -        | 63  | -        |
| Kontorer                  | Mellom kontorer,<br>kontorer og<br>og fellesarealer    | 40   | (37)     | 58  | (63)     |
| Skoler                    | Mellom klasserom,<br>og klasserom<br>og fellesareal    | 52   | 48       | 58  | 63       |
| Barnehager<br>fritidshjem | Mellom rom for<br>søvn og hvile,<br>og andre fellesrom | 52   | 48       | 53  | 58       |

For å hindre lydbølger i å gå fra gulv til vegg, kan det brukes lyddempende list på gulv-, vegg- og takelement. Lyddempingen vil være med på å ta opp lydfriksjoner, og forhindre friksjon som oppstår mellom de forskjellige bygningselementene som vegg, gulv og tak [16]. Eksempel på lyddempende list er vist i Figur 2.19.



Figur 2.19. Lyddempende list [16].

Flanketransmisjon i horisontal retning kan brytes ved at man legger inn en lydfuge som et konstruksjonsskille hvor veggelementer møter gulv dekke. Dette gjør at det ikke vil være noen strukturell binding mellom veggelementet og gulvelementet [31] som vist i Figur 2.20.



Figur 2.20. Lyddempende fuge [31].

De prefabrikkerte våtrommene skal ha vaskemaskin og tørketrommel. Tiltak for å bygge lydisolert kan benyttes. Det kan være lurt å ta med andre støykilder i prosjekteringen som: dusj, toalett, vask og liknende.

Det er vanlig praksis å bygge bad vegg i vegg grunnet felles avløpsledning med rørdiameter Ø 110 mm. Når to bad står vegg i vegg mellom to boliger, vil det føre til at krav om lydklasse C fra NS 8175:2012 [27] mellom boenheter på 55 dB må opprettholdes [30].

I avløpsrør oppstår det friksjon mellom rør og trevirke når vann tappes [32]. Dette kan unngås med god klamring av rørene. Cellegummi tape kan benyttes mellom rør og trevirke før patentbånd dras rundt til klamring, eller annen godkjent klamring benyttes. I rørgjennomføringer kan godkjent lim benyttes til fuging. Klamring og lim av rør er vist i Figur 2.21.



Figur 2.21. Baderomsmodul Brødrene Dahl [2].

### 2.3.5 Massivtre og brann

Massivtreelementer har en tett og massiv oppbygning, som gir gode egenskaper for brann og flammepåkjening. I en brann vil massivtre gradvis forkalles innover i materialet fra brannside, noe som gjør at sjikt bak brann vil være beskyttet. Sjektet får lav temperaturpåkjening og liten økning i temperatur. Fasthet og stivhet vil være tilnærmet uendret. En nominell innbrenningshastighet lik 0.7 mm/min kan benyttes for limte krysslagte elementer, mens det for krysslagte dyblede elementer kan benyttes en innbrenningshastighet som er lik 0.8 mm/min. Elementene har spesifikasjoner som gjør at de kan dimensjoneres for å bevare bæreevnen R, integritet E og isolasjon I med den høyeste brannklassen. Forbindelseskomponentene og tilhørende beskyttelse kan være det som er mest kritisk i brann av elementene [16].

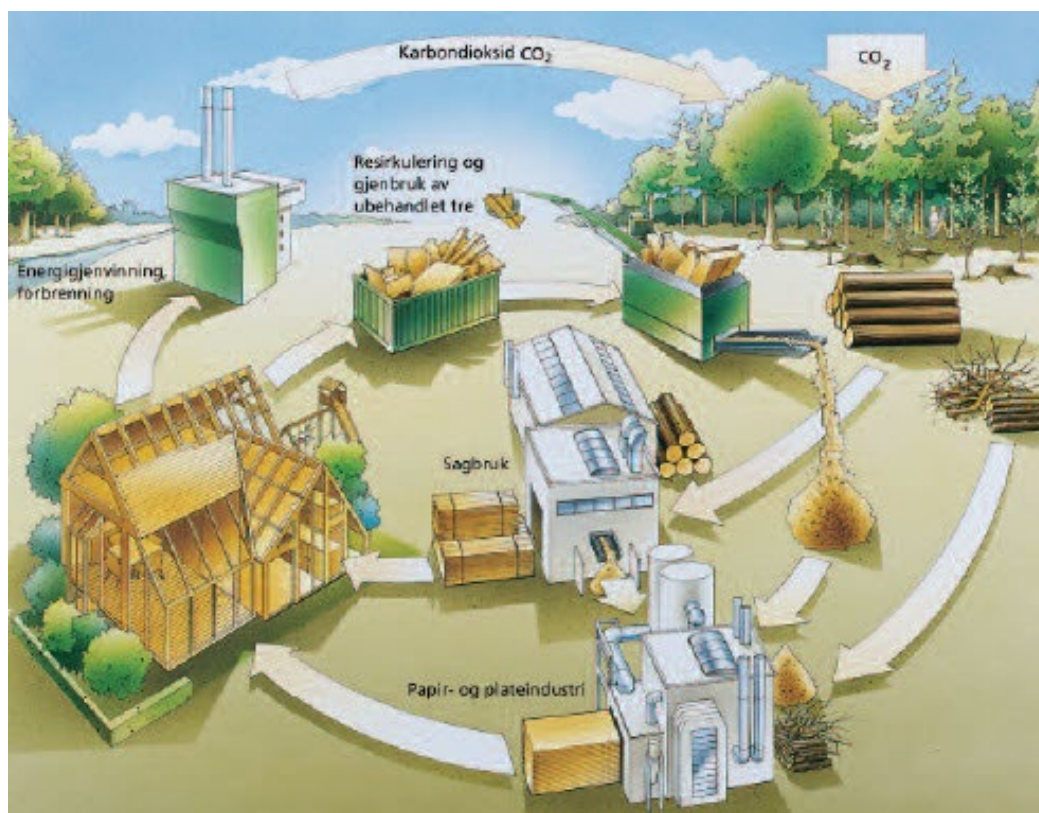
Plan- og bygningsloven TEK fra 1997 [33] gir større muligheter til valg av løsninger og materialbruk. Dette gir gode alternativer for mer bruk av trematerialer i byggverk. Forskriften gir økt fleksibilitet for bærekonstruksjonen og overflater inn- og utvendig.

I våtromsmodulene skal vann og avløpsrør som har gjennomføringer gjennom brannskiller, utføres slik at røyk og brann ikke sprer seg. Gjennomføringene skal på ingen måte svekke brannmotstanden til brannskillet. Det er derfor viktig å bruke godkjent branntetting som fugemasse eller brannmansjetter. Disse må være klassifisert for bruken og ha samme brannmotstand som resten av konstruksjonen [34].

I denne oppgaven er det prosjektert med at våtromsmodulene skal stå mest mulig sentrert i leiligheten eller boligen. Dette medfører at modulene ikke grenser vegg i vegg med naboileilighet, hvor brannvegg skal benyttes. Våtromsmodulene må likevel prosjekteres til brannklasse gitt av det enkelte byggeprosjektet.

### 2.3.6 Miljø

Massivtre er laget av tre som er et fornybart naturlig materiale. I Norge er trevirke et av de mest miljøvennlige materialene vi har tilgjengelig. Tre er bærekraftig og lages av produksjonsprosesser som krever lite energi. Tre reduserer karbondioksid ( $\text{CO}_2$ ) utslippene og bidrar til et godt innneklima [16]. Omtrent 90 % av norsk skog er sertifisert for bærekraftig skogbruk i henhold til internasjonale standarder. I naturens kretslop inngår treets hovedbestanddel som er karbon. Karbon har en naturlig utveksling mellom atmosfæren og jordens økosystemer. Gjennom prosesser av respirasjon, fotosyntese, forbrenning og nedbrytning utgjøres en karbonsyklus. Treet går tilbake til naturens kretslop etter levetid både når materialet brytes ned naturlig eller brennes. Materialer av tre kan gjenvinnnes til produkter som fiberplater, sponplater, eller til  $\text{CO}_2$ -nøytral bioenergi. Massivtreelementer har enkel kildesortering og stor gjenbruksmulighet fordi det ofte oppnås færre sjikt i konstruksjonene [16]. Figur 2.22 viser treets livssyklus.



Figur 2.22. Treets livssyklus [16].

## 3 Metode

### 3.1 Fremgangsmåte

Oppgaven er delt inn i følgende åtte arbeidstrinn:

1. Opparbeide kunnskap om prefabrikkerte våtrom av fire etablerte bedrifter for prefabrikkerte bad med teknisk godkjenning gjennom SINTEF Certification.
2. Sammenlikne de fire våtromsmodulenes egenskaper ved bruk av tabell.
3. Innhente tekniske data og fakta om massivtre.
4. Kontakte bedrifter og personer med kompetanse innen de fagområdene denne oppgaven handler om.
5. Lage forslag til teknisk håndbok for våtrom av massivtre med og uten forede vegger og tak.
6. Lage forslag til detaljtegninger for byggemetode av våtromsmodulene.
7. Finne mest mulig tekniske fordeler og ulemper for byggemetodene.
8. Analysere forslagene til våtromsmodulene tverrfaglig med fordeler og ulemper.

Oppgavens primære fokus, er å finne forslag til løsninger for å bygge prefabrikkerte bad av massivtre. Badene skal bygges med eller uten utforinger av vegger og tak. Finne mulige løsninger til den mest kritiske fasen for prefabrikkerte bad som er logistikk og kranheising av badet. Finne tekniske løsninger og konstruksjonsmetoder. Se om det finnes nye metoder som kan legges til i oppgaven, utover det bedriften Green Advisers AS har forespurt.



## 3.2 Program

### Archicad

Archicad [35], er et verktøy for bygningsinformasjonsmodellering av: plantegninger, detaljtegninger, arealplaner, arbeidstegninger, fasadetegninger med fler. Byggetegninger eller andre tekniske tegninger for bygning av flere etasjer, blir laget digitalt i programmet. Hus, næringsbygg eller andre komplekse byggverk kan modelleres.

Programmet er mye brukt av ingeniører, arkitekter og er kjent for sitt gode visuelle design. Man kan legge inn en ønsket løsning, visualisere denne, og få ut et bilde som likner et reelt foto. Det er også mulig å visualisere i tre dimensjoner.

Archicad har en måleenhet som kan settes til: meter, desimeter, centimeter eller millimeter. Det kan velges flere desimaler, fire desimaler for meter eller en desimal for millimeter. Programmet kan gi ut tegninger av målestokk i intervaller fra 1:1 til 1:5000. Målestokk 1:1 betyr at en centimeter på tegning, tilsvarer en centimeter i virkeligheten. Målestokk 1:5000 betyr at en centimeter på tegningen, tilsvarer femtusen sentimeter i virkeligheten.

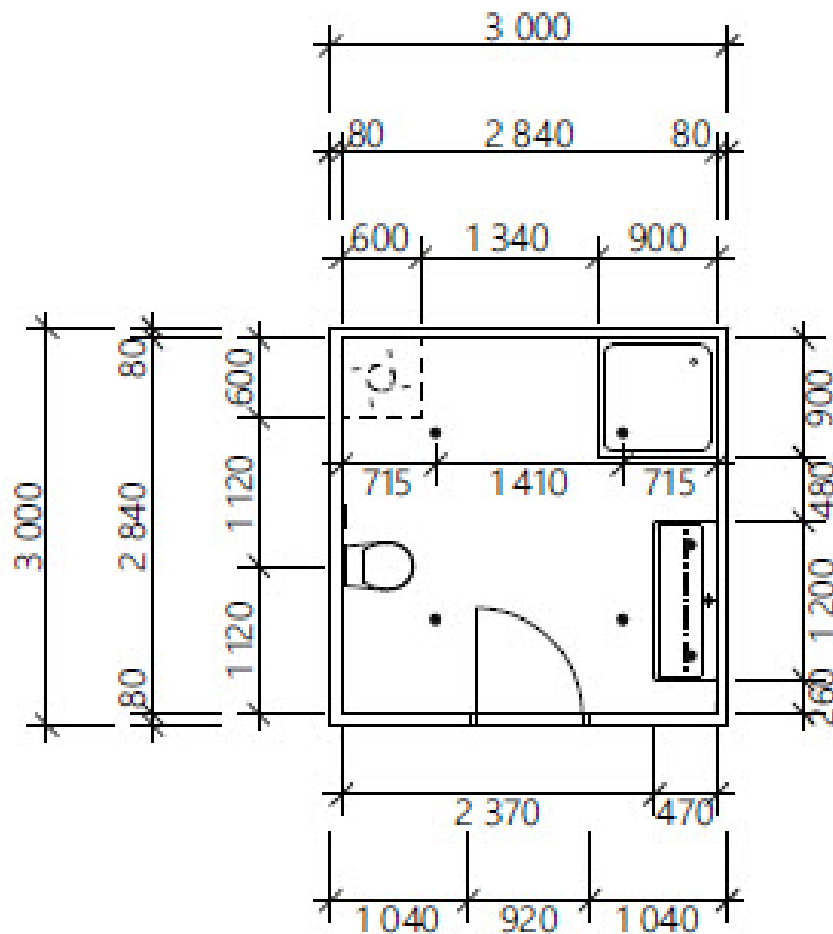
Archicad har vært det mest relevante digitale verktøyet for gruppa. Detaljtegningene har blitt laget med nøyaktige mål, funnet for de gitte produktene i det norske byggevaremarkedet.

Figur 3.1 viser et forslag til prefabrikkert bad som er modelert i 3D (tredimensjonal) ved bruk av Archicad. Badet er komplett med utstyr som: vegghengt toalett, dusj, servant, speilskap, flis og lys av typen downlight. Dør til entré er plassert i vegg som er kuttet, og er derfor ikke synlig på bildet.



Figur 3.1. Prefabrikkert våtromsmodul i 3D (laget av Stig Morten Lyse).

Figur 3.2 viser et forslag til plantegning for prefabrikkert bad laget i Archicad, og måleenhet er mm. Mål på veggelementene av massivtre er satt til 80 mm, og ekstra veggsmål må legges til i prosjekteringen da disse vil variere i form av tykkelser på: flis, plater, underkledning membran, lekter og andre vegg komponenter. Mål på dusj er 900 mm x 900 mm samt servant og speilskap har 1200 mm bredde. Badet er komplett med alt utstyr, og er det samme badet som ble modellert i 3D vist i Figur 3.1 på forrige side.



Figur 3.2. Plantegning prefabrikkert våtromsmodul (tegnet av Stig Morten Lyse).

## **4 Forslag til teknisk håndbok for prefabrikkerte våtrom av massivtre**

Det finnes få eller kanskje ingen tekniske håndbøker for prefabrikkerte våtrom av massivtre i det norske markedet. Dette kapitlet viser forslag til nye byggemetoder for prefabrikkerte våtrom av massivtre. Massivtreelementene er prosjektert til bruk som elementer i vegger, tak og gulv. Konstruksjonen til modulene skal kun bære egenvekt, tåle transport og heising. Konstruksjonen er ikke dimensjonert for bæring av andre bygningsdeler. Resultatene i kapitlet er viktige for videre arbeid, da de tar for seg forskjellige løsninger for å bygge våtromsmodulene på.

Forslagene til byggemetodene i denne oppgaven baserer seg på de faktaopplysninger som er gitt fra eksterne og interne kilder. Alle samtaler som er utført av personer med kompetanse på massivtre har informert om at det er mulig å bygge våtrom av massivtre. Det er viktig å følge de krav og regler som er gitt både i teknisk forskrift, våtromsnormen i SINTEF Byggforsk, eller dokumentere andre godkjente preaksepterte løsninger.

Forslag til flere konsepter man kan bygge etter for å holde produksjonen så smart og bærekraftig som mulig ved å følge FNs (Forente Nasjoners) bærekraftsmål, er også en del av håndboken.

Viktige hovedprinsipper for våtrom:

1. Skal alltid ha sluk.
2. Skal ha fall mot sluk.  
Fall min 1:50 i dusjsone og skjulte overflater. Fall min 1:100 på resterende gulvflate.
3. Sluk og gjennomføringer skal ha godkjente membransmansjetter og være tett for mulige vannskader
4. Gulvet skal være vanntett.
5. Vegger i våtsone skal være vanntett.
6. Overflater i våte soner skal være av fuktrobuste materialer.
7. Ventilasjon skal være god.
8. Rør og sanitæranlegg skal være lett tilgjengelig for inspeksjon, kontroll og vedlikehold.  
Lekkasje skal kunne oppdages og avledes raskt uten vannskader.
9. Praksis å bygge hele våtrommet av fuktrobuste materialer istedenfor sone inndeling.
10. Nedslagsfelt for dusjgarnityr skal være 0.8 m og for sluk 0.8 m.
11. Slukrist skal ligge min. 300 mm fra ferdig vegg på alle sider av sluket [36].
12. Dusj bør lages med nedsenk i gulvet. Dette for å slippe vann på resten av gulvet dersom skvettlisten på dusjdørene ikke er god.

## 4.1 Byggemetode av våtromsmodul uten foring

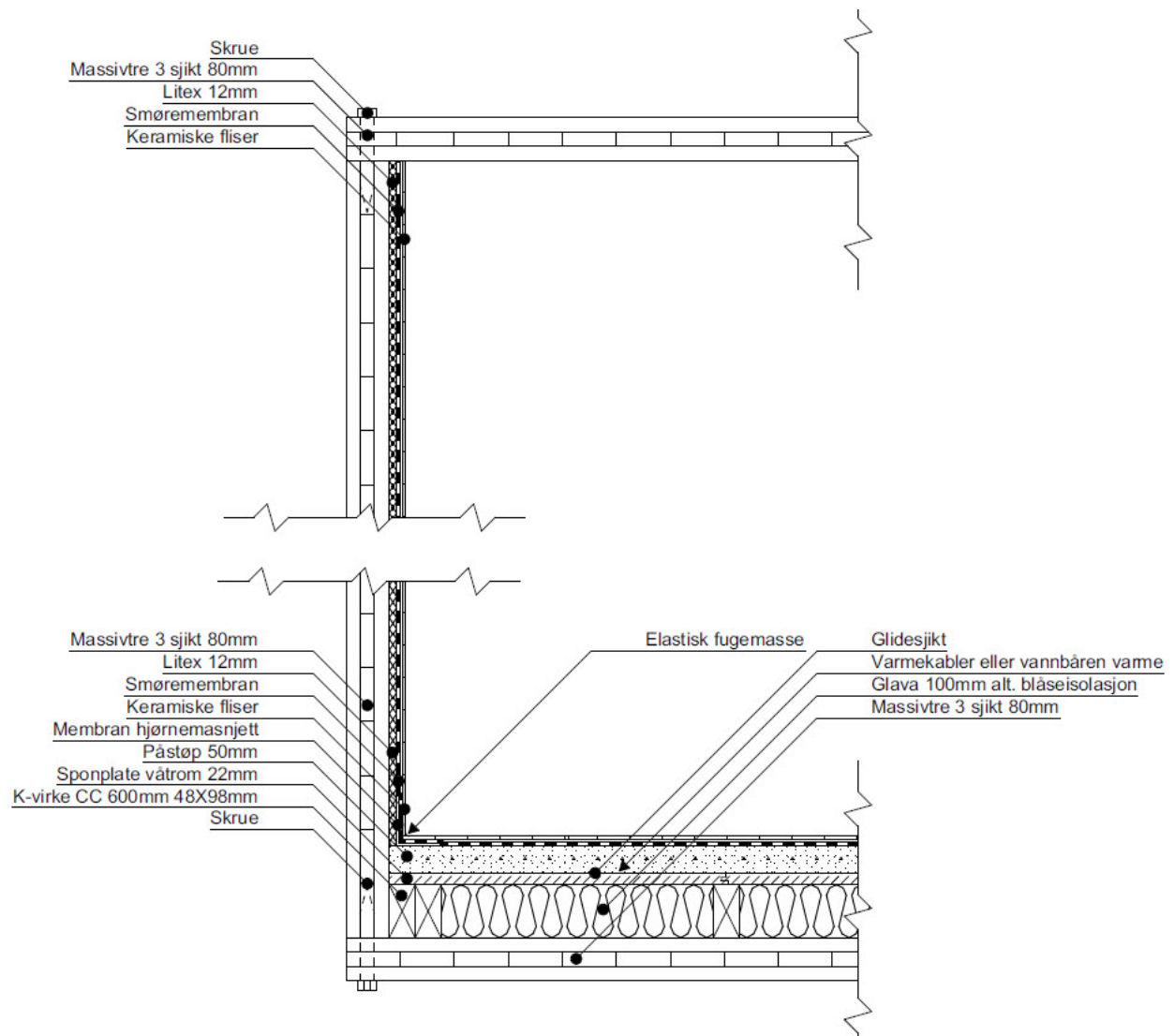
Massivtre kan brukes som konstruksjonselementer for prefabrikkerte våtrom. Det kan være tilstrekkelig med en 80 mm tykk massivtreplate av tre stykk krysslagte sjikt for vegger, tak og gulv [24]. Veggene består av massivtreelementer som freses for utsparinger til tekniske installasjoner. Gulvkonstruksjonen bør bygges likt som et vanlig bad fra andre etasje i et bolighus der massivtre brukes som undergulv i konstruksjonen.

