

Naturhytta – en mobil og bærekraftig hytte

The Cabin of Nature – a transportable and sustainable cabin

Mai 2019

Sondre Kristiansen
Haavard Vedelden Nøst
Arne Engravslia Jenssen

Intern veileder:
Laurina C. Felius

Ekstern veileder:
Nasjonalparken Næringshage ved
Asgeir Meland

Prosjektnr:
10 - 2019

Rapporten er ÅPEN



Fakultet for ingeniørvitenskap
Institutt for bygg- og miljøteknikk

Problemdefinering, prosjektbeskrivelse og resultatmål

Nasjonalparken Næringshage har med forprosjektet Grønn Fjellhageby utviklet og spisset sin kompetanse om bærekraftig fritid. Gjennom ulike workshops sammen med andre samarbeidspartnere har Nasjonalparken Næringshage kommet med et konsept de har kalt Naturhytta. Dette er en frittliggende hytte som det er mulig å flytte på. Ut ifra dette har gruppen formulert følgende problemstilling: *“Utvikling av et konsept på en mobil og bærekraftig hytte.”* På bakgrunn av denne problemstillingen skal gruppen besvare følgende spørsmål:

Hvordan kan sporløs fundamentering løses?

Gruppen skal se nærmere på hvilken fundamenteringsmetode som egner seg best til en mobil og kompakt hytte. Med sporløs fundamentering menes at terrenget og vegetasjonen er så godt som uberørt. Når hytta flyttes på skal det fysiske avtrykket på bakken være så lite som mulig.

Hvordan kan en kompakt og mobil hytte utformes?

Gruppen skal undersøke nærmere hvordan hytta kan utformes både innvendig og utvendig. Hyttas areal skal begrenses til 25m². Det er tenkt at hytta skal romme 2-4 sengeplasser, kjøkkenareal, toalett og stue. Det skal undersøkes hvilke konstruksjonsprinsipp som passer til en slik hytte.

Hvilke metoder skal brukes for å frakte hytta?

Hytta skal kunne flyttes og dermed må det undersøkes hvilke metoder som kan brukes. Her er det interessant å se på frakting fra byggehall til utvalgt område og videre til ønsket plassering i naturen.

Hvilke løsninger kan gjøre hytten bærekraftig?

For at hytta skal være bærekraftig blir det lagt vekt på å bruke holdbare og miljøvennlige materialer. Hytta skal stå i områder uten infrastruktur og må være selvforsynt. Det vil bli sett nærmere på hvilke ressurser som kan dekke behovet for strøm, vann og oppvarming.

Denne oppgaven skal hjelpe Nasjonalparken Næringshagen videre i prosjekteringen av Grønn Fjellhageby. Målet er å komme med et forslag til hva Naturhytta kan representere i fremtidens hyttekultur.

Stikkord:

Mobil hytte, sporløs fundamentering, selvforsynt, bærekraftig, små boliger, integrerte løsninger

Forord

Denne bacheloroppgaven markerer slutten av det treårige bachelorprogrammet, byggingeniør, ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU) i Trondheim. Gruppens studie ved fakultet for ingeniørvitenskap avsluttes våren 2019 og har vært tre lærerike, hektiske og flotte år i Trondheim. Det siste året med fordypning i husbyggingsteknikk har vært tidkrevende og har gitt oss muligheten til å anvende den kunnskapen vi har opparbeidet oss gjennom studietiden.

Det var et mål å kunne bidra med noe nytenkende og nyttig ved valg av bacheloroppgave. Vi ønsket en åpen oppgave hvor vi kunne kombinere våre teoretiske og innovative evner. Da Nasjonalparken Næringshage presenterte prosjektet sitt Grønn Fjellhageby ble vi raskt interessert i å høre mer om det. Muligheten til å forme oppgaven selv og samtidig bidra i et fremtidsrettet prosjekt førte til at vi senere tok kontakt.

Vi vil rette en stor takk til Tina Lihaug Selbæk som presenterte prosjektet for oss, og til vår eksterne veileder Asgeir Meland for nyttig informasjon og klok veiledning.

Til slutt vil vi gi en spesiell takk til vår interne veileder Laurina C. Felius som gjennom ukentlige møter har bidratt til verdifull informasjon og gode innspill. Etter møtene har vi følt oss klare og motiverte for å komme videre i oppgaveskrivingen.