Bjelkelag av konstruksjonsvirke i dimensjonene 48 mm x 98 mm med fasthetsklasse C24 eller tilsvarende benyttes. Dette bidrar for høyde til sluket, og et hulrom under konstruksjonen som kan lydisoleres mot flanketransmisjon eller brannteknisk. Blåseisolering, eventuelt isolering med glass-, eller steinullsplate kan benyttes.

En sponplate med 22 mm tykkelse beregnet for å tåle fukt, legges over bjelkelaget. Glidesjikt bør benyttes over sponplaten, slik at underkonstruksjon og flislaget får frie bevegelsesmuligheter.

En 50 mm tykk betongplate støpes med falloppbygging 1:100 på gulvet, og fall til sluk 1:50. Vannbåren varme eller varmekabler legges i bunn av betongstøpen [24].

Over støpen benyttes membran, rør- og slukmansjetter, med flislagt gulv til overflate. Grunnet liten bevegelse i trevirket som følge av at modulen er så liten, kan det antas at 5 cm støp vil holde uten å få deformasjoner eller sprekker som følge av bevegelse [24]. Forslag til detaljtegning for byggemetode er gitt i Figur 4.1.



Figur 4.1. Vertikalsnitt gulv/vegg og vegg/tak (tegning av Stig Morten Lyse).

Massivtreelementet for dusjvegg med blandebatteri freses for utsparinger til veggboksene i de tre dimensjonene (x,y,z) referert til Figur 4.2.

Alternativ 1 – to utsparinger:

- X-retning: 41 mm dypt i trevirke + 5 mm slingringsmonn = 46 mm
- Y-retning: Høyde for fresing skal være 1000-1150 mm fra ferdig gulv. 1418 mm fra bunn gulvelement. Senter blandebatteri til ferdig gulv skal være 1000-1150 mm.
- Z-retning: 64 mm + 5 mm slingringsmonn = 69 mm. Det må være 150 mm i senteravstand mellom vannboksene, og hvert spor freses med 69 mm utsparinger. Det benyttes to stykk freste spor med senteravstand = 150 mm for varmt og kaldt vann.

Alternativ 2 – en slisse:

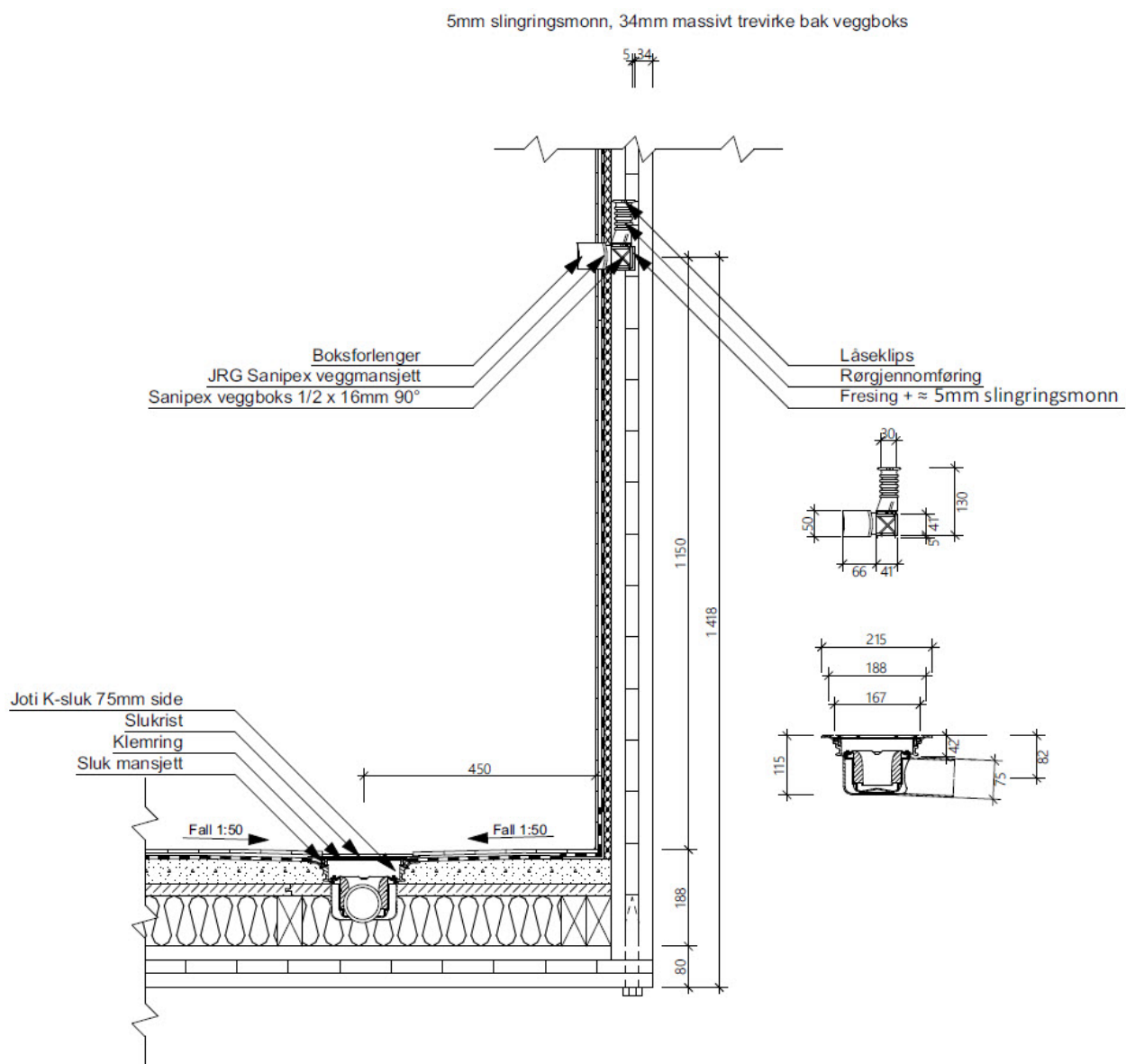
- X-retning: minimum utsparing på 46 mm dybde
- Y-retning: 200 mm for utsparing, sentrert i høyde 1000-1150 mm fra ferdig gulv, alternativt 1418 mm fra bunn gulvelement.
- Z-retning: minimumsmål 225 mm

Slisse lages med mulighet for å forskyve veggboksene. Veggbokser til dusj har senteravstand mellom varmt og kaldt vann = 150 mm [37].

Servant kan ha samme mål dersom senteravstand på veggboksene mellom kaldt og varmt vann er 150 mm. Høyden y-retning for veggboksene kan settes  $\approx 550$  mm. Servantskapet som tenkes brukt i våtromsmodulen må velges og måles på forhånd. Dette for at veggboksene til vannuttaket skal passe til utsparingen i skuffene til innredningen.

Etter fresing til veggbokser vil det være  $\approx 34$  mm massivt trevirke bak veggboksene. Hvor mye fresing svekker konstruksjonen er ikke tatt med i denne oppgaven, og bør beregnes. Forslag til byggemetode med sluk og veggboks for vann i dusjsone er vist i detaljtegning Figur 4.2.





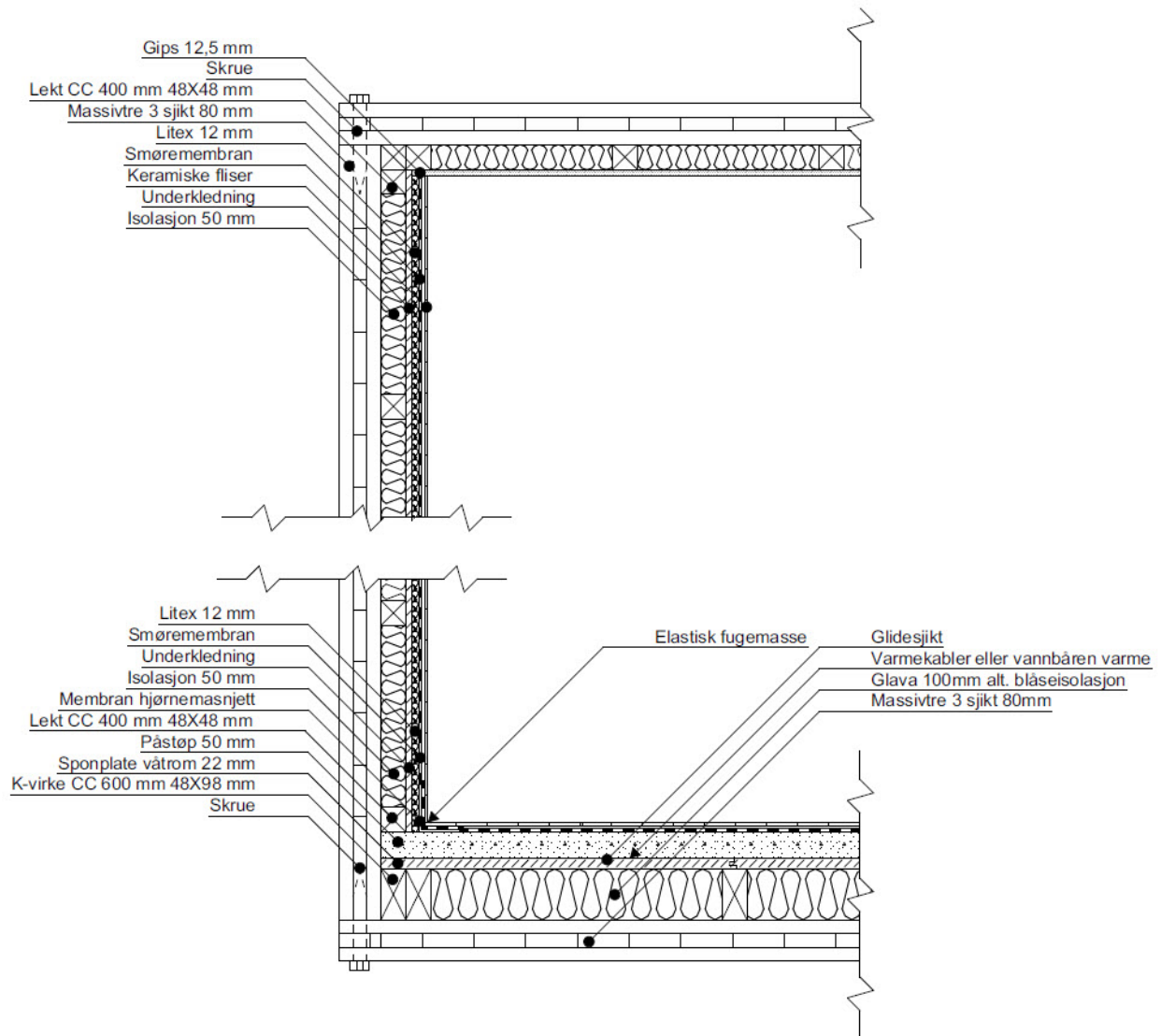
Figur 4.2. Vertikalsnitt sluk og veggboks (tegning av Stig Morten Lyse).

## 4.2 Byggemetode av våtromsmodul med foring

Ved å benytte lekter av dimensjonene 48 mm x 48 mm, vil man slippe å frese utsparinger for tekniske installasjoner. Teknisk utstyr til vann og elektriske installasjoner passer bak lektene.

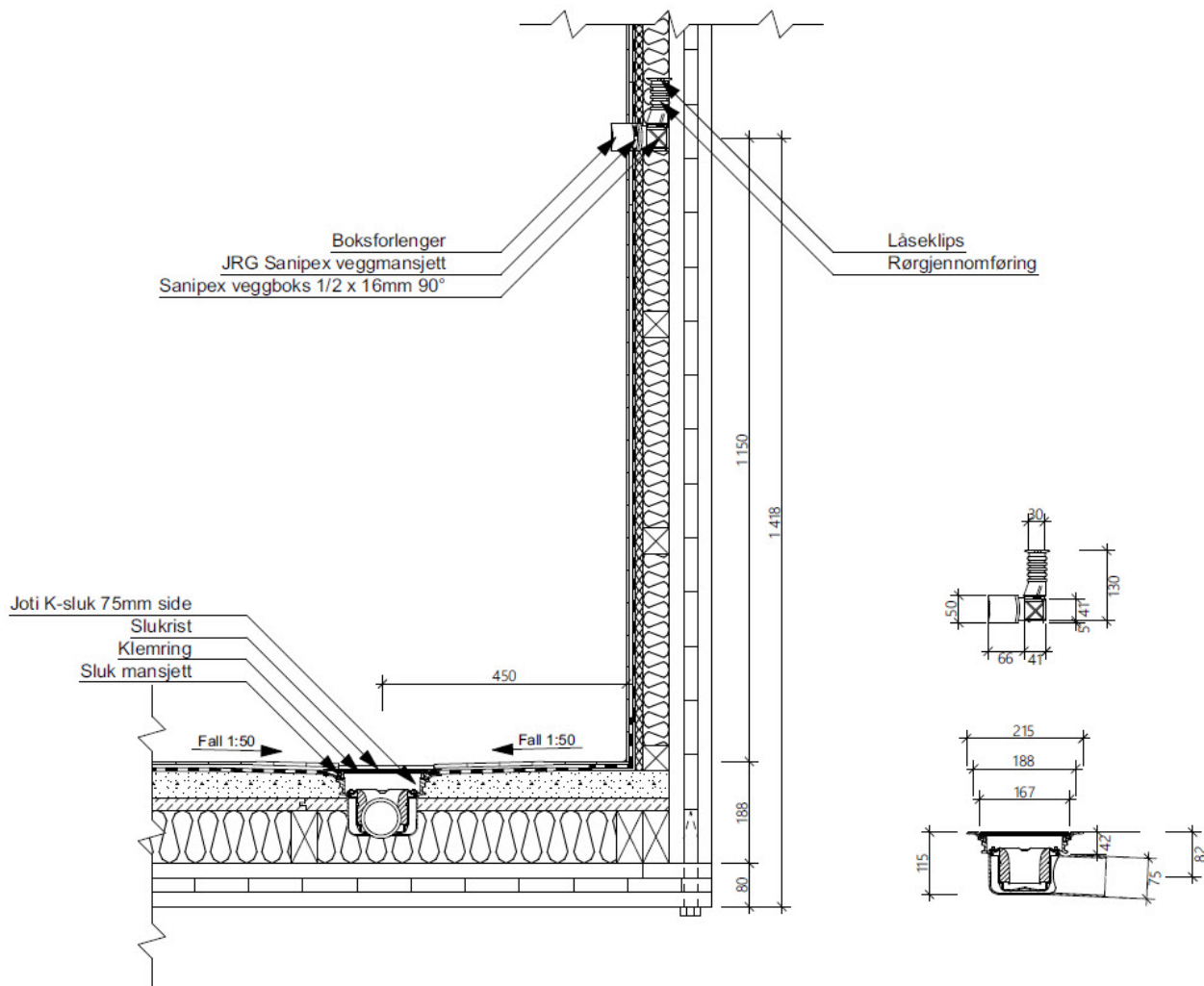
Bjelkelaget skrus inn i gulv- og veggelementene for sammenføring. Ved å sløyfe bjelkelaget på denne måten, øker konstruksjonens styrke. For ekstra avstivning kan kubbing av bjelkelaget i gulvkonstruksjonen benyttes [17].

Flis som er ferdiglagt på våtromsplater av Litex eller tilsvarende, monteres på veggene før taket monteres. Dette muliggjør heising av konstruksjonsmaterialer inn i modulen på fabrikken med kran. Forslag til byggemetode er vist på neste side i detaljtegning Figur 4.3.



Figur 4.3. Vertikalsnitt gulv/vegg og vegg/tak med utforing (tegning av Stig Morten Lyse).

Våtromsplatene festes til veggene med skruer, før smøremembran og godkjente membransmansjetter for skjøter, hjørner og skruer påføres. Våtromsplatene skrues inn i en underkledning festet i lektene, for en stivere og sterkere veggflate. Våtromsplatene skrues på plass før smøremembran og flis påføres. Membran skal være hel i alle skjøter, hjørner, porer og sprekker. Godkjente membransmansjetter benyttes i overganger, skjøter og sluk [38]. Forslag til byggemetode med foring, sluk og veggboкс for vann i dusjsone er vist i detaljtegning Figur 4.4.