Innspillene og diskusjonene oss imellom har bidratt positivt i oppgaveperioden. Det har vært nyttig å være tre personer med forskjellige synspunkt og ulik kunnskap. Vi vil derfor takke hverandre for et lærerikt semester med god stemning og mye humor.

Trondheim

19.05.19

Sondre Kristiansen

Haavard Vedelden Nøst

Arne Engravslia Jenssen

Sammendrag

Denne bacheloroppgaven er skrevet for Nasjonalparken Næringshage og bidrar til utvikling i det påbegynte prosjektet Grønn Fjellhageby som dreier seg om fremtidens løsninger for fritidsboliger. Oppgaven handler om Naturhytta, som er en av tre hyttekonsept som skal utvikles i Grønn Fjellhageby. Naturhytta blir beskrevet som en liten, mobil hytte som skal være i samspill og balanse med skogsområdene i nærheten.

Oppgaven tar for seg byggtekniske løsninger som er mulig å bruke i en slik konstruksjon. Det blir sett nærmere på løsninger for sporløs fundamentering, mobil konstruksjon og bærekraftige valg. Målet er å komme fram til et bærekraftig konsept som kan bidra til økt kunnskap om mulighetene som finnes der ute.

For å utvikle konseptet ble det brukt en analysemetode som tar for seg de mulighetene som finnes på markedet i dag. Her sammenlignes mulighetene opp mot hverandre og ut ifra resultatet velges bygningselementene som videre blir brukt i Naturhytta. Informasjonen er hentet fra faglitteratur, byggteknisk forskrift og leverandører. Naturhytta er prosjektert og tegnet i prosjekteringsverktøyet Archicad på bakgrunn av analysen. Løsningene skal være innovative og nytenkende i motsetning til dagens tradisjonelle hyttekultur.

Resultatet ble en fritidsbolig med en flate på 3,25 x 6,00 m og høyde på 4,04 m. Den er dimensjonert for å kunne bli fraktet på vegen av en trailer og totalvekten på rundt 4 tonn gjør den løftbar for helikopter. Da kan hytta flyttes fra fjellet til elvebredden, uten å dele den opp i flere deler. Hytta er bygget opp av bindingsverk av tre og fundamentet består av de noe ukjente pælene kalt skruefundament. Skruefundamentet monteres med håndholdt utstyr og festes til en stålramme plassert under bjelkelaget. Taket er utformet etter optimal solvinkel i prosjektområdet Oppdal og er styrende for resten av utformingen. Naturhytta er selvforsynt med strøm og bruker pelletsovn til oppvarming. Planløsningen er åpen med soveplasser til 4 personer og det er lagt vekt på integrerte løsninger for å utnytte bruksarealet best mulig.

Den flyttbare, bærekraftige hytta byr på flere utfordringer, men for å møte fremtidens miljøkrav vil det være særs viktig å se nærmere på mulighetene et slikt hyttekonsept kan gi samfunnet.

Summary

This bachelor thesis is written for Nasjonalparken Næringshage and contributes to the development in the project Grønn Fjellhageby. The project is focused on future solutions for leisure homes. The thesis is about Naturhytta, which is one of three cabin concepts that will be developed in the project Grønn Fjellhageby. Naturhytta is described as a small, transportable cabin that will be in balance and harmony with the nearby forest areas.

The assignment incorporates constructional solutions which is possible to apply to this concept. Solutions for traceless foundations, transportable constructions and sustainable choices are also being studied. The goal is a sustainable concept that can contribute to increased knowledge about the possibilities of today and the future.

To develop the concept and address the different possibilities that exist on the market today, an analysis method was used. The relevant possibilities are compared with each other. Based on the results, the most fitting building elements are chosen and used in the concept. The information used in the text is obtained from academic literature, "Byggeteknisk forskrift" and suppliers. The cabin is designed in the engineering tool Archicad. The solutions should be innovative in comparison of today's traditional cabin culture.

The result is a cabin with an area of 3,25 x 6,00 m and a height of 4,04 m. It is designed to be transported by a trailer. The total weight of about 4 tons makes it liftable by helicopter. The transportable cabin can be moved from the mountain to the riverbank, without dividing the building into several modules. The cabin is made of timber frameworks. The foundation consists of large screws, which is a type of pile foundation. The screw foundation is mounted with handheld equipment and attached to a steel frame located below the joists. The angle of the roof is customized to be the optimum angle for solar panels. Naturhytta is self-sufficient with electricity and uses pellet stove for heating. The floor plan is open with sleeping places for 4 people. Integrated solutions have been emphasized to make the most of the space available.

The transportable, sustainable cabin presents several challenges, but in order to meet the future environmental requirements it will be particularly important to look more closely at the possibilities such a concept can provide the society.

Innholdsfortegnelse

Forord	i
Sammendrag.....	ii
Summary.....	iii
1 Innledning	1
1.1 Bakgrunn.....	1
1.1.1 Historisk perspektiv.....	1
1.1.2 Bærekraft og miljøutfordringer	1
1.1.3 Nasjonalparken Næringshage	2
1.1.4 Grønn fjellhageby	2
1.1.5 Naturhytta.....	3
1.2 Problemdefinering	4
1.2.1 Bakgrunn for valg av oppgaven	4
1.2.2 Problemstilling.....	5
1.2.3 Avgrensninger	6
2 Metode.....	8
2.1 Litteratursøk	8
2.2 Ekstern kompetanse	8
2.3 Norsk prisbok 2018.....	8
2.4 Analyse	9
2.5 Konseptutvikling.....	10
2.6 Archicad	10
3 Teori.....	11
3.1 Fundament	11
3.1.1 Grunnundersøkelser.....	11
3.1.2 Grunnforhold.....	11
3.1.3 Geotekniske forhold.....	12
3.1.4 Radon	13

3.1.5	Fundamenteringsmetoder.....	14
3.2	Konstruksjon.....	17
3.2.1	Gulv	17
3.2.2	Yttervegg.....	18
3.2.3	Tak.....	20
3.2.4	Vindu.....	21
3.3	Offgrid-løsninger	21
3.3.1	Strøm.....	21
3.3.2	Oppvarming.....	22
3.3.3	Klosett.....	23
3.3.4	Vann.....	23
3.4	Flytting av hytta	24
3.4.1	Fra byggehall til utvalgt område.....	24
3.4.2	Plassering på midlertidig tomt.....	25
3.5	Bærekraft.....	26
3.5.1	Definisjon.....	26
3.5.2	Tre som fornybar ressurs	26
4	Analyse.....	27
4.1	Fundament.....	27
4.2	Konstruksjon.....	29
4.2.1	Gulv	29
4.2.2	Yttervegg.....	30
4.2.3	Tak.....	31
4.2.4	Vindu.....	32
4.3	Offgrid-løsninger	33
4.3.1	Strøm.....	33
4.3.2	Oppvarming.....	35
4.3.3	Klosett.....	36

4.3.4 Vann.....	38
4.4 Transport av hytta	39
4.4.1 Fra byggehall til utvalgt område.....	39
4.4.2 Plassering på midlertidig tomt.....	39
5 Valg av løsninger.....	40
5.1 Fundament.....	40
5.2 Konstruksjon.....	40
5.2.1 Gulv	40
5.2.2 Yttervegg.....	40
5.2.3 Tak.....	40
5.2.4 Vindu.....	41
5.3 Offgrid	41
5.3.1 Strøm.....	41
5.3.2 Oppvarming.....	41
5.3.3 Klosett.....	42
5.3.4 Vann.....	42
5.4 Transport.....	42
5.4.1 Fra byggehall til utvalgt område.....	42
5.4.2 Plassering på midlertidig tomt.....	42
6 Konsept.....	43
6.1 Fundament.....	44
6.1.1 Frostdybde og grunnforhold.....	44
6.1.2 Skru fundament.....	45
6.2 Konstruksjon.....	47
6.2.1 Generelt	47
6.2.2 Bjelkelag	47
6.2.3 Yttervegg.....	48
6.2.4 Tak.....	49

6.2.5 Materialer	51
6.3 Planløsning	52
6.4 Transport.....	54
6.5 Pris og vekt.....	54
7 Drøfting.....	55
7.1 Metode.....	55
7.2 Konseptet Naturhytta	57
7.3 Videre arbeid	63
7.4 Innovasjon.....	63
8 Konklusjon	66
9 Referanseliste	67
10 Figurliste	71
11 Tabelliste.....	73