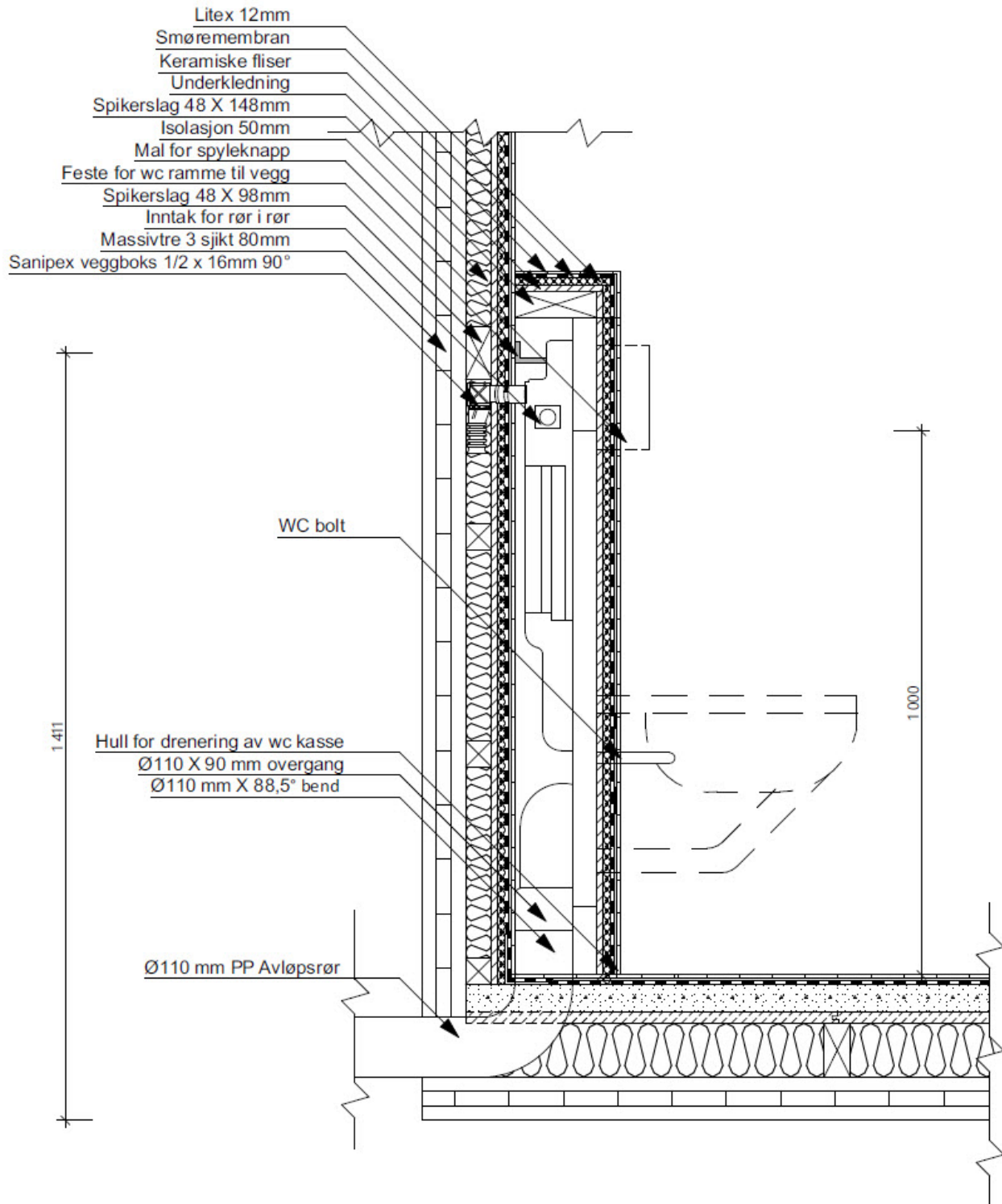
Figur 4.4. Vertikalsnitt sluk og veggboкс med utføring (tegning av Stig Morten Lyse).

I takkonstruksjonen benyttes et 80 mm massivtreelement av tre sjikt, med åpen overflate. Overflatekondens vil oppstå, og unngås med god ventilasjon [10]. Forborede hull for ventilasjon freses i tak eller vegg. Godkjent våtromsfug benyttes til fuktsikring i alle hjørner og overganger. Våtromsfugen kan overmales med godkjent våtromsmaling [39]. Gipsplater med våtromsmaling og sparkel kan benyttes som alternativ [40].

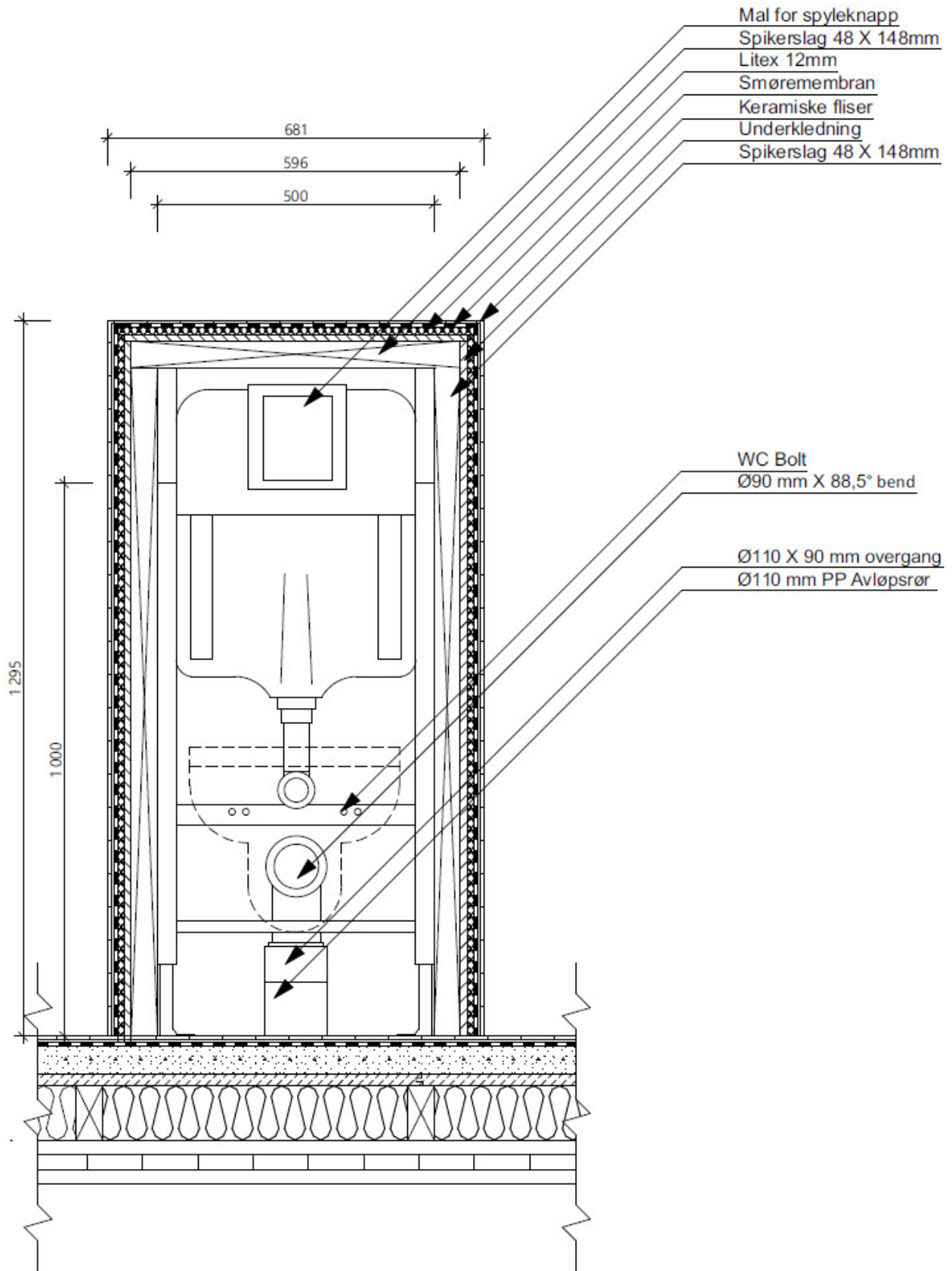
### **4.3 Tekniske installasjoner av våtromsmodul**

For å unngå farer knyttet til hengende laster, bør tilkobling under våtromsmodulen unngås. Tekniske installasjoner kan gjøres tilkoblingsklar fra vegger eller tak. Som et alternativ til avløp under modulen, kan avløpsrør føres gjennom veggen for tilkobling. Avløpsrør for toalett føres ned i gulvet og ut horisontalt i bjelkelagets lengderetning og annet VVS-utstyr forgrenes inn på avløpet. For skjult tilkobling, bygges synlig utvendig avløp inn i en kasse på våtromsmodulens utside.

Rammen for vegghengt toalett monteres etter flislegging av vegger og gulv, for å unngå bryting av membran. Når rammen monteres over en tett sone, gir det lekkasjesikring. Ved utforing bør spikerslag benyttes bak rammen. Føttene på rammen limes til gulvet, for å unngå skruer som kan treffe varmerør eller bryte membran i gulvet. Figur 4.5 viser forslag til detalj av ramme i sideprofil, og Figur 4.6 i profil forfra.



Figur 4.5. Vertikalsnitt toaletteramme med utforing profil fra side (tegning av Stig Morten Lyse).



Figur 4.6. Vertikalsnitt toalettramme med utforing profil forfra (tegning av Stig Morten Lyse).

For å unngå rørskjøter ved bruk av vannbåren varme, kan ekstra rørlengder medfølgende modulen ruller på kveil.

Mål til rør i rør skap varierer, men har felles dybdemål 107 mm inn i veggen for at skaprammen skal passe for rør i rør systemet JRG Sanipex. Skal skapet stå jevnt med veggflaten det felles inn i, må målene av tykkelse på flis, våtromsplater, lekter og underkledning trekkes fra før fresing.

#### 4.4 Festemetode av våtromsmodul

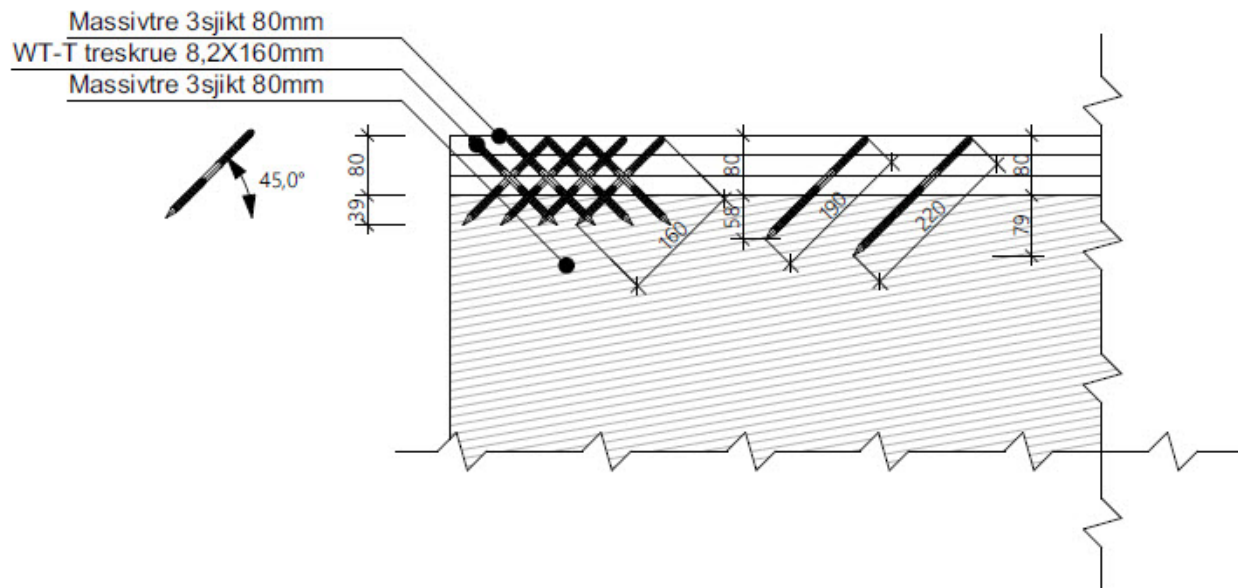
Massivtreelementene festes med å skru elementene i hverandre. Bedriften SFS Intec Norge har flere systemer for dette. Bedriften anbefalte å bruke hel- eller dobbeltgjenget WT-T skruer med skruelengde 160 mm, 190 mm eller 220 mm. For mer styrke, føres skruene gjennom trevirket i 45°. Festemetoden benyttes også for større dimensjoner massivtre i bransjen [41].

Detaljtegning Figur 4.7 viser forslag til festemetode hvor skruene skrues i 45°. Tegningen viser tak og vegg sammenskrudd. Tegningens nøyaktighet viser at skruelengde 160 mm kan være for kort. Skruen går 39 mm inn i neste element med skruvinkel 45°, som vist i Tabell 4.1.

Tabell 4.1. WT-T skruelengde og sammenføring (tabell av Stig Morten Lyse).

| Skruelengde (mm) | Skruelengde 45° (mm) | Forankringsdybde (mm) |
|------------------|----------------------|-----------------------|
| 160              | 119                  | 39                    |
| 190              | 138                  | 58                    |
| 220              | 159                  | 79                    |





Figur 4.7. Vertikalsnitt forankring av massivtreelement (tegning av Stig Morten Lyse).

Figur 4.8. viser et eksempel på skrått vinkelfeste til forsterkning på et massivtreelement med utsparing for dette [42].



Figur 4.8. Eksempel skruing av vinkelfeste på massivtreelement [42].

## 4.5 Løftemetode

Den mest kritiske fasen i byggeprosessen for prefabrikkerte våtrom er under transport og heising [10]. Prefabrikkerte bad av massivtre har en antatt totalvekt  $\approx 3$  tonn = 29.42 kN (kilonewton) [10].

- Treskrue Assy kobmbi dimensjonene 12 mm x 120 mm og 12 mm x 180 mm kan kjøpes hos Würth. Skruen er spesielt godt egnet for transportanker og elementproduksjon [43].
- Til løfting velges fire løftepunkter til å fordele lastene på. Hvert løftepunkt får en belastning  $\approx 29.42\text{kN} / 4 = 7.355$  kN.
- Skruene fra Würth er markert i Tabell 4.2 på neste side, og viser belastningen skruene tåler gitt av formel  $\kappa_c \cdot N_{pl,k}$ . Formelen beskriver knekkekapasitet til skruen gitt i kN i henhold til tabellen [44].
- Skruen med dimensjon 12 mm x 180 mm tåler laster  $\leq 5.12$  kN, blir for svak og er markert rødt i Tabell 4.1 på neste side.
- Skruen med dimensjon 12 mm x 120 mm tåler laster  $\leq 9.46$  kN, blir sterk nokk, og er markert grønn i Tabell 4.1 på neste side.
- Skruen med dimensjon 12 mm x 120 mm vil ha  $9.46$  kN  $- 7.355$  kN =  $2.105$  kN i sikkerhetsmargin for 3 tonn totalvekt på våtromsmodul for hvert løftepunkt.
- Ved behov for mer løftekraft for tyngre moduler, så lages et hull i massivtreelementet. En dybel føres gjennom hullet, og rundslings stropper dras rundt [24].

Tabell 4.2 Karakteristisk bæreevne for skruene  $\kappa_c \cdot N_{pl,k}$  i kN [44].

| Free screw length $l$ between batten and rafter [mm] | ASSY plus VG                   |      |      |       |      | ASSY Isotop |
|--|--------------------------------|------|------|-------|------|-------------|
|  | Outer thread diameter $d$ [mm] |      |      |       |      |             |
|  | 6.0                            | 8.0  | 10.0 | 12.0  | 14.0 | 8.0/ 10.0   |
|  | $\kappa_c \cdot N_{pl,k}$ [kN] |      |      |       |      |             |
| $\leq 100$   | 1.02                           | 2.96 | 7.49 | 12.10 | 19.8 | 9.19        |
| 120  | 0.77                           | 2.25 | 5.79 | 9.46  | 15.8 | 7.55        |
| 140  | 0.60                           | 1.77 | 4.60 | 7.57  | 12.8 | 6.22        |
| 160  | 0.48                           | 1.43 | 3.73 | 6.17  | 10.5 | 5.18        |
| 180  | 0.39                           | 1.17 | 3.08 | 5.12  | 8.74 | 4.36        |
| 200  | -                              | 0.98 | 2.60 | 4.31  | 7.40 | 3.71        |
| 220  | -                              | 0.83 | 2.21 | 3.68  | 6.33 | 3.19        |
| 240  | -                              | 0.71 | 1.90 | 3.18  | 5.48 | 2.77        |
| 260  | -                              | 0.62 | 1.65 | 2.77  | 4.78 | 2.43        |
| 280  | -                              | 0.54 | 1.45 | 2.44  | 4.23 | 2.14        |
| 300  | -                              | 0.48 | 1.28 | 2.16  | 3.74 | 1.91        |
| 320  | -                              | 0.43 | 1.14 | 1.92  | 3.34 | 1.71        |
| 340  | -                              | 0.38 | 1.02 | 1.73  | 3.00 | 1.54        |
| 360  | -                              | 0.34 | 0.92 | 1.56  | 2.71 | 1.39        |
| 380  | -                              | 0.31 | 0.84 | 1.41  | 2.46 | 1.26        |
| 400  | -                              | 0.28 | 0.76 | 1.29  | 2.24 | 1.15        |
| 420  | -                              | 0.26 | 0.70 | 1.18  | 2.05 | 1.06        |
| 440  | -                              | 0.24 | 0.64 | 1.08  | 1.88 | 0.97        |
| 460  | -                              | 0.22 | 0.59 | 1.00  | 1.74 | 0.90        |
| 480  | -                              | 0.20 | 0.54 | 0.92  | 1.61 | 0.83        |

Til heising av våtromsmodulen kan følgende metode og utstyr benyttes:

1. Treskrue Assy kombi skrues inn i våtromsmodulens hjørner, og transportanker festes i skruehode som vist i Figur 4.9.
2. Harpesjakkell med mutterbolt for løfteklassene 0 tonn – 12 tonn [45], benyttes mellom transportanker og løftestropper rundsling for å feste stroppene som vist i Figur 4.10 og 4.11. Stroppene kan også skjøtes i hverandre med harpesjakkell.
3. Et løftepunkt i hvert hjørne gir fire løftepunkter. Våtromsmodulen kan heises med kran som har krok eller liknende på samme måte som er vist i Figur 4.12



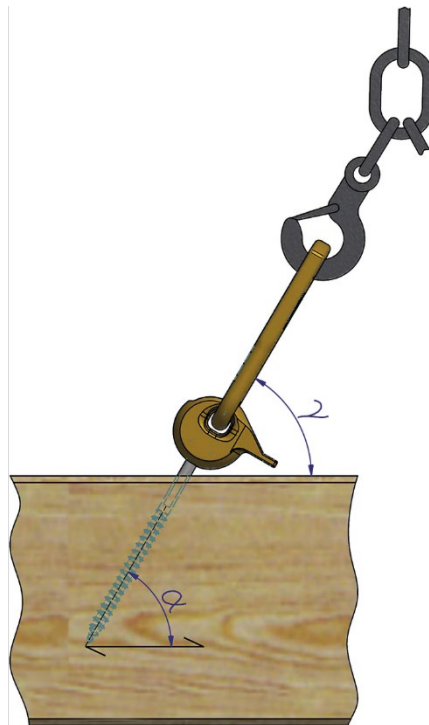
Figur 4.9. Würth transportanker og treskrue Assy kobmbi [43].



Figur 4.10. Würth Harpesjakkell med mutterbolt [45].



Figur 4.11. Würth løftestroppe rundsling [46].



Figur 4.12. System for transportanker [47].

## 4.6 Transportsikring

Under transport og heising utsettes våtromsmodulen for vibrasjoner, brå bevegelser og støt. Sikring av utstyr i våtromsmodulen er viktig. Sanitærutstyr som dusjdører er vanligvis laget av herdet glass for å sikre at personer ikke skal skades dersom dørene skulle knuse med store skår. Glasset vil derfor gå i tusenvis av små biter ved glassbrudd [48]. Dusjdørene kan sikres med at de kiles inntil veggen. Isopor eller liknende brukes mellom veggen og glassflaten. Dusjdørene må hvile fritt i en låst posisjon uten å stå i spenn. Påføres dusjdørene horisontale eller vertikale krefter på glassflaten, vil de sannsynligvis gå i brudd.

Modulene bør ha vegghengt speil eller speilskap med over - og underfester. Speilet låses mot vibrasjoner under transporten og heisingen ved å legge inn isoporbiter eller liknende bak speilet. Skal speilskap benyttes, bør speildørene tas av under transporten. Flere speilskap har dørløsninger som enkelt tar av og på dørene. Alternativt kan dørene punktlimes med et lite silikonpunkt som holder dørene låst inntil speilskapet. Silikon fjernes enkelt etterpå med et produkt som heter Tec7 Cleaner [49].

Vegghengt toalett er festet med bolter til rammen, og er godt sikret ved normal montering. Toalettlokket sikres med å dra en spennrem mellom vannlåsen under toalettet og over toalettlokket for å hindre at lokket slår. Eksempel til spennrem er vist Figur 4.13.



Figur 4.13. Clas Ohlson spennrem [50].

Under transporten sikres våtromsmodulene godt med godkjente jekkestropper egnet for vekten til modulene.

## 4.7 Bygge smart og bærekraftig

Smart bygging med bærekraftige materialer og gode bærekraftige løsninger er et viktige tema for å bedre miljøet.

Green Box har utviklet et miljøkonsept i deres fabrikk som hensyntar bærekraftsmålene til FN (Forente Nasjoner) [51]. Et av konseptene kalles for grønn flyt, som betyr at vannet gjenvinnes i størst mulig grad for å spare miljøet for unødvendig vannbruk. Vannforbruket fra dusjen som renner ned i sluket, brukes videre i sirkulasjon opp til toalettet.

Toalettet spyles med vann som er rensset og gjenvunnet fra dusjen. Vannet renses først i et grovfilter som tar opp hår og smuss fra dusjvannet, og videreføres til en finere rensing, som fjerner bakterier som legionella eller liknende. Green Box har redusert vannforbruket sitt med 27 % på fabrikken med bruk av denne teknologien [52]. Figur 4.14 viser FNs bærekraftsmål nummer seks, rent vann og gode sanitærforhold som denne løsningen bidrar til [53].



Figur 4.14. Bærekraftsmål nummer seks, rent vann og gode sanitærforhold [53].

Å bygge kraftig infrastruktur, fremheve bærekraftig industri og støtte innovasjon, er et viktig konsept som gjøres etter følgende punkter:

- God adgang til velutdannet og innovativ arbeidskraft.
- God avfallshåndtering med godt tilrettelagt miljøstasjoner for kildesortering.
- Energien for produksjon kan utvinnes bærekraftig med fjernvarme fra miljøvennlige energikilder.
- Stasjonere fabrikkene nasjonalt for en mer kortreist produksjon og redusert klimafotavtrykk.
- Redusere betongbruk i våtromsmodulene som vil gi et lavere utslipp karbondioksid (CO<sub>2</sub>). Betong kun i gulvet bidrar til et lavere CO<sub>2</sub> utslipp enn moduler med betong i vegger og tak [51].

Figur 4.15 viser FNs bærekraftsmål nummer ni, industri innovasjon og infrastruktur som løsningene bidrar til [54].



Figur 4.15. Bærekraftsmål nummer ni, industri, innovasjon og infrastruktur [54].



Konseptet for å sikre bærekraftig produksjon og forbruk er essensielt for produksjonen av prefabrikkerte våtrom. Metoder som kan benyttes er:

- Papirløs byggeprosess.
- Tegninger og data lages digitalt med bruk av BIM (byggningsinformasjonsmodellering).
- Bruke QR-kode (quick response code, mosaikkode) for produktskanning som bidrar til lavere papirforbruk og effektivisert digitalisering.
- FDV (dokumentasjon for forvaltning, drift og vedlikehold) lages digitalt for å redusere papirforbruket.
- Innføre det offisielle nordiske miljømerket (svanemerke) som øker ivaretagelsen av miljøet [55].

Den danske produsenten Green Box har redusert sitt papirforbruk med minimum tre hundre tusen ark ved å digitalisere sin byggeprosess [51]. De nevnte metodene bidrar til FNs bærekraftsmål nummer tolv, ansvarlig forbruk og produksjon, vist i Figur 4.16.



Figur 4.16. Bærekraftsmål nummer tolv, ansvarlig forbruk og produksjon [56].

Fokus på helse, miljø og sikkerhet er et viktig konsept som bidrar til god helse og livskvalitet, og kan gjøres med følgende punkter:

- Ansattes helse skal tas på alvor.
- Fabrikk utstyres med godt medisinsk nødutstyr for å håndtere alle typer ulykker.
- Verneutstyr skal være lett tilgjengelig.
- Årlige livredningskurs.
- Holde kurs for ansatte; ernæringskurs, treningskurs med fokus på helse og sunn kost.
- Holde fokus på fysisk aktivitet for ansatte, sykle til jobb eller liknende.
- Påse at ansatte ikke går under hengende last, ved å følge byggemetoden som unnlater tekniske tilkoblinger under våtromsmoudlen.

Tiltakene bidrar til bedre helse, velvære og tjenester til ansatte [57]. Figur 4.17 viser FNs bærekraftsmål nummer tre, god helse og livskvalitet [58].



Figur 4.17. Bærekraftsmål nummer tre, god helse og livskvalitet [58].

## 5 Diskusjon

### 5.1 Våtromsmodul av massivtre uten foring

Byggemetode med massivtreelementer uten å fore ut vegger, krever at spor eller slisser freses for tekniske installasjoner til skjult montering i vegger og tak. Rørføringer og veggbokser for vann og strøm installeres i sporene som er frest. Fresing kan gjøres med avansert utstyr som CNC (computer numerical control). Resultatet av dette, er et større bruksareal (BRA) i modulen. På den andre siden kan fresingen svekke konstruksjonens styrke og bæreevne grunnet redusert platetykkelse i freste områder.

Veggene skal ikke isoleres utover det massivtreelementene isolerer i egen materie. Ulemper med dette er at problemer med flanketransmisjon kan oppstå, og lyd bli overført gjennom våtromsmodulen og inn i oppholdsrom. Personoppholdet i boenheten kan påvirkes negativt av støy fra vaskemaskin, spyling i toalettet, eller andre støykilder. For reduksjon av støy og vibrasjoner, kan lydlist benyttes på veggelementene i overgangene gulv/vegg og vegg/tak.

Ved en plateforskyvning, endring, eller behov for å tilpasse massivtreelementene på en annen måte under bygging, vil ikke slissesporene passe lenger. Det kan resultere i avvik på mål for utstyr. Senteravstand fra ferdig vegg til blandebatteriet på dusjen vil bli 40 cm istedenfor 45 cm om veggplaten forskyves 5 cm, gitt at det var tiltenkt standard dusjdører på 90 cm x 90 cm.

Veggkomponenter som Litexplater (membransplater), flis og flislim kan festes direkte til veggen uten bruk av underkledning bak Litexplatene. Dette resulterer i at platetykkelsen kan reduseres for våtromsplatene.

Ved en eventuell skjevhet, sprekk, søkk eller vridning i massivtreelementet, vil det bli vanskelig å rette ut skjevhetene grunnet manglende justeringsmuligheter. Når vegger og tak er foret ut, kan justeringsskruer benyttes for å justere skjevheter. Litexplatene bør ligge helt inntil veggelementet uten hulrom bak flis, for å hindre at flisene sprekker.

Utstyr som: baderomsinnredning, speilskap, dusjgarnityr, knagger eller annet utstyr kan skrues direkte inn i veggen uten plugger, med bruk av lange skruer som treffer i trevirket bak veggkomponentene. Massivtre uten foring vil gi gode festemuligheter i veggen.

Plugger kan likevel benyttes for å sentrere skruen mest mulig i gjennomføringen til flisen. Pluggen kan også gi noe motstand mellom skrueobjektet og flisen, slik at skader ikke oppstår på flis ved hard skruing.

Lys i taket kan bli en utfordring da downlight må felles inn i hull i taket. Downlight er lys som kobles i serie og kan brukes i alle rom. Lysene sjenerer ikke og blir ofte brukt i dagens boligmarked. Lysene krever en kasse for brannsikring, downlightkasse. Kassen passer himling i tak  $\geq 48$  mm. Spotlightkassen Multibox TEK fra SG Armaturen har mål: lengde = 330-600 mm, bredde = 250 mm og høyde = 48 mm. Kassen gir justeringsmuligheter til å få spottene på linje med hverandre før boring for innfelling i taket innenfor de målene som er gitt [59].

Downlight for våtrom som ikke krever kasse kan benyttes: Junistar Lux IsoSafe in/outdoor fra bedriften SG Armaturen. Den er godkjent for våtrom og trenger ikke kasse [60]. Ulempen med og ikke bruke kasse, er at man ikke får muligheten til å forskyve spottene om de skulle komme ut av linjeposisjon til hverandre.

## 5.2 Våtromsmodul av massivtre med foring

For byggemetode med massivtreelementer som skal fores ut, velges lekter av konstruksjonsvirke med dimensjonene 48 mm x 48 mm. Fresing av spor til tekniske installasjoner kan unngås i tak dersom det velges nedforet himling i taket med gips.

Dersom åpent tak velges som metode, bør spor freses for tekniske installasjoner. Ved god avstand mellom modultaket og tak på eksisterende bygg, kan fresing unngås.

Downlight kan monteres fritt i taket ved himling i tak av gips eller liknende nedforet med lekter av 48 mm x 48 mm.

Fordeler med å fore ut veggene og eventuelt taket med 48 mm x 48 mm lekter, er at det vil være mulig å isolere innvendig side av veggen med 50 mm glass – eller stålullisolasjon på steder det ikke er montert tekniske installasjoner. Veggbokser, trekkerør og rør i rør vil kunne tilpasses fritt i veggen som er foret ut. Ved endringer kan boksene enkelt flyttes og justeres innenfor foringen. Dette kan føre til redusert arbeidstid for håndverkere.

Materialforbruket vil øke som følge av utforing, noe som kan medføre økte kostnader. For en stivere veggkonstruksjon kan underkledning festes til lektene før Litexplatene skrues på. Veggene skal tåle både flis, flislim, fugemasse, diverse utstyr og innredning. En senteravstand mellom lektene på 400 mm gir mer styrke enn lekting med senteravstand 600 mm. Utforing vil ha negativ innvirkning på modulens bruksareal (BRA), da lekter og underkledning opptar ekstra plass.

Ved søkk, vridning, skjevhet eller sprekk i massivtreelementet, vil justeringsskruer i lektene enkelt justere bort dette. Alternativt kan kiler benyttes bak lektene for retting av vegg. Ved montering av innredninger, dusjdører eller annet utstyr som skal festes til veggen, vil skruene få mindre areal trevirke å bite i som følge av hulrommet bak lektene. Underkledning bidrar til økt skruereal for innfestingen.

Plugger kan benyttes for skruesentrering i gjennomgangen til flisen. Plugger kan gi noe motstand mellom flisen og skruobjektet som beskytter mot skruskader. Ulemper med foring er at håndverkere må bruke ekstra tid på boring hvis de skal krysse en lekt med rørføringer for å installere veggboksene eller liknende. Det kan føre til økt arbeidstid og kostnader.

### **5.3 Våtromsmodulvalg**

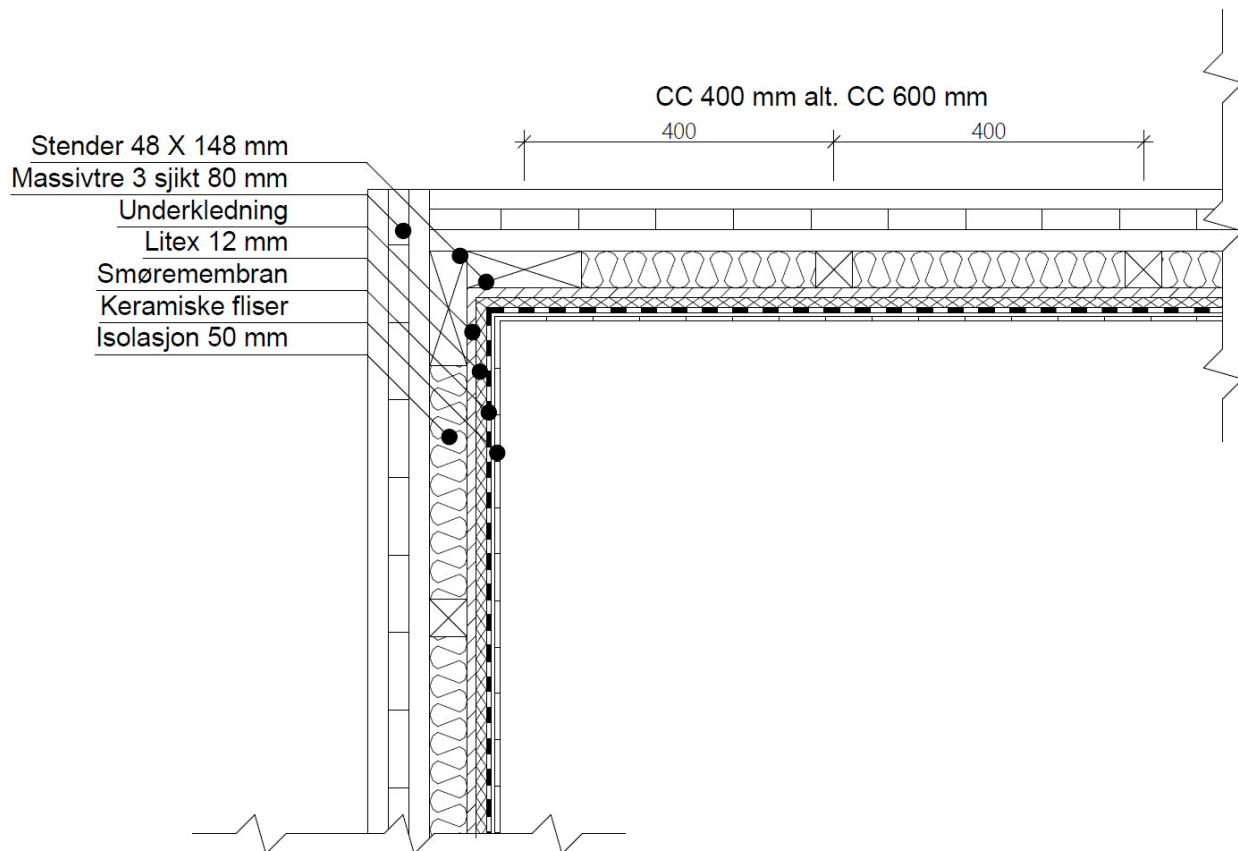
Modulene av massivtre med, og uten foring har begge sine fordeler og ulemper. Modulen uten foring må freses, og det blir ikke mulig å lydisolere på innvendig side. Skal modulen isoleres må den isoleres fra utvendig side. Modulen som lektes ut vil kunne isoleres med en 50 mm glass- eller steinullsisolasjon.

Fresing for utsparinger kan svekke styrken til massivtreelementene, som medfører at kritiske punkter knyttet til fresepunktene kan oppstå. Modulene vil utsettes for høye krefter under den mest kritiske fasen som er heising og transport [10].

Modulen med forede vegger vil ikke ha kritiske punkter knyttet til fresing. Men en annen utfordring her kan være at vekten vil bli noe høyere på modulen enn modulen med fresing som følge av økt materialbruk.

Våtromsmodulen med foring kan bli noe stivere enn modulen som freses. I alle hjørner kan det brukes 48 mm x 98 mm stender eventuelt 48 mm x 148 mm stender som står plassert med den 48 mm tykke siden i retning vendt innover i badet som vist i Figur 5.1.

Metoden kan bidra til avstivning av alle hjørnene, slik at veggene vil bli noe stivere. Underkledningen kan også ha en positiv innvirkning på stivheten. Ulempen med foring er at modulen blir tyngre, som resulterer i at kreftene som går gjennom veggene og ned i gulvet under heising og transport blir større [10].



Figur 5.1. Horisontalsnitt vegg med utforing (tegning av Stig Morten Lyse).

Et våtrom vil med årene bli gammelt, slitt, og få behov for rehabilitering. Det kan tenkes at det blir mer arbeid å pusse opp våtrommet som har freste spor i veggene, dersom tekniske installasjoner flyttes til andre steder i rommet.

Om våtrommet pusses opp uten utforinger, må nye spor freses med elektrisk håndsag som feinsag eller liknende. Å frese spor for hånd vil være tidkrevende og kostbart. I et våtrom med forede vegger vil man kunne forflytte skjulte tekniske installasjoner fritt i badet. Om rør blir for korte under forflyttingen av utstyret, kan disse trekkes om, noe som uansett må gjøres for begge metodene ved en rehabilitering.

Man står også mer fritt til å forflytte utstyr som toalett, dusj, servant, lys og lysbrytere med forede vegger, enn med vegger som har freste utsparinger fra fabrikk ved en eventuell rehabilitering av våtrommet.

Når vegghengt toalett skal benyttes, må det brukes en godkjent ramme for dette som tåler belastningene. Rammen kan ettermonteres når vegger og gulv er laget ferdig med membran og flis.

Rammen trenger spikerslag til de øverste festene for våtromsmodulen med foring. Benyttes lange skruer, vil ikke spikerslag for rammen være nødvendig for våtromsmodulen uten foring. Modulen med foring bør ha spikerslag for rammen av konstruksjonsvirke 48 mm x 98 mm, eventuelt 48 mm x 148 mm.

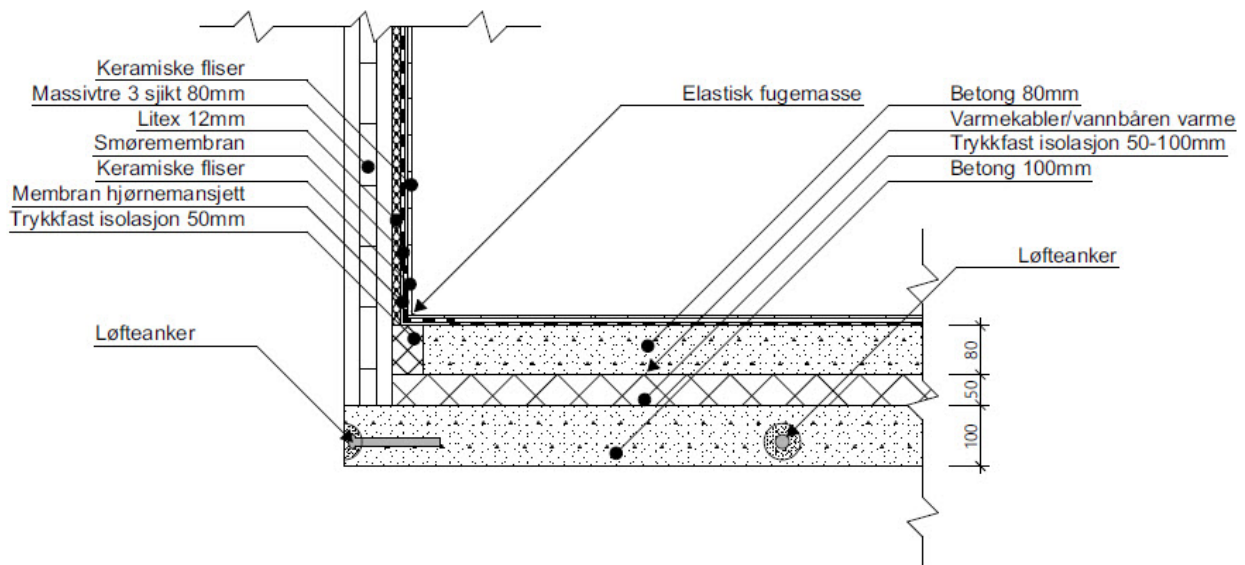


## 6 Videre arbeid

### 6.1 Alternative byggemetoder

Å bygge gulvkonstruksjonen av massiv betong kan være lurt fordi det vil være muligheter for å støpe inn flere betonganker til bruk av løfting og forflytning. Betonganker fås i variable dimensjoner, og benyttes for festepunkter til løfting av tyngre betongkummer og betongelementer. Løfteanker tåler flere tonn horisontalt og vertikalt. Bedriften Peikko leverer lange anker i lasteklasse fra 1,3 tonn til 32 tonn per anker [61]. Løfteanker kan legges inn en meter fra alle hjørnene, og med to eller flere i midten for å unngå skader på betongdekke og flis. Støpen kan bygges med trykkfast isolasjon i midten av dekket for å eliminere kuldebro. Alternativt støpes dekket uten trykkfast isolasjon dersom det ikke er farer for kuldebro. Stål kan ha negativ innvirkning på miljøet og et miljøregnskap, derfor bør løfteanker av gjenbrukt stål benyttes.