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

1.1.1 Historisk perspektiv

Så tidlig som på 1600- og 1700-tallet ble nordmenn lokket ut fra byenes travle hverdag og ut på landet. Der kunne de nyte egendyrket mat og idyllisk landskap. Det var ofte romslige bygg med egne tjenere og plass til både venner og familie. Den enkle norske hytta ble ikke innført før turister startet å vandre i fjellene på midten av 1800-tallet. Setre, koier og rorbuer utviklet seg fra bygg med hardtarbeidende arbeidere, til bygg ment for turglade gjester. Hyttekulturen som vi kjenner den i dag startet i etterkrigstiden. I 1919 ble det innført åttetimersdager i arbeidslivet og i 1948 ble det gitt tre ukers ferie til alle arbeidende. Dette frigjorde tid som da kunne brukes på familien og på felles opplevelser utenfor byens mas og forstyrrelser. (1)

De siste tiårene har det blitt bygget hytter like store som hus og med samme standard som i primærboligen. Ifølge Statistisk sentralbyrå var det i 2017 omtrent 460 000 fritidsboliger i Norge og det er oppført hele 22 000 nye fritidsboliger de fem siste årene (2). Nybyggingen indikerer en fortetting av eksisterende fritidsboligområder. Dette kan i lengden føre til færre hytter som ligger avsides og flere hyttefelt. Mangfoldet i dagens samfunn gjør både luksuriøse og enkle hytter attraktive. Det er estimert at rundt halvparten av den norske befolkning har tilgang til fritidsbolig, hvorav ca. 27% har en familie som eier sin egen hytte (3).

I prosjektområdet Oppdal ble det i perioden 2007-2017 bygget 1811 fritidsboliger (4). Dette vil si rundt 180 nye hytter per år. Fortsetter denne trenden trengs det nye, innovative løsninger i årene fremover.

1.1.2 Bærekraft og miljøutfordringer

Utallige naturområder i Norge blir berørt ved bygging av nye hyttefelt og tilhørende infrastruktur. I dag ligger det nærmere 8 000 fritidsboliger innenfor vernede områder og hyttene har gjerne høy standard med et betydelig forbruk av materialer og energi (2). Norge som rik velferdsstat gir et godt grunnlag for innbyggerne til å investere i det de måtte ønske. Flere søker hyttedrømmen og ønsker seg et hjem nummer to, men denne tankegangen er ikke bærekraftig i et langsiktig perspektiv.

I dagens hyttekultur er økonomisk velstand, langsom utvikling og monokultur sentrale faktorer som dominerer fritidsboligmarkedet. Med monokultur menes at Norge har låst seg til sin tradisjonelle hyttekultur med kun et fåtall ulike hytter. Det trengs derfor nye hyttekonsept som legger vekt på mangfold, balanse og livskvalitet. Det må opprettes gode samarbeidsordninger mellom private og kommunale aktører for å kunne nå nye mål.

1.1.3 Nasjonalparken Næringshage

Nasjonalparken Næringshage er en samarbeidspartner for næringslivet i Oppdal og Rennebu. Deres mål er å legge til rette for vekst og utvikling i regionen. De jobber aktivt i bedrifter med utvikling og bistår med nettverk, kompetanse og finansiering (5). Nasjonalparken Næringshage er en operatør i Sivas næringshageprogram. Siva er et norsk selskap som jobber for å tilrettelegge for ny industri, nye arbeidsplasser og levedyktige lokalsamfunn i hele Norge. De har forskjellige innovasjonsprogrammer som bidrar til utvikling av oppstartmiljø og bedriftsfellesskap. Næringshageprogrammet er et av programmene. Hovedmålet med næringshageprogrammet er å fremme verdiskaping, vekst og utvikling av norsk næringsliv i distriktene. En næringshage arbeider for å utvikle næringslivet i sin region. Den består av flere bedrifter som er samlokalisert i næringshagen eller som er tilknyttet den gjennom tett samarbeid og oppfølging. Målet til næringshagene er å gi bedrifter i distriktene et innovativt, faglig og sosialt miljø.