Figur 6.1 viser et detaljforslag til byggemetode for betongdekke med løfteanker.



Figur 6.1. Vertikalsnitt betongdekke med løfteanker (tegning av Stig Morten Lyse).

En løsning til gulvkonstruksjonen for modulene, er å erstatte bjelkelaget av 48 mm x 98 mm med et bjelkelag av dimensjonene 48 mm x 148 mm. Dette vil gi muligheter til å justere fall for avløpsrør i diameter Ø 110 mm. Rørene vil passe bedre, og fresing av utsparinger for rør i bunn av gulvkonstruksjonen, samt slisse spor i sponplatene til gulvet, kan unngås.

En annen løsning er å fore ut vegger til våtromsmodulene utvendig. Dette gjøres etter montering på byggeplass eller fabrikk. Foring av veggene utvendig vil gi muligheter for skjulte installasjoner som stikkontakter, elektriske brytere og liknende.

Stikkontakter, ledninger, lysbrytere eller annet elektrisk materiell blir skjult i veggen dersom den fores ut med lekter av 48 mm x 48 mm konstruksjonsvirke. Kunden slipper da å ha ledninger, brytere eller stikkontakt lagt synlig åpent på vegg.

Våtromsmodulene skal stå mest mulig sentrert i boligen de plasseres i. Ønske om muligheter for stikkontakter eller liknende vil derfor fort kunne oppstå fra kunde eller byggherre.

Andre fordeler med å fore ut veggene på utvendig side er at det vil bli plass til å legge ekstra isolasjon. Dette vil redusere varmetapet og forbedre isoleringer mot eventuell flanketransmisjon som kan oppstå.

## 6.2 Videre beregninger

Oppgavens tekniske omfang har medført at det ikke ble tid til økonomiske eller statiske beregninger. For å finne ut hvor mye de forskjellige våtromsmodulene vil tåle under påkjenninger som påføres modulen bør statiske beregninger gjøres for hver modul.

For å finne ut om hvilken modul som lønner seg økonomisk, bør nøyaktige økonomiske beregninger gjøres for hver modul. Det er vanskelig å si om kostnadene for fresingen av den ene modulen vil kompensere for kostnadene av de ekstra materialene som brukes for modulen med foring. Dette bør beregnes nøyaktig, og arbeidstimer bør noteres.

For å finne ut hvilke miljøpåvirkning våtromsmodulene har gjennom hele livsløpet, fra råvarer tas ut, til produksjon, og avhending, bør det lages en EPD på grunnlag av en livsløpsanalyse. EPD (Environmental Product Declaration, miljødeklarasjon) er ikke laget for de fire prefabrikkerte badene fra SINTEF Certification som er med i denne oppgaven. EPD vil bidra til å øke nyttig bærekraftig dokumentasjon som kreves for fremtiden.

## Konklusjon

Det har her blitt undersøkt hvilke av byggemetodene for våtromsmodulene som vil være hensiktsmessig å bygge. Disse byggemetodene kan ikke vurderes nøyaktig uten fullstendig informasjon om totalkostnader og miljøregnskap.

Ser man bort fra pris og miljøregnskap, kan det tenkes at modulen med forede vegger egner seg godt til formålet. Modulen med forede vegger kan antas lettere å rehabilitere når badene blir gamle. Den har også flere fleksible muligheter for skjult montering av tekniske installasjoner, med muligheter for 50 mm isolasjon innvendig mellom lektene.

Økonomisk vil det lønne seg å bygge prefabrikkert, istedenfor på byggeplass. Tilbakemelding fra folk i næringen har antydning at kostnadene for å bygge prefabrikkert ble redusert med cirka 50 %.

Det er sannsynlig at prefabrickerte våtrom kan bygges smartere og mer bærekraftige med bruk av grønn energi, gjenbruk, kildesortering, papirløs byggeprosess, og liknende.

Det er i oppgaven vist og gjort rede for at massivtre er et bærekraftig materiale.

Nasjonal drift av fabrikk, vil gi et lavere klimafotavtrykk blant annet som følge av kortreist produksjon og redusert behov for logistikk.

## Referanser

- [1] SINTEF Byggforsk, Bruk av prefabrikkerte våtromsmoduler. Prosjekteringshensyn, oktober.2017.  
[https://www.byggforsk.no/dokument/5182/bruk\\_av\\_prefabrikkerte\\_vaatromsmoduler\\_prosjekteringshensyn#i1](https://www.byggforsk.no/dokument/5182/bruk_av_prefabrikkerte_vaatromsmoduler_prosjekteringshensyn#i1) [Funnet 31.03.2022].
- [2] A. Carlsson, *Prefabrikkerte bad*. Intervju med Anders Carlsson 30.03.2022.
- [3] SINTEF Certification, TG 20434 BD prefabrikkert baderomsmodul, 17.12.2015.  
<https://www.sintefcertification.no/Product/Index/3181> [Funnet 04.04.2021].
- [4] Pipelife, SMARTLINE, 2022.  
<https://www.pipelife.no/bygg/vvs/smartline.html> [Funnet 04.04.2022].
- [5] SINTEF Certification, TG 20398 Viken Baderomsmodul, 18.12.2015.  
<https://www.sintefcertification.no/Product/Index/2971> [Funnet 06.04.2022].
- [6] SINTEF Certification, TG 2448 Probad prefabrikkerte baderomsmoduler, 22.05.2006.  
<https://www.sintefcertification.no/Product/Index/1572> [Funnet 06.04.2022].
- [7] SINTEF Certification, TG 20628 Badekabine, Green Box One, 11.04.2019.  
<https://www.sintefcertification.no/Product/Index/9650> [Funnet 07.04.2022].
- [8] SINTEF Certification, Prefabrikkerte baderomsmoduler.  
<https://www.sintefcertification.no/Contents/Index/157> [Funnet 09.04.2022].
- [9] SINTEF Byggforsk, Krav til fallforhold, overflater og underlag, 01.12.2017.  
[https://www.byggforsk.no/dokument/2710/krav\\_til\\_fallforhold\\_overflater\\_og\\_underlag](https://www.byggforsk.no/dokument/2710/krav_til_fallforhold_overflater_og_underlag) [Funnet 10.04.2022].
- [10] J. Dørum, *Prefabrikkerte våtrom*. Intervju med Joakim Dørum 27.01.2022.
- [11] G. Liebe, Brannklassifisering, Store Norske Leksikon, 16.08.2021.  
<https://snl.no/brannklassifisering> [Funnet 09.04.2022].
- [12] Direktoratet for byggkvalitet, Innledning til kapittel 11 Sikkerhet ved brann,  
<https://dibk.no/regelverk/byggteknisk-forskrift-tek17/11/i/innledning/>  
[Funnet 09.04.2022].
- [13] SINTEF, Våtromslaboratoriet.  
<https://www.sintef.no/alle-laboratorier/vatromslaboratoriet/> [Funnet 09.04.2021].

- [14] epd-norge, Hva er en EPD?  
<https://www.epd-norge.no/hva-er-en-epd/> [Funnet 10.04.2022].
- [15] Norsk klimastiftelse, Vårt Klimafotavtrykk.  
<https://klimastiftelsen.no/om-oss/vart-klimafotavtrykk/> [Funnet 10.04.2022].
- [16] J. A. og G. G, Fokus 20 - Massivtre, Norsk Treteknisk Institutt.  
<https://www.treteknisk.no/publikasjoner/fokus-pa-tre/20--massivtre> [Funnet 11.04.2022].
- [17] SINTEF Byggforsk, Massive treelementer typer og bruksområder, 01.05.2001.  
[https://www.byggforsk.no/dokument/3009/massive\\_treelementer\\_typer\\_og\\_bruksomraader](https://www.byggforsk.no/dokument/3009/massive_treelementer_typer_og_bruksomraader) [Funnet 16.04.2022].
- [18] SINTEF Byggforsk, Etasjeskillere i massivtre, 01.10.2009.  
[https://www.byggforsk.no/dokument/3367/522891\\_etasjeskillere\\_i\\_massivtre#i24](https://www.byggforsk.no/dokument/3367/522891_etasjeskillere_i_massivtre#i24) [Funnet 17.04.2022].
- [19] B. Pedersen, hygroskopisk, Store Norske Leksikon, 21.12.2020.  
<https://snl.no/hygroskopisk> [Funnet 12.04.2022].
- [20] A. Stenstad, *Massivtre i våtrom*. Intervju med Andreas Stenstad 11.04.2022.
- [21] A. Q. Nyrud, Likevektsfuktighet, Store Norske Leksikon, 25.06.2021.  
<https://snl.no/likevektsfuktighet> [Funnet 22.04.2022].
- [22] B. Pedersen, masseprosent, Store Norske Leksikon, 01.05.2021.  
<https://snl.no/masseprosent> [Funnet 05.05.2022].
- [23] SINTEF, Å bygge med massivtre i regnvær, 21.01.2021.  
<https://www.sintef.no/siste-nytt/2021/a-bygge-med-massivtre-i-regnvar/> [Funnet 17.04.2022].
- [24] J. Dørum, *Byggemetode massivtre*. Intervju med Joakim Dørum 19.04.2022.
- [25] Direktoratet For Byggkvalitet, § 13-2. Ventilasjon i boligbygning.  
<https://dibk.no/regelverk/byggteknisk-forskrift-tek17/13/i/13-2/> [Funnet 21.04.2022].
- [26] Direktoratet For Byggkvalitet, TEK17 § 13-6. Lyd og vibrasjoner.  
<https://dibk.no/regelverk/byggteknisk-forskrift-tek17/13/iv/13-6/> [Funnet 18.04.2022].
- [27] Standard Norge, NS 8175:2012, 01.06.2012.  
<https://www.standard.no/no/nettbutikk/produktkatalogen/produktpresentasjon/?ProductID=532803> [Funnet 10.05.2022].

- [28] J. V. Thue, Flanketransmisjon, Store Norske Leksikon, 23.09.2019.  
<https://snl.no/flanketransmisjon> [Funnet 16.04.2022].
- [29] T. Holtebekk, Desibel, Store Norske Leksikon, 11.05.2020.  
<https://snl.no/desibel> [Funnet 18.04.2022].
- [30] G. Glasø, Fokus 36 - Tre og lyd, 01.01.2011.  
<https://www.treteknisk.no/publikasjoner/fokus-pa-tre/fokus-36--tre-og-lyd>  
[Funnet 11.04.2022].
- [31] Norsk treteknisk institutt, Hefte 5 Lyd, 2016.  
<https://www.treteknisk.no/resources/filer/publikasjoner/teknisk-handbok/Hefte-5-Lyd.pdf>  
[Funnet 18.04.2022].
- [32] SINTEF Byggforsk, Lydisolering av gjennomføringer, 01.05.2002.  
[https://www.byggforsk.no/dokument/3054/lydisolering\\_av\\_gjennomfoeringer](https://www.byggforsk.no/dokument/3054/lydisolering_av_gjennomfoeringer)  
[Funnet 18.04.2022].
- [33] Direktoratet For Byggkvalitet, Forskrift om krav til byggverk 1997, 01.07.1997.  
[https://dibk.no/globalassets/byggeregler/tidligere\\_regelverk/forskrift-om-krav-til-byggverk.pdf](https://dibk.no/globalassets/byggeregler/tidligere_regelverk/forskrift-om-krav-til-byggverk.pdf) [Funnet 10.05.2022].
- [34] SINTEF Byggforsk, Gjennomføringer i tunge konstruksjoner. Vanntetthet og brannsikring, 2011.  
[https://www.byggforsk.no/dokument/2721/gjennomfoeringer\\_i\\_tunge\\_konstruksjoner\\_vanntetthet\\_og\\_brannsikring](https://www.byggforsk.no/dokument/2721/gjennomfoeringer_i_tunge_konstruksjoner_vanntetthet_og_brannsikring) [Funnet 18.04.2022].
- [35] GRAPHISOFT Archicad, 2022.  
<https://graphisoft.com/solutions/archicad> [Funnet 05.03.2022].
- [36] S. Geving, *Forelesning - våtrom*. Forelesning med Stig Geving. 29.04.2022.
- [37] Macro Design, Como Dusjbatte, 2021.  
<https://www.macrodeshign.no/como-duschblandare> [Funnet 24.04.2022].
- [38] SINTEF Byggforsk, Våte og tørre soner i badrom og andre våtrom. Valg av membran og ferdig overflate, 01.06.2017.  
[https://www.byggforsk.no/dokument/2720/vaate\\_og\\_toerre\\_soner\\_i\\_baderom\\_og\\_andre\\_vaatrom\\_valg\\_av\\_membran\\_og\\_ferdig\\_overflate#i33](https://www.byggforsk.no/dokument/2720/vaate_og_toerre_soner_i_baderom_og_andre_vaatrom_valg_av_membran_og_ferdig_overflate#i33) [Funnet 21.04.2022].
- [39] Maxbo, Fugemasse, 2022.  
[https://www.maxbo.no/vatromsfug-aquaseal-anthracite-0-3l-300-ml-smp-basert-casco-p705183/?gclid=Cj0KCQjwgYSTBhDKARIsAB8KuksIBbh81DrObpHcfaa70b1\\_j5xAgHxqYDkIMvdgHzesglvc1e8xgoIaAp10EALw\\_wcB&gclsrc=aw.ds](https://www.maxbo.no/vatromsfug-aquaseal-anthracite-0-3l-300-ml-smp-basert-casco-p705183/?gclid=Cj0KCQjwgYSTBhDKARIsAB8KuksIBbh81DrObpHcfaa70b1_j5xAgHxqYDkIMvdgHzesglvc1e8xgoIaAp10EALw_wcB&gclsrc=aw.ds) [Funnet 21.04.2022].

- [40] Jotun, JOTUN Sparkel våtrom, 2022.  
<https://www.jotun.com/no-no/jotun/decorative/interior/products/jotun-sparkel-vatrom/>  
[Funnet 21.04.2022].
- [41] P. Engström-Øren, *Festematriell massivtre*. Intervju med Peter Engström-Øren  
25.04.2022.
- [42] SFS intec, Fastening systems of SFS intec.  
[https://www.sfs.com/sfs\\_download/media/general\\_media/downloadcenter/sfs\\_intec\\_mo\\_no/brosjyrer/trekonstruksjoner/SKRUEFORBINDELSER\\_MASSIV\\_\\_TRE.pdf](https://www.sfs.com/sfs_download/media/general_media/downloadcenter/sfs_intec_mo_no/brosjyrer/trekonstruksjoner/SKRUEFORBINDELSER_MASSIV__TRE.pdf)  
[Funnet 25.04.2022].
- [43] Würth, TRESKRUE ASSY® KOMBI 12X180/145.  
<https://nettbutikk.wuerth.no/festemidler/treskruer/treskrue-assy-kombi-12x180-145#document> [Funnet 08.05.2022].
- [44] Würth, European Technical Approval ETA-11/0190, 05.09.2011.  
<https://nettbutikk.wuerth.no/mediabank/store/7/77415/European-Technical-Approval-ETA-11-0190.pdf> [Funnet 05.03.2022].
- [45] Würth, Harpesjakler med mutterbolt,  
<https://nettbutikk.wuerth.no/bilrekvisita-og-cargo/lofteutstyr/harpesjakler-med-mutterbolt>  
[Funnet 28.04.2022].
- [46] Würth, Rundsling 1-8 Tonn.  
<https://nettbutikk.wuerth.no/bilrekvisita-og-cargo/lofteutstyr/rundsling-1-8-tonn>  
[Funnet 28.04.2022].
- [47] FÖRCH, Transportanker system.  
<https://www.foerch.de/product/b383e8ce-9989-4919-972e-ae52618445f0/transportanker-system> [Funnet 08.05.2022].
- [48] Macro Design, En sikker og trygg dusjvegg.  
<https://www.macrodsgn.no/herdet-glass> [Funnet 28.04.2022].
- [49] Relekta, Tec7 Cleaner.  
<https://www.tec7.no/Default.aspx?ID=3209> [Funnet 28.04.2022].
- [50] Clas Ohlson, Spennrem.  
<https://www.clasohlson.com/no/Spennrem/p/Pr351281000> [Funnet 28.04.2022].
- [51] Green Box, Bygg bæredygtigt.  
<https://greenbox.dk/baeredygtighed/#6> [Funnet 02.05.2022].



- [52] Green Box, Green Flow.  
<https://greenbox.dk/green-flow/> [Funnet 02.05.2022].
- [53] FN-SAMBANDET, 6 rent vann og gode sanitærforhold, 09.02.2022.  
<https://www.fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal/rent-vann-og-gode-sanitaerforhold>  
[Funnet 02.05.2022].
- [54] FN-SAMBANDET, 9 industri, innovasjon og infrastruktur, 23.02.2022.  
<https://www.fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal/industri-innovasjon-og-infrastruktur>  
[Funnet 02.05.2022].
- [55] Svanemerket, Svanemerkets miljøkrav.  
<https://svanemerket.no/miljokrav/> [Funnet 02.05.2022].
- [56] FN-SAMBANDET, 12 ansvarlig forbruk og produksjon, 23.02.2022.  
<https://www.fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal/ansvarlig-forbruk-og-produksjon>  
[Funnet 02.05.2022].
- [57] United Nations Global Compact, Mål 3: God helse.  
<https://globalcompact.no/baerekraftsmaal/god-helse/> [Funnet 02.05.2022].
- [58] FN-SAMBANDET, 3 god helse og livskvalitet, 23.02.2022.  
<https://www.fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal/god-helse-og-livskvalitet>  
[Funnet 02.05.2022].
- [59] SG Armaturen, Multibox TEK.  
<https://www.sg-as.com/nb/produkter/multibox-tek> [Funnet 27.04.2022].
- [60] SG Armaturen, Junistar Lux IsoSafe in/outdoor.  
<https://www.sg-as.com/nb/produkter/junistar-lux-isosafe-inoutdoor> [Funnet 27.04.2022].
- [61] Peikko, KK lange anker.  
<https://www.peikko.no/produkter/produkt/kk-lange-anker/> [Funnet 28.04.2022].
- [62] Certex Norge, Aluminium løfteåk type 6640AL.  
[https://www.certex.no/produkter/lofteredskaper/lofteak/lofteak/aluminium-lofteak-type-6640al-p70754?fbclid=IwAR2NemQhnOeFyfKB9ynY\\_EZcJ6UU9I0hmzPKLaxT8fs4DIK8dyNj-jlwlQE](https://www.certex.no/produkter/lofteredskaper/lofteak/lofteak/aluminium-lofteak-type-6640al-p70754?fbclid=IwAR2NemQhnOeFyfKB9ynY_EZcJ6UU9I0hmzPKLaxT8fs4DIK8dyNj-jlwlQE)  
[Funnet 29.04.2022].
- [63] CarlStahl, Bruksanvisning for Containerkrog RUD VCH 10.  
[http://www.carlstahl.no/media/26239/bruksanvisning\\_containerkrog\\_rud\\_vch10.pdf](http://www.carlstahl.no/media/26239/bruksanvisning_containerkrog_rud_vch10.pdf)  
[Funnet 28.04.2022].

- [64] Peikko, JENKA løfteklokker.  
<https://www.peikko.no/produkter/produkt/jenka-lofteklokker/> [Funnet 28.04.2022].
- [65] Peikko, JENKA korte hylser.  
<https://www.peikko.no/produkter/produkt/jenka-korte-hylser/> [Funnet 28.04.2022].