Nasjonalparken Næringshage jobber kontinuerlig med forskjellige prosjekter. De støtter prosjekter som er satt i verk både av bedrifter og privatpersoner i Oppdal og Rennebu, i tillegg til sine egne prosjekter. For tiden jobber Nasjonalparken Næringshage med prosjekter som Fagskole friluftsliv, Innovasjonssenter og Grønn Fjellhageby. (5)

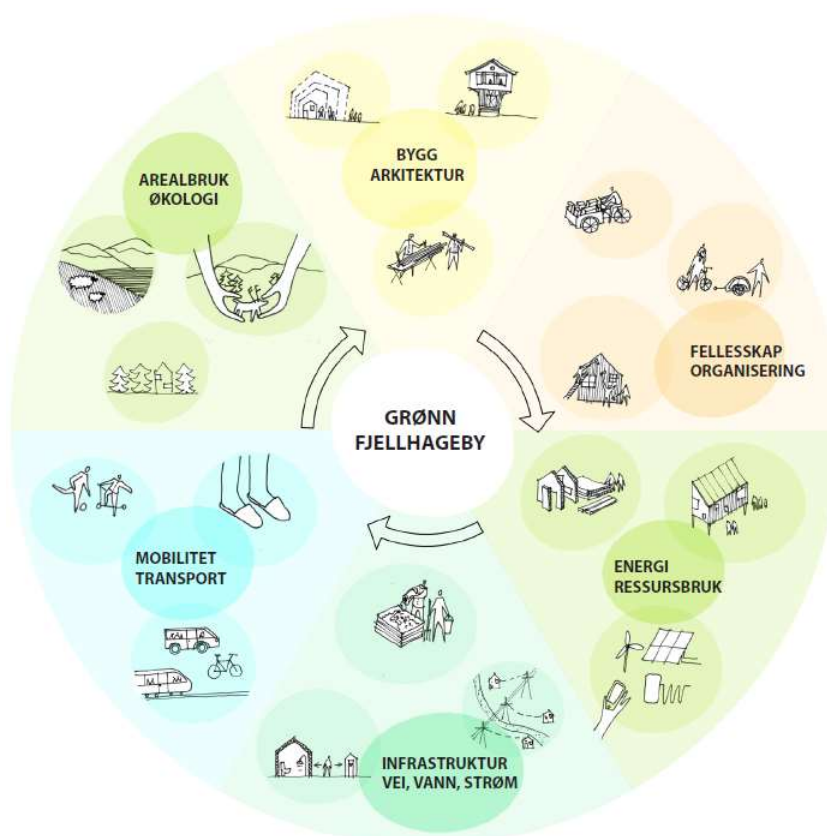
1.1.4 Grønn fjellhageby

Grønn fjellhageby er et av Nasjonalparken Næringshages prosjekter hvor det skal utvikles et konsept for fritidsboliger med vekt på bærekraft både i bygg, bruk og omgivelser. Prosjektet tar del i programmet Fjellsatsinga som administreres av Oppland fylkeskommune. Dette er et femårig program og temaet for denne perioden er «fremtidens byggeløsninger i fjellområdene». Det har blitt brukt to workshops og BREEAM Communities som grunnlag til å definere hva prosjektet skal ha fokus på og hvilke tiltak som skal gjøres. Workshop 1 og 2 er holdt sammen med næringsaktører, politikere og byråkrater fra Oppdal og Rennebu, i samarbeid med Nasjonalparken Næringshage, Trøndelag fylkeskommune og Pir II. (6)

I løpet av de to kreative møtene ble det jobbet fram tre hyttescenarioer i prosjektet Grønn Fjellhageby. De tre hyttmodellene; Urbanhytta, Seterhytta og Naturhytta, ble videreutviklet med tanke på landskapssonene og hvor sårbare disse områdene er for utbygging. Det er tenkt at disse sonene overlappes og at hyttene plasseres etter behov. *Urbanhytta* skal plasseres i sentrum og være tilknyttet hovedveiene og jernbanen. *Seterhytta* skal ligge i tilknytning til dalsidene og jordbruksområdene og samtidig bidra til et rikere kulturlandskap. *Naturhytta* skal være i samspill og balanse med skogsområdene og ha høy opplevelsesverdi. (7)