## Vedlegg

|   |    |
|---|----|
| Vedlegg A – Løftemetoder tyngre våtromsmoduler..... | 78 |
| Vedlegg B – Bilder Brødrene Dahl.....               | 80 |
| Vedlegg C – Fagartikkel.....                        | 84 |
| Vedlegg D – Timeliste .....                         | 86 |
| Vedlegg E – Poster.....                             | 87 |
| Vedlegg F – Detaljtegninger.....                    | 88 |

## Vedlegg A – Løftemetoder tyngre våtromsmoduler

Forslag til løft av tyngre våtromsmoduler vedlagt etter avtale. Referansene i vedleggene inngår i referanselisten. Figur A1. viser hvordan våtromsmodulen løftes på plass.



Figur A1. Løfting av våtromsmodul Brødrene Dahl [2].

For løft med heisekran kan løfteåk benyttes. Heising kan imidlertid føre til utfordringer dersom taket på byggverket som modulen skal heises inn i er satt på.

Løfteåk er en ramme som fordeler kreftene i valgte løftepunkter. De horisontale og vertikale kreftene reduseres da de fordeles på flere løftepunkter. Firmaet Certex har løfteåk i klassene 7 tonn – 16 tonn [62]. Figur A2. viser løfteåk med fire løftepunkter.



Figur A2. Certex aluminium løfteåk [62].

Alternativt forslag til løfting er å lage utsparinger i de nedre hjørnene av gulvelementet tilsvarende konteinerfester. Dette vil gi muligheter for å bruke konteinerkrok til løfting,[63], som vist i Figur A3.



Figur A3. CarlStahl konteinerkrok i konteinerfester [63].

Bedriften Peikko Norge har et system som heter JENKA. Systemet består av korte og lange hylser, løftekroker og annet tilbehør. Løftekrokene JL52 og JLW52 har begge en løftekapasitet på 12500 kg til bruk på tynge våtromsmoduler. Til løftepunkt kan det lages en ramme av stål som brukes for selve heisingen, som man senere demonterer på byggeplassen. Alternativt kan det lages bjelker som våtromsmodulene står oppå, hvor løftekroker festes til bjelkene før løfting [64]. Til løftepunkter kan løfteanker støpes inn i dekket.

Figur A4. viser løftekrok og Figur A5. viser hylser, begge fra systemet JENKA.



Figur A4. JENKA løftekrok [64].



Figur A5. JENKA korte hylser [65].

## Vedlegg B – Bilder Brødrene Dahl



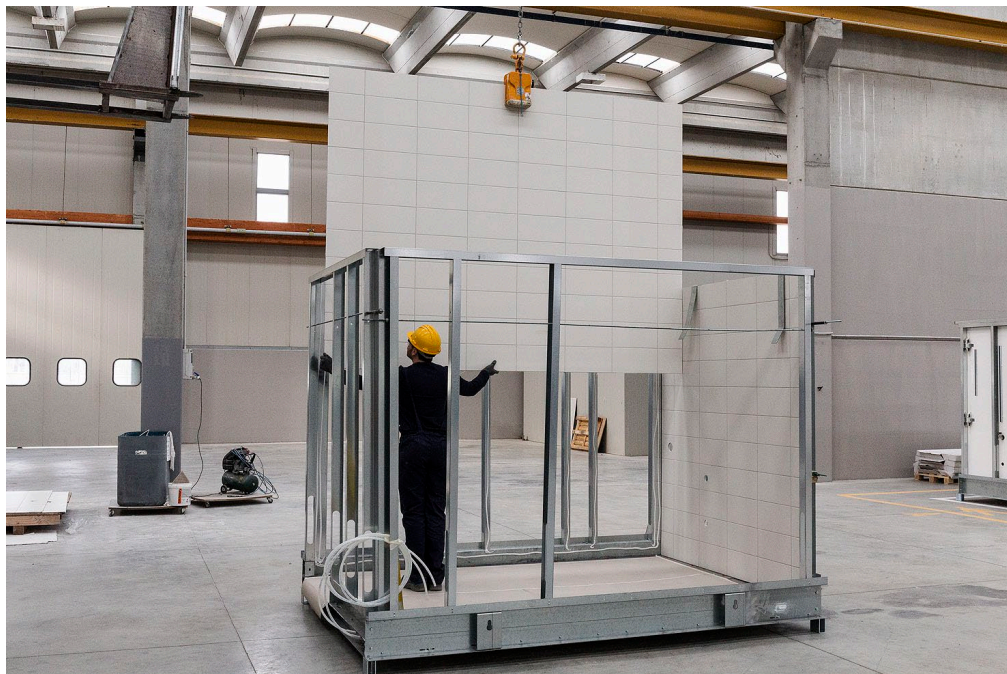
Figur B1. Fabrikk Brødrene Dahl [2].



Figur B2. Transport Brødrene Dahl [2].



Figur B3. Fabrikkmontering Brødrene Dahl [2].



Figur B4. Fabrikkmontering Brødrene Dahl [2].



Figur B5. Prefabrikkert bad Brødrene Dahl [2].





Figur B6. Prefabrikkert bad Brødrene Dahl [2].

## Vedlegg C – Fagartikkel

### **Prefabrikkerte våtrom. Smartere, billigere og mer miljøvennlige.**

#### **Innledning**

Verden står ovenfor klimaendringer som fører til strengere krav og miljøtiltak også i byggebransjen, og behovet for smarte bærekraftige løsninger øker som følge av miljøtiltakene. Våtrom er et sentralt felt i bransjen, som ved å bygges smartere og mer bærekraftig vil bidra til lavere CO<sub>2</sub> (karbondioksid) utslipp, og derfor være nyttig for gode grønne løsninger for fremtiden [i].

Ved å bygge våtrom prefabrikkert, er alle materialer lett tilgjengelig på produksjonsstedet. Dette vil redusere kostnader som følge av økt effektivisering av byggeprosessen. Ved å velge grønne bærekraftige materialer som konstruksjonselementer, vil våtrommene møte de kravene som stilles i næringen i dag. Konstruksjonselementer av massivtre [ii] i tykkelsen 80 mm kan benyttes til dette. Massivtre er laget av tre som er et fornybart materiale, og er et av de mest bærekraftige miljøvennlige materialene i Norge [iii].

#### **Byggemetode**

Det finnes flere metoder å bygge prefabrikkerte våtrom på av massivtre. En av metodene er å fore ut veggene med lekter av konstruksjonsvirke i dimensjonene 48 mm x 48 mm. En annen metode er å frese utsparinger og spor i massivtreelementene med avansert utstyr som CNC (numerisk data kontroll, computer numerical control) for tekniske installasjoner. Man tenker da å skjule tekniske installasjoner som veggbokser for elektro, VVS utstyr, eller tilsvarende i veggen. Installasjonene kan enten monteres i utsparingene som er frest, eller legges bak lektene ved utføring av veggen [i].

Gulvkonstruksjonen bygges etter samme prinsipp som et våtrom plassert i en andre etasje i et bolighus [iv]. Man benytter et 80 mm massivtreelement i bunn, etterfulgt av et bjelkelag i dimensjonene 48 mm x 98 mm med fasthetsklasse C24. Bjelkelaget bidrar til høyde for sluket, og gir et hulrom under konstruksjonen som kan lydisoleres mot flanketransmisjon eller brannteknisk. Blåseisolering, eller isolering med glass-, eller steinullsplate kan benyttes [v].

Sponplate med 22 mm tykkelse beregnet for å tåle fukt, legges over bjelkelaget. Glidesjikt bør benyttes over sponplaten, slik at underkonstruksjon og flislaget får frie bevegelsesmuligheter. En 50 mm tykk betongplate støpes med fall til sluk 1:50 og resterende falloppbygging 1:100 på gulvet. Gulvvarme av elektriske varmekabler eller vannbåren varme legges i bunnen av støpen [v].

Membran, sluk- og rørmansjetter benyttes over støpen med flislagt gulv til overflate. Støpen vil være holdbar med en tykkelse på 5 cm uten å få deformasjoner, grunnet liten bevegelse i konstruksjonen som har lite areal [i].

Modulene med og uten foring har begge sine fordeler og ulemper. Fresing må gjøres på modulen uten foring, noe som medfører at det ikke blir plass til isolasjon i veggen. Modulen som er foret ut med lekter av 48 mm x 48 mm konstruksjonsvirke kan isoleres med 50 mm isolasjon.

Fresing for utsparinger kan svekke styrken til massivtreelementene, som kan føre til skade på modulen under løfting, transport eller andre påkjenninger. Modulen med utforinger vil bli noe tyngre som følge av økt materialforbruk, noe som kan være negativt under løfting og transport.

### **Valg av byggemetode**

Hvilke av byggemetodene for våtromsmodulene som vil svare seg å bygge, kreves et miljøregnskap og kostnadsberegninger. Modulen med forede vegger vil være lettere å rehabilitere når modulen blir gammel og trenger å pusses opp. Den har i tillegg flere fleksible muligheter for tekniske installasjoner med mulighet for isolering med 50 mm isolasjon mellom lektene, og er derfor et egnet valg til oppgaven.

## **Referanser**

- [i] J. Dørum, Byggemetode massivtre. Intervju med Joakim Dørum 19.04.2022.
- [ii] SINTEF Byggforsk, Massive treelementer typer og bruksområder, 01.05.2001. [https://www.byggforsk.no/dokument/3009/massive\\_treelementer\\_typer\\_og\\_bruksomraader](https://www.byggforsk.no/dokument/3009/massive_treelementer_typer_og_bruksomraader). [Funnet 16.04.2022].
- [iii] J. A. og G. G, Fokus 20 - Massivtre, Norsk Treteknisk Institutt. <https://www.treteknisk.no/publikasjoner/fokus-pa-tre/20--massivtre>. [Funnet 11.04.2022].
- [iv] SINTEF Byggforsk, Etasjeskillere i massivtre, 01.10.2009. [https://www.byggforsk.no/dokument/3367/522891\\_etasjeskillere\\_i\\_massivtre#i24](https://www.byggforsk.no/dokument/3367/522891_etasjeskillere_i_massivtre#i24). [Funnet 17.04.2022].
- [v] J. Dørum, Prefabrikkerte våtrom. Intervju med Joakim Dørum 27.01.2022.

## Vedlegg D – Timeliste

| NTNU   Norwegian University of Science and Technology |  | TIMELISTE              |        |        |        |        |        |                       |                        |                          |                      |                      |
|---|--|------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|-----------------------|------------------------|--------------------------|----------------------|----------------------|
| Navn:   | Stig Morten Lyse   | Januar                 | Uke 1  | Uke 2  | Uke 3  | Uke 4  | Uke 5  | Uke 1                 | Uke 2                  | Uke 3                    | Uke 4                | Uke 5                |
| E-post:   | <a href="mailto:stigmil@stud.ntnu.no">stigmil@stud.ntnu.no</a> | Mandag                 |        |        | 4      | 4      | 7      |                       |                        | oppg. Research           | Forprosjekt          | Forprosjekt          |
| Telefon:  | 92 40 04 90  | Tirsdag                |        |        | 3      |        |        |                       |                        | Rådføring personer       | ...                  | ...                  |
| Gruppe:   | 40   | Onsdag                 |        |        |        | 3      |        |                       |                        | ...                      | Forprosjekt          | ...                  |
| Totalsum:   | 564  | Torsdag                |        |        | 4      | 1      | 5      |                       |                        | Forprosjekt              | Møte ekst/int        | Forprosjekt          |
|   |  | Fredag                 |        |        | 8      | 5      | 5      |                       |                        | tlf intern/ekstern veil. | ...                  | Forprosjekt          |
|   |  | Lørdag                 |        |        |        |        | 3      |                       |                        | ...                      | ...                  | ...                  |
|   |  | Søndag                 |        | 0      |        |        |        |                       |                        | ...                      | Forprosjekt          | Forprosjekt          |
|   |  | Totale ukentlige timer | 0      | 0      | 19     | 16     | 21     |                       |                        |                          |                      |                      |
|   |  | Jan. totalsum          | 56     |        |        |        |        |                       |                        |                          |                      |                      |
|   |  | Februar                | Uke 5  | Uke 6  | Uke 7  | Uke 8  | Uke 9  | Uke 5                 | Uke 6                  | Uke 7                    | Uke 8                | Uke 9                |
|   |  | Mandag                 | 2      | 2      | 2,5    |        |        | Forprosjekt           | Forprosjekt            | Forprosjekt              | ...                  | ...                  |
|   |  | Tirsdag                | 1      | 2      | 1,5    |        |        | Forprosjekt           | Forprosjekt            | Forprosjekt              | ...                  | ...                  |
|   |  | Onsdag                 | 3      | 1      | 3      |        |        | Forprosjekt           | Forprosjekt            | Forprosjekt              | ...                  | ...                  |
|   |  | Torsdag                | 2      | 3      | 4      |        |        | Forprosjekt           | Forprosjekt            | Forprosjekt              | ...                  | ...                  |
|   |  | Fredag                 | 1      | 1      | 4      |        |        | Forprosjekt           | Forprosjekt            | Forprosjekt              | ...                  | ...                  |
|   |  | Lørdag                 |        |        |        |        |        | ...                   | ...                    | ...                      | ...                  | ...                  |
|   |  | Søndag                 |        |        |        |        |        | ...                   | ...                    | ...                      | ...                  | ...                  |
|   |  | Totale ukentlige timer | 9      | 9      | 15     | 0      | 0      |                       |                        |                          |                      |                      |
|   |  | Feb. totalsum          | 33     |        |        |        |        |                       |                        |                          |                      |                      |
|   |  | Mars                   | Uke 9  | Uke 10 | Uke 11 | Uke 12 | Uke 13 | Uke 9                 | Uke 10                 | Uke 11                   | Uke 12               | Uke 13               |
|   |  | Mandag                 |        |        | 5      | 9      | 5      | Syk                   | Syk                    | Fagstoff                 | Oppsett i word       | Engelsk presentasjon |
|   |  | Tirsdag                |        |        | 4      | 5      | 8      | Syk                   | Syk                    | Fagstoff                 | Oppsett i word       | Fagstoff             |
|   |  | Onsdag                 |        |        | 8      | 3      | 6,5    | Syk                   | Syk                    | Fagstoff                 | Engelsk presentasjon | oppgave/presentasjon |
|   |  | Torsdag                |        |        | 4      | 3      | 5,5    | Syk                   | Syk                    | Fagstoff                 | Engelsk presentasjon | Teori                |
|   |  | Fredag                 |        |        | 8      | 4      | 7,5    | Syk                   | Syk                    | Fagstoff                 | Engelsk presentasjon | Teori                |
|   |  | Lørdag                 |        |        |        |        |        | Syk                   | Syk                    | ...                      | ...                  | ...                  |
|   |  | Søndag                 |        |        |        |        |        | Syk                   | Syk                    | ...                      | ...                  | ...                  |
|   |  | Totale ukentlige timer | 0      | 0      | 29     | 24     | 32,5   |                       |                        |                          |                      |                      |
|   |  | Mar. totalsum          | 85,5   |        |        |        |        |                       |                        |                          |                      |                      |
|   |  | April                  | Uke 14 | Uke 15 | Uke 16 | Uke 17 | Uke 18 | Uke 14                | Uke 15                 | Uke 16                   | Uke 17               | Uke 18               |
|   |  | Mandag                 | 8      | 7      | 9      | 10     | 13     | BD prefabrikkerte bad | Massivtre              | Brann                    | DAC                  | DAC                  |
|   |  | Tirsdag                | 2      | 4,5    | 3      | 10     | 10     | Kilder                | Massivtre              | Brann                    | DAC                  | Tekst                |
|   |  | Onsdag                 | 10     | 5      | 5      | 12     | 7      | skrev om Probad       | Massivtre              | oppsett                  | Håndbok              | Tekst                |
|   |  | Torsdag                | 9      | 4      | 12     | 8      | 10     | Skrev om Viken        | Fukt                   | DAC                      | Heising              | Korrektur            |
|   |  | Fredag                 | 3      | 5      | 10     | 6      | 10     | Tabell                | Fukt                   | DAC                      | Oppsett              | Tekst                |
|   |  | Lørdag                 | 7      | 4      | 2      | 8      | 8      | Tabell/tekst          | Lyd                    | DAC                      | Drøfting             | Skruer               |
|   |  | Søndag                 | 4      | 7      | 8      | 10     | 15     | GreenBox One          | Lyd                    | DAC                      | Drøfting             | Korrektur            |
|   |  | Totale ukentlige timer | 43     | 36,5   | 49     | 64     | 73     |                       |                        |                          |                      |                      |
|   |  | Apr. totalsum          | 265,5  |        |        |        |        |                       |                        |                          |                      |                      |
|   |  | Mai                    | Uke 19 | Uke 20 | Uke 21 | Uke 22 | Uke 23 | Uke 19                | Uke 20                 | Uke 21                   | Uke 22               | Uke 23               |
|   |  | Mandag                 | 10     | 11     |        |        |        | Kilder/tabell/figur   | Korrektur              | ...                      | ...                  | ...                  |
|   |  | Tirsdag                | 10     | 12     |        |        |        | Kilder/tabell/figur   | Figur og tabell        | ...                      | ...                  | ...                  |
|   |  | Onsdag                 | 10     | 15     |        |        |        | Fagartikkel           | Klargjøringinnlevering | ...                      | ...                  | ...                  |
|   |  | Torsdag                | 11     | 9      |        |        |        | Vedlegg               | Gjennomgang/kilder     | ...                      | ...                  | ...                  |
|   |  | Fredag                 | 12     | 4      |        |        |        | Vedlegg og korrektur  | Levering               | ...                      | ...                  | ...                  |
|   |  | Lørdag                 | 12     |        |        |        |        | Plakat                | ...                    | ...                      | ...                  | ...                  |
|   |  | Søndag                 | 8      |        |        |        |        | Oppsett               | ...                    | ...                      | ...                  | ...                  |
|   |  | Totale ukentlige timer | 73     | 51     | 0      | 0      | 0      |                       |                        |                          |                      |                      |
|   |  | Mai totalsum           | 124    |        |        |        |        |                       |                        |                          |                      |                      |

## Våtrom smartere, billigere og mer miljøvennlige Wetroom smarter, cheaper and more environmentally friendly

Prosjektnr 2022-40

Stig Morten Lyse

Intern veileder:

Bjørn Petter Jelle

Ekstern veileder:

Joakim Dørum v/ Green Advisers AS

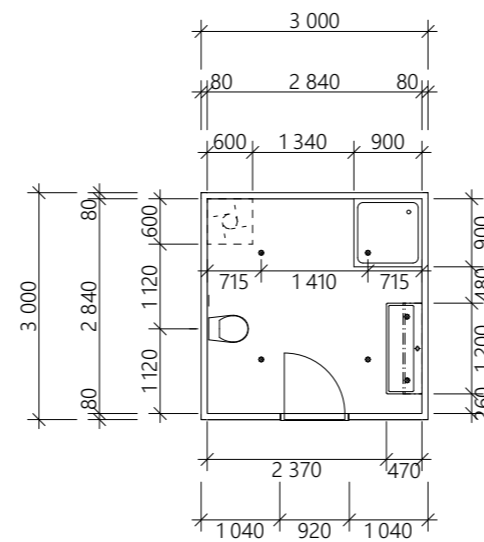
---

### Prefabrikkerte bad av massivtre

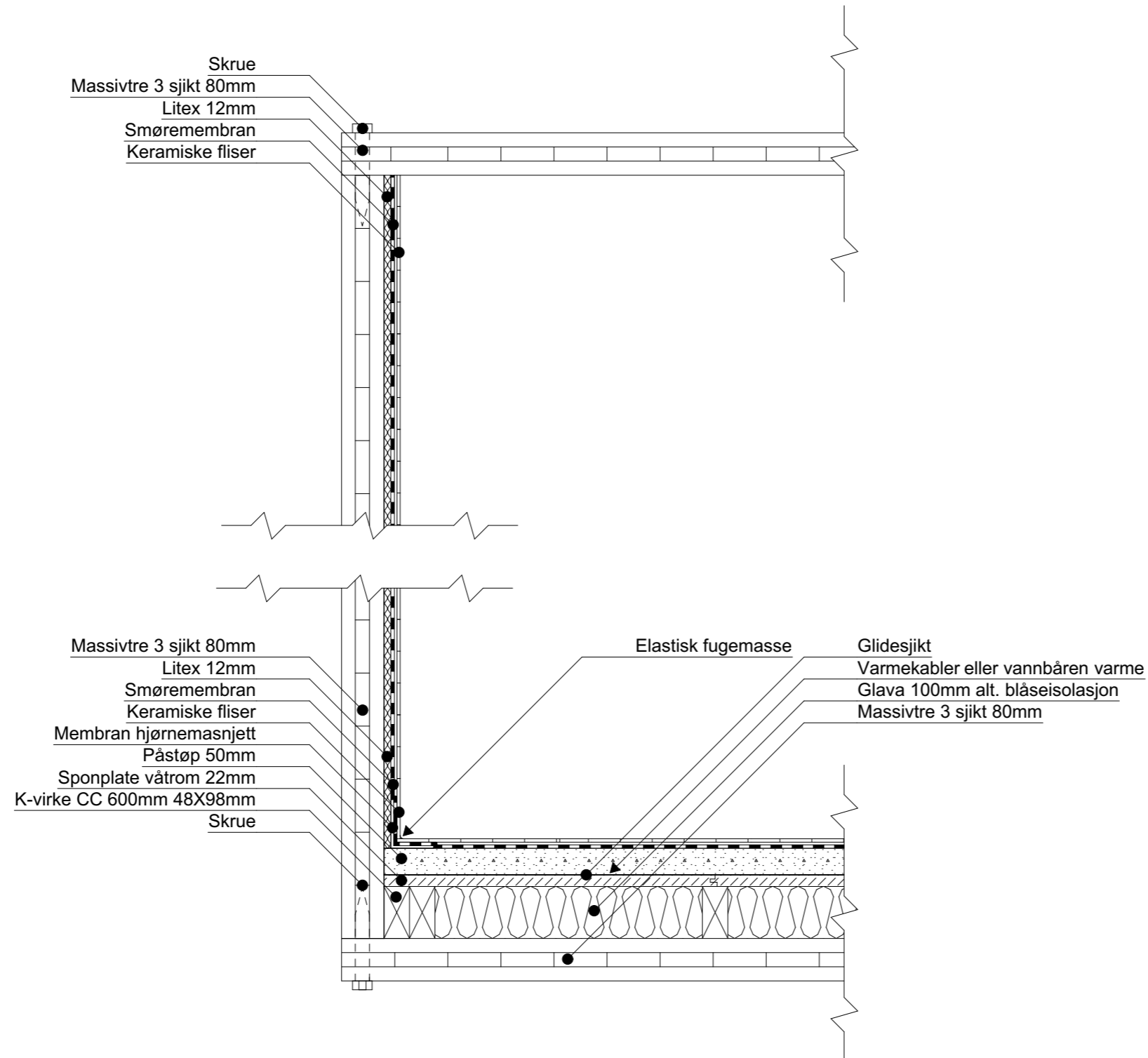
---



## **Vedlegg F – Detaljtegninger**

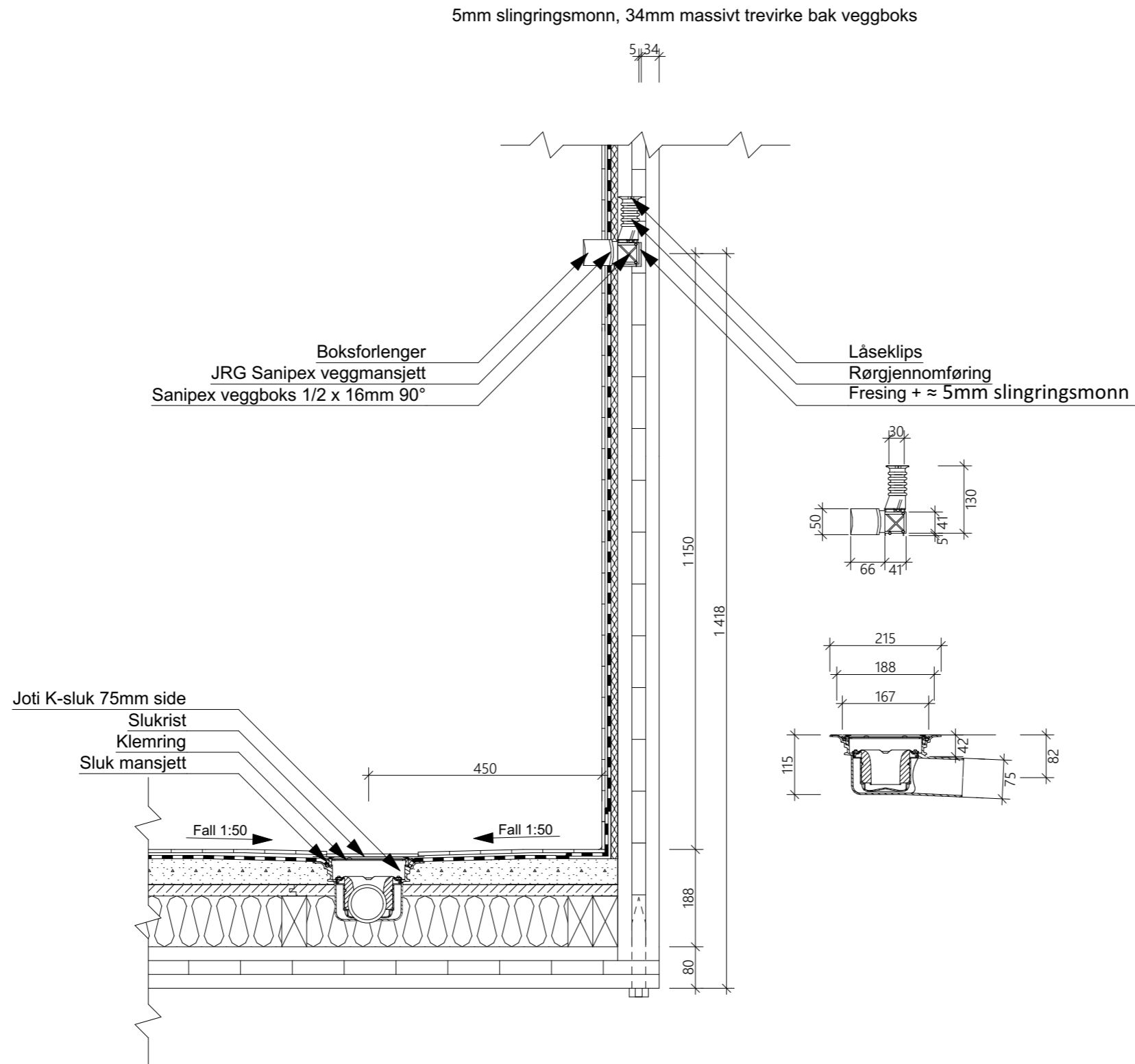


|  |                            |
|--|----------------------------|
| Prosjekt:<br><b>Bachelor</b>   |                            |
| Tiltakshaver:<br><b>NTNU Trondheim / Green Advisers AS</b><br>Karivollveien 96<br>7224 Melhus  |                            |
| Prosjekterende:<br><b>Gruppe 40 Stig Morten Lyse</b><br>Høyskoleingen 71<br>7034 TRONDHEIM   |                            |
| © Alle rettigheter tilhører utførende for prosjektering, kopiering eller bruk av disse tegningene er forbudt uten skriftlig samtykke | Dato:<br><b>10.05.2022</b> |
| Tegning:<br><b>Plantegning Prefabrikkert Bad</b>   | Gruppenr:<br><b>40</b>     |
|  | Målestokk:<br><b>1:100</b> |

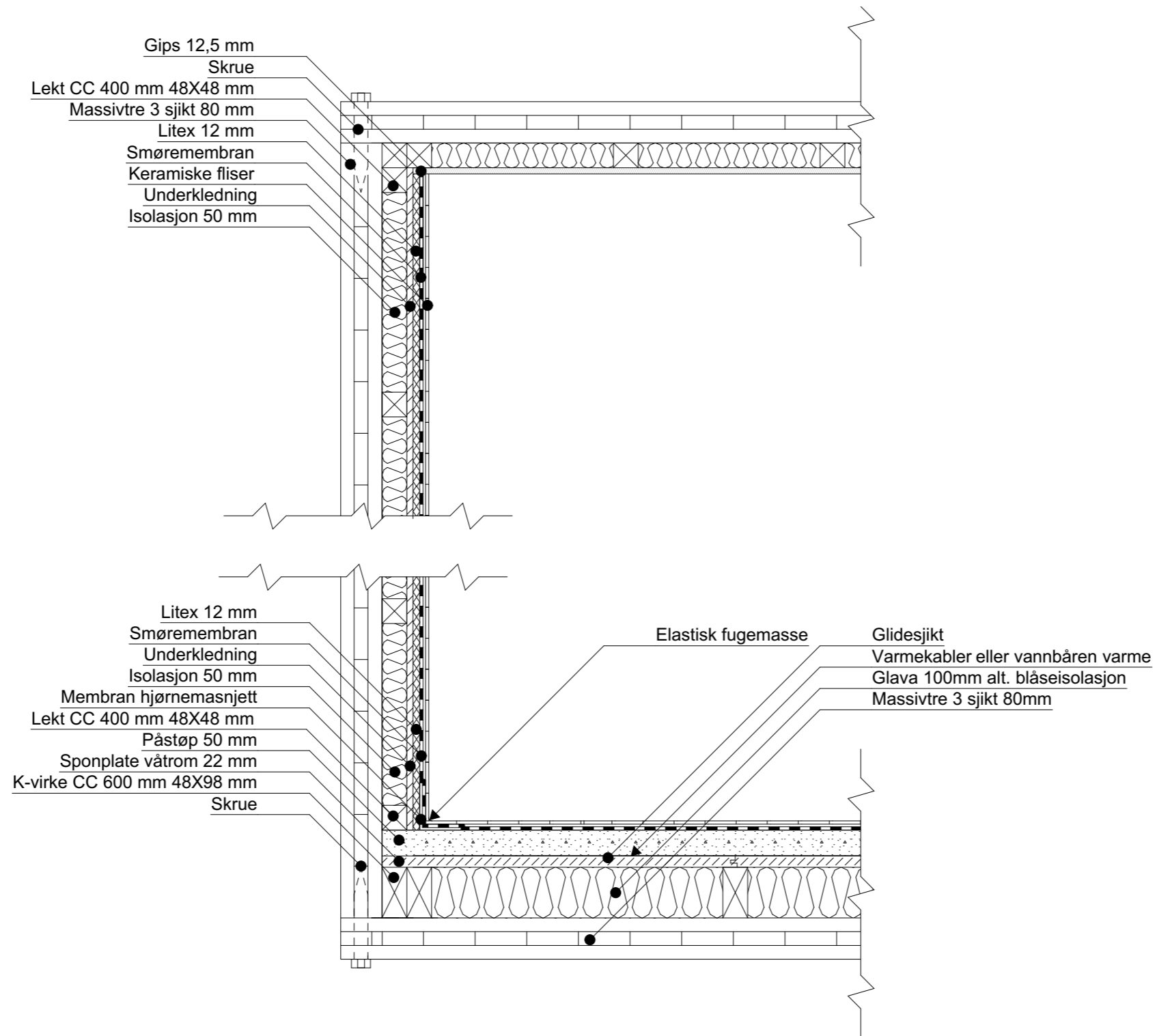


|  |                            |
|--|----------------------------|
| Prosjekt:<br><b>Bachelor</b>   |                            |
| Tiltakshaver:<br><b>NTNU Trondheim / Green Advisers AS</b><br>Karivollveien 96<br>7224 Melhus  |                            |
| Prosjekterende:<br><b>Gruppe 40 Stig Morten Lyse</b><br>Høyskoleringen 71<br>7034 TRONDHEIM  |                            |
| © Alle rettigheter tilhører utførende for prosjektering, kopiering eller bruk av disse tegningene er forbudt uten skriftlig samtykke | Dato:<br><b>03.05.2022</b> |
| Tegning:<br><b>Vertikalsnitt gulv/vegg og vegg/tak</b>   | Gruppenr:<br><b>40</b>     |
|  | Målestokk:<br><b>1:10</b>  |

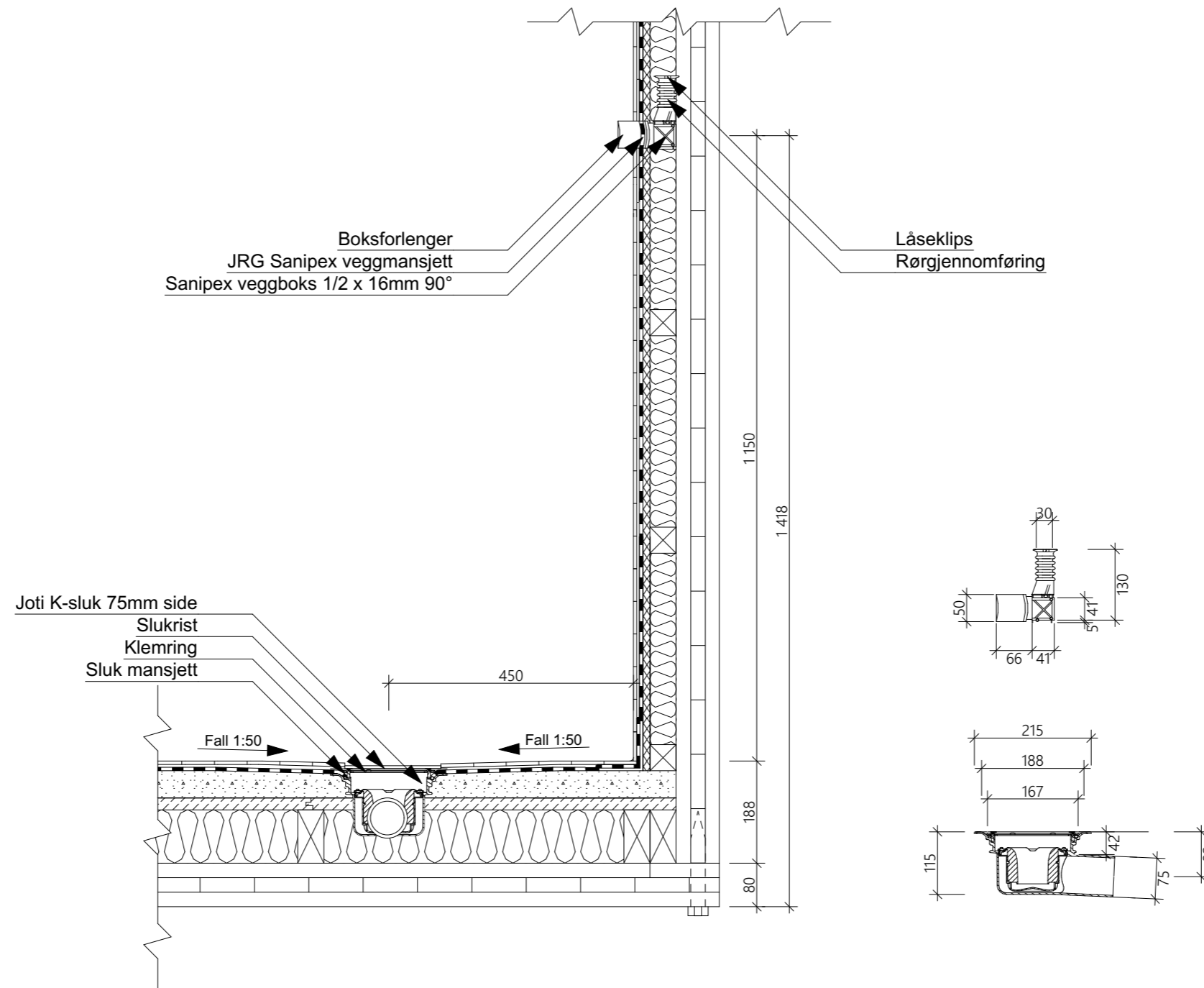




|  |                            |
|--|----------------------------|
| Prosjekt:<br><b>Bachelor</b>   |                            |
| Tiltakshaver:<br><b>NTNU Trondheim / Green Advisers AS</b><br>Karivollveien 96<br>7224 Melhus  |                            |
| Prosjekterende:<br><b>Gruppe 40 Stig Morten Lyse</b><br>Høyskoleingen 71<br>7034 TRONDHEIM   |                            |
| © Alle rettigheter tilhører utførende for prosjektering, kopiering eller bruk av disse tegningene er forbudt uten skriftlig samtykke | Dato:<br><b>03.05.2022</b> |
| Tegning:<br><b>Vertikalsnitt sluk og veggboks uten utforing</b>  | Gruppenr:<br><b>40</b>     |
|  | Målestokk:<br><b>1:10</b>  |