Oppdal kommune jobber mot et kunnskapsløft som vil bidra til et bedre samarbeid med private aktører. For prosjektet Grønn Fjellhageby legges det vekt på bærekraft med spesielt fokus på biologisk mangfold og reduksjon av klimagassutslipp. Figuren under viser hvordan

fokusområdene i Grønn Fjellhageby er en del av et større bilde med ulike tema som bidrar til bærekraftig hytteutvikling. Uansett hvilken del av prosjektet det jobbes med, vil arbeidet ha en egen plass i sirkelen og bidra til en fremtidsrettet og bærekraftig prosess. Idéen om Naturhytta kan bli en god bidragsyter til nye hyttekonsept som begrenser ressursbruken gjennom delingsøkonomi og utleie slik at færre familier skaffer seg egen fritidsbolig for å oppfylle hyttedømmen.



Figur 1. Fokusområder i prosjektet Grønn Fjellhageby. (7)

1.1.5 Naturhytta

Etter Workshop 1 og Workshop 2 ble det forsøkt å dokumentere hva Naturhytta skal representere i prosjektet Grønn fjellhageby. Sammen med det Trondheimsbaserte arkitektfirmaet Pir II ble tankene samlet i et prosjektdokument. Der ble det spesifisert at hyttene skal plasseres i tilknytning til skogsområdene, men ikke over tregrensene. Byggegrensen ble satt til 700 moh. og samtidig ble det kartlagt områder hvor det kan være essensielt å plassere Naturhytta. Idéen om Naturhytta førte til flere tanker om hva hyttescenariotet kan utvikle seg til. Noen av stikkordene som ble presentert er plassert i figuren under. Nasjonalparken Næringshage har ikke videreutviklet idéen om hytta, men i årene fremover er det planlagt pilotprosjekt for Naturhytta og de to andre hyttescenariene. (7)

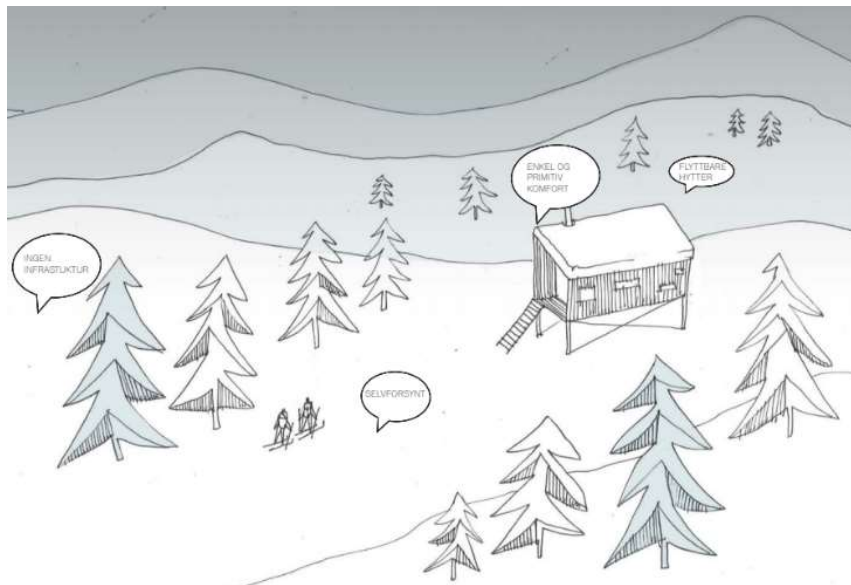


Figur 2. Nøkkelord som er utgangspunktet for Naturhytta, utarbeidet på workshop 2 i prosjektet Grønn Fjellhageby.