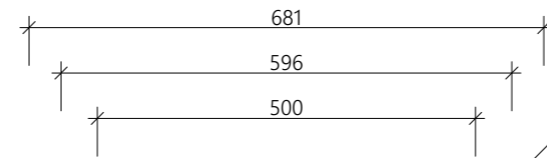
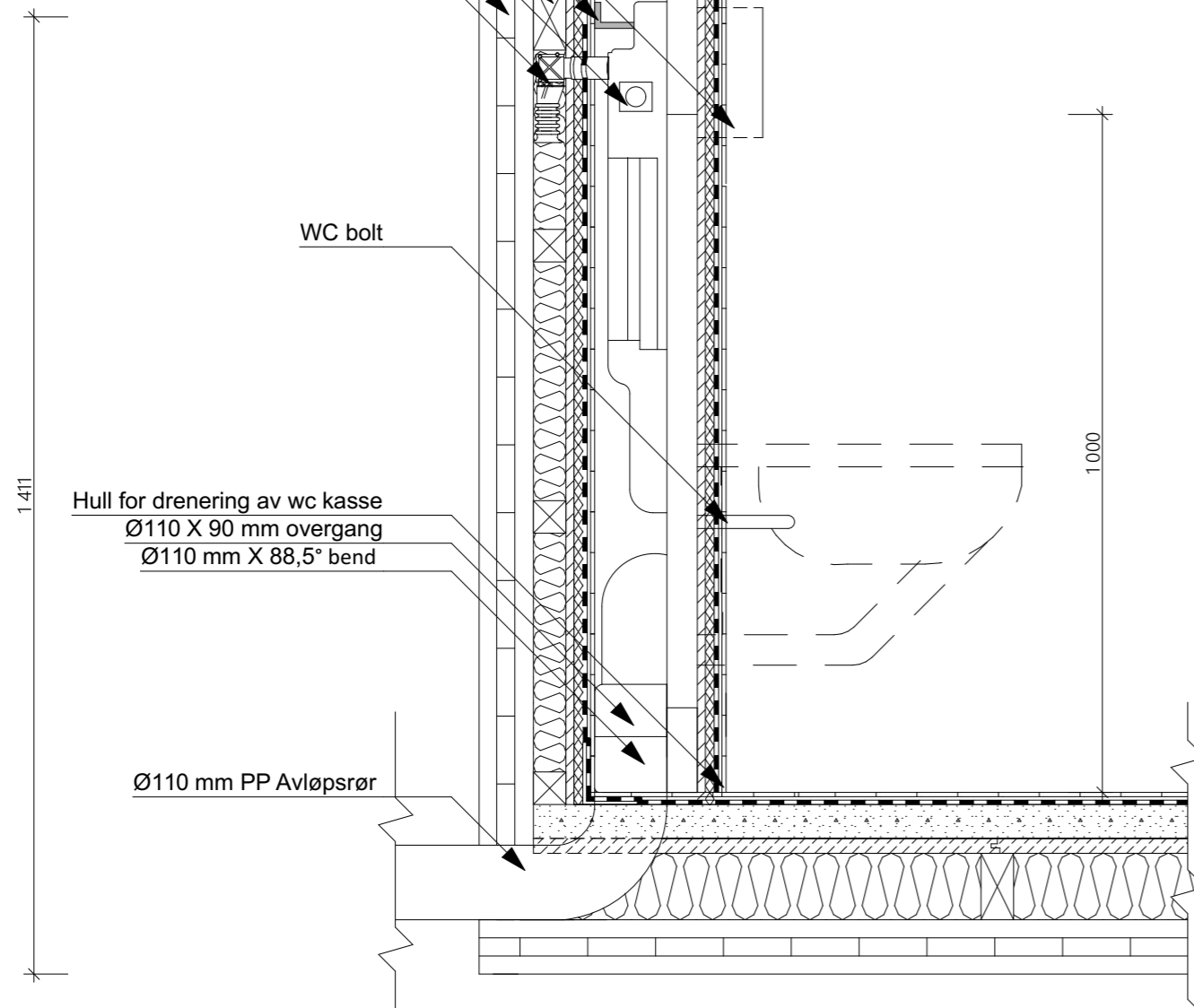


|  |                            |
|--|----------------------------|
| Prosjekt:<br><b>Bachelor</b>   |                            |
| Tiltakshaver:<br><b>NTNU Trondheim / Green Advisers AS</b><br>Karivollveien 96<br>7224 Melhus  |                            |
| Prosjekterende:<br><b>Gruppe 40 Stig Morten Lyse</b><br>Høyskoleringen 71<br>7034 TRONDHEIM  |                            |
| © Alle rettigheter tilhører utførende for prosjektering, kopiering eller bruk av disse tegningene er forbudt uten skriftlig samtykke | Dato:<br><b>04.05.2022</b> |
| Tegning:<br><b>Vertikalsnitt gulv/vegg og vegg/tak med utforing</b>  | Gruppenr:<br><b>40</b>     |
|  | Målestokk:<br><b>1:10</b>  |

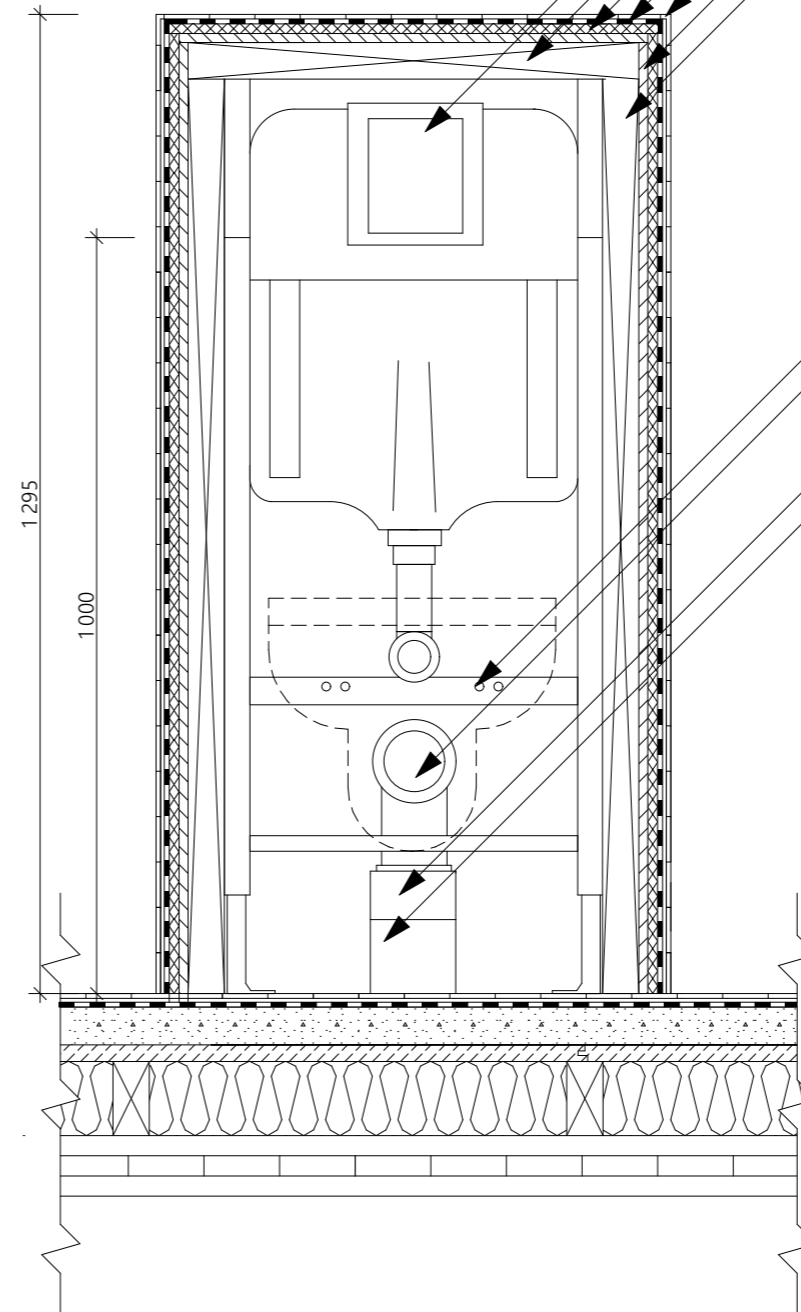


|  |                            |
|--|----------------------------|
| Prosjekt:<br><b>Bachelor</b>   |                            |
| Tiltakshaver:<br><b>NTNU Trondheim / Green Advisers AS</b><br>Karivollveien 96<br>7224 Melhus  |                            |
| Prosjekterende:<br><b>Gruppe 40 Stig Morten Lyse</b><br>Høyskoleingen 71<br>7034 TRONDHEIM   |                            |
| © Alle rettigheter tilhører utførende for prosjektering, kopiering eller bruk av disse tegningene er forbudt uten skriftlig samtykke | Dato:<br><b>03.05.2022</b> |
| Tegning:<br><b>Vertikalsnitt sluk og veggboks med utforing</b>   | Gruppenr:<br><b>40</b>     |
|  | Målestokk:<br><b>1:10</b>  |

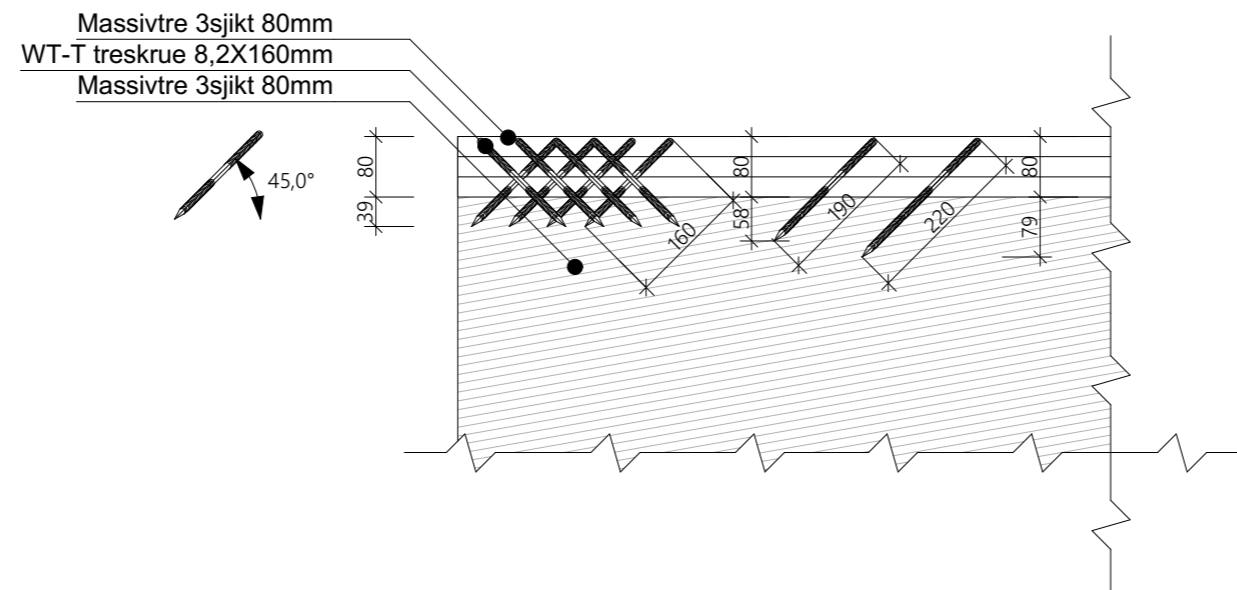
- Litex 12mm
- Smøremembran
- Keramiske fliser
- Underkledning
- Spikerslag 48 X 148mm
- Isolasjon 50mm
- Mal for spyleknapp
- Feste for wc ramme til vegg
- Spikerslag 48 X 98mm
- Inntak for rør i rør
- Massivtre 3 sjikt 80mm
- Sanipex veggboкс 1/2 x 16mm 90°



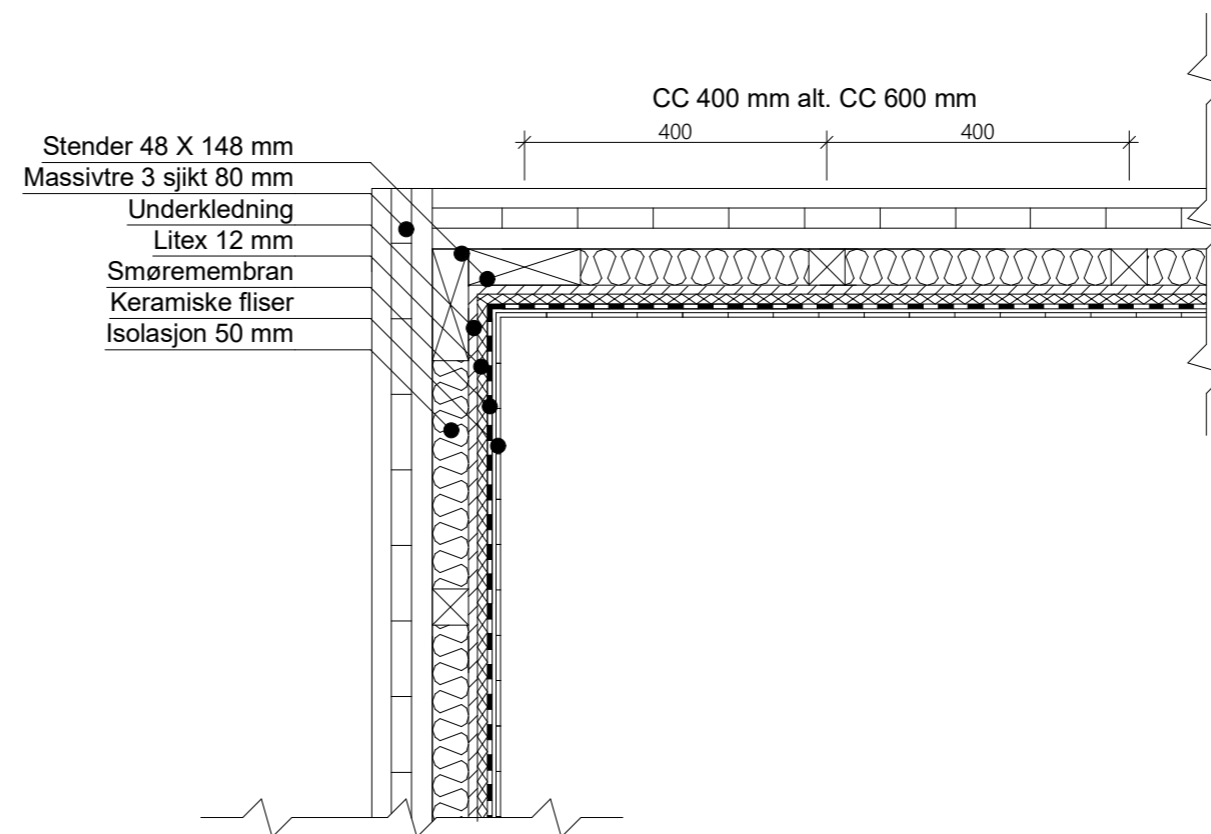
- Mal for spyleknapp
- Spikerslag 48 X 148mm
- Litex 12mm
- Smøremembran
- Keramiske fliser
- Underkledning
- Spikerslag 48 X 148mm



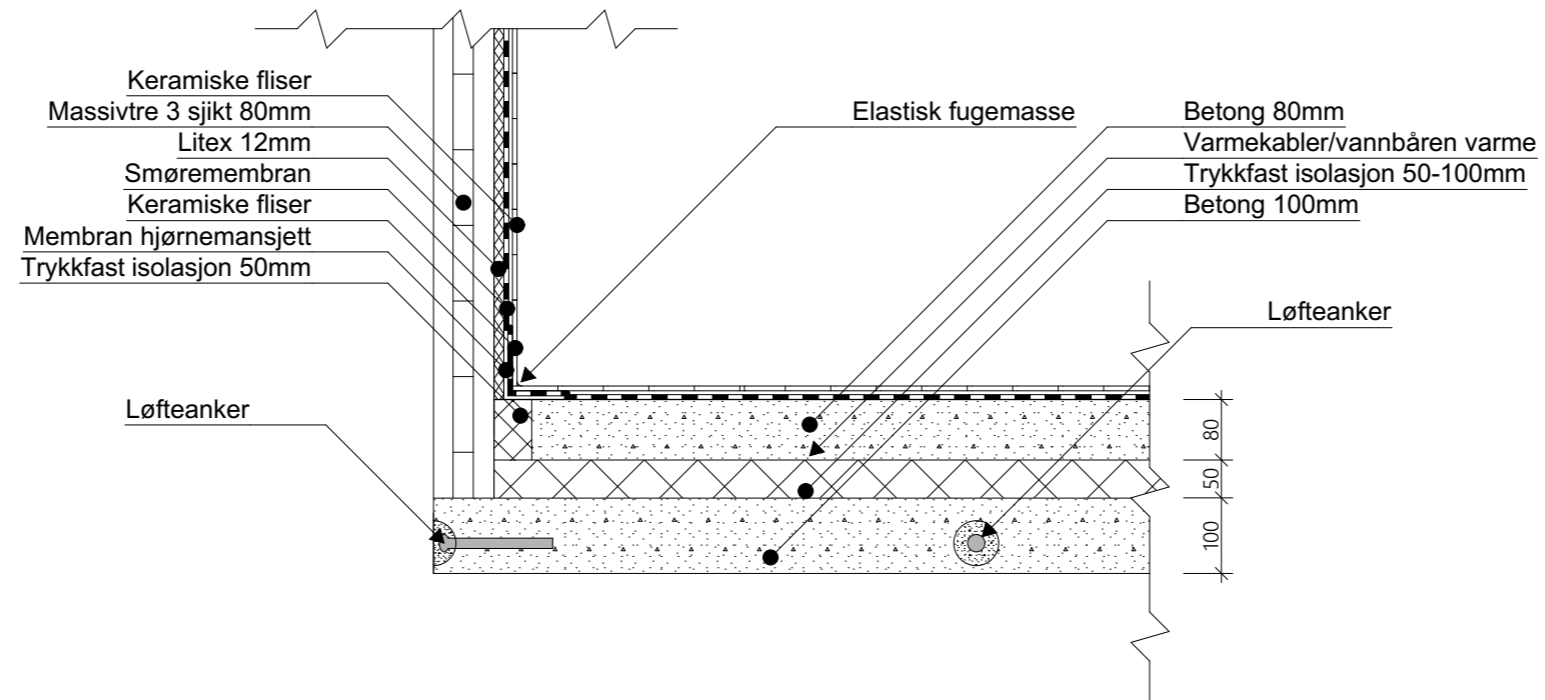
|  |                            |
|--|----------------------------|
| Prosjekt:<br><b>Bachelor</b>   |                            |
| Tiltakshaver:<br><b>NTNU Trondheim / Green Advisers AS</b><br>Karivollveien 96<br>7224 Melhus  |                            |
| Prosjekterende:<br><b>Gruppe 40 Stig Morten Lyse</b><br>Høyskoleringen 71<br>7034 TRONDHEIM  |                            |
| © Alle rettigheter tilhører utførende for prosjektering, kopiering eller bruk av disse tegningene er forbudt uten skriftlig samtykke | Dato:<br><b>03.05.2022</b> |
| Tegning:<br><b>Vertikalsnitt WC ramme</b>  | Gruppenr:<br><b>40</b>     |
|  | Målestokk:<br><b>1:10</b>  |



|  |                            |
|--|----------------------------|
| Prosjekt:<br><b>Bachelor</b>   |                            |
| Tiltakshaver:<br><b>NTNU Trondheim / Green Advisers AS</b><br>Karivollveien 96<br>7224 Melhus  |                            |
| Prosjekterende:<br><b>Gruppe 40 Stig Morten Lyse</b><br>Høyskoleringen 71<br>7034 TRONDHEIM  |                            |
| © Alle rettigheter tilhører utførende for prosjektering, kopiering eller bruk av disse tegningene er forbudt uten skriftlig samtykke | Dato:<br><b>08.05.2022</b> |
| Tegning:<br><b>Vertikalsnitt skruer</b>  | Gruppenr:<br><b>40</b>     |
|  | Målestokk:<br><b>1:10</b>  |



|  |                            |
|--|----------------------------|
| Prosjekt:<br><b>Bachelor</b>   |                            |
| Tiltakshaver:<br><b>NTNU Trondheim / Green Advisers AS</b><br>Karivollveien 96<br>7224 Melhus  |                            |
| Prosjekterende:<br><b>Gruppe 40 Stig Morten Lyse</b><br>Høyskoleingen 71<br>7034 TRONDHEIM   |                            |
| © Alle rettigheter tilhører utførende for prosjektering, kopiering eller bruk av disse tegningene er forbudt uten skriftlig samtykke | Dato:<br><b>28.04.2022</b> |
| Tegning:<br><b>Horisontalsnitt med utforing</b>  | Gruppenr:<br><b>40</b>     |
|  | Målestokk:<br><b>1:10</b>  |



|  |                            |
|--|----------------------------|
| Prosjekt:<br><b>Bachelor</b>   |                            |
| Tiltakshaver:<br><b>NTNU Trondheim / Green Advisers AS</b><br>Karivollveien 96<br>7234 Melhus  |                            |
| Prosjekterende:<br><b>Gruppe 40 Stig Morten Lyse</b><br>Høyskoleringen 71<br>7034 TRONDHEIM  |                            |
| © Alle rettigheter tilhører utførende for prosjektering, kopiering eller bruk av disse tegningene er forbudt uten skriftlig samtykke | Dato:<br><b>01.05.2022</b> |
| Tegning:<br><b>Vertikalsnitt betongdekke med løfteanker</b>  | Gruppenr:<br><b>40</b>     |
|  | Målestokk:<br><b>1:10</b>  |