1.2 Problemdefinering

1.2.1 Bakgrunn for valg av oppgaven

Ønsket til gruppen er å skrive en oppgave der byggtekniske løsninger står i fokus og der kunnskaper fra spesialiseringen husbyggingsteknikk kan benyttes i stor grad. Målet er å skrive en oppgave med høyt potensiale, der det fins muligheter for å bruke innovative arbeidsmetoder. Gruppen fikk presentert konseptet Grønn Fjellhageby av Tina Lihaug Selbæk fra Nasjonalparken Næringshage. Etter å ha lest mer om konseptet i et oppslagsverk, tok gruppen kontakt med Tina per e-post der det ble avtalte et møte. Møtet var svært interessant og gjorde at gruppen så muligheten til å forme en oppgave og målet for bacheloroppgaven etter ønske. Det var spesielt idéen om Naturhytta som fenget gruppen mest. Som det er forklart tidligere i rapporten er dette fortsatt et prosjekt i startfasen. Gruppen synes derfor det er interessant å videreutvikle prosjektet ved å benytte seg av kunnskap som er opparbeidet under studiet. Denne oppgaven skal hjelpe Nasjonalparken Næringshagen videre i prosjekteringen av Grønn Fjellhageby. Målet er å komme med et forslag til hva Naturhytta kan representere i fremtidens hyttekultur og bidra til utvikling i bransjen.



Figur 3. Skisse og idétegning av Naturhytta. (7)

1.2.2 Problemstilling

Ut ifra idéen om Naturhytta har gruppen formulert følgende problemstilling: «*Utvikling av et konsept på en mobil og bærekraftig hytte.*» På bakgrunn av denne problemstillingen skal gruppen besvare følgende spørsmål:

Hvordan kan sporløs fundamentering løses?

Gruppen skal se nærmere på hvilken fundamenteringsmetode som egner seg best til en mobil og kompakt hytte. Med sporløs fundamentering menes at terrenget og vegetasjonen er så godt som uberørt. Når hytta flyttes på skal det fysiske avtrykket på bakken være så lite som mulig.

Hvordan kan en kompakt og mobil hytte utformes?

Gruppen skal undersøke nærmere hvordan hytta kan utformes både innvendig og utvendig. Hyttas areal skal begrenses til 25m². Det er tenkt at hytta skal romme 2-4 sengeplasser, kjøkkenareal, toalett og stue. Det skal undersøkes hvilke konstruksjonsprinsipp som passer til en slik hytte.

Hvilke metoder skal brukes for å frakte hytta?

Hytta skal kunne flyttes og det må undersøkes hvilke metoder som kan brukes. Her er det interessant å se på frakting fra byggehall til utvalgt område og videre til ønsket plassering i naturen.

Hvilke løsninger kan gjøre hytta bærekraftig?

For at hytta skal være bærekraftig blir det lagt vekt på å bruke holdbare og miljøvennlige materialer. Hytta skal stå i områder uten infrastruktur og må være selvforsynt. Det vil bli sett nærmere på hvilke ressurser som kan dekke behovet for strøm, vann og oppvarming.

1.2.3 Avgrensninger

For å produsere en god sluttrapport innenfor tidsrammen som er satt, har gruppen gjort noen avgrensninger. Hytta skal bygges som én enhet og derfor er det sett bort fra andre alternativer som modulbygg. Det antas at hytta bygges i byggehull. Det finnes utallige løsninger på hvordan en hytte kan bygges. Gruppen har valgt å se på de vanligste fundamenteringsmetodene og konstruksjonsprinsippene for små trehus. Det blir sett på hvordan hytta kan transporteres over kortere avstander. Avstanden Trondheim-Oppdal er regnet som maksimal avstand hytta skal transporteres. Transportetappene skal ikke gi avtrykk i terreng og vegetasjon, og det blir derfor sett på transportmidler som er aktuelle for dette formålet. Bærekraft er et vidt begrep. I denne oppgaven blir det sett på hvordan hytta kan gjøres bærekraft med tanke på miljøvennlig energi- og materialbruk. Det er ikke gjort nøyaktige beregninger på nødvendig dimensjoner for bæresystemet, energibruk, og CO₂-avtrykk.

Naturhytta kan utformes på utallige måter og det er viktig å merke seg at gruppen kun kommer med et forslag til hva Naturhytta kan representere.

1.3 Oppgavens struktur

Dette kapitlet gir en oversikt over hvordan oppgaven er strukturert og skal fremstå som en leserguide. Målet er at oppgaven skal ha en naturlig oppbygning med en tydelig rød tråd.

Sammendrag og innledning

Bacheloroppgaven starter med et sammendrag som gir et kort overblikk over hovedinnholdet. Den skal kunne leses av alle, også personer som ikke er fagfolk. Innledningen skal presentere og forklare bakgrunnen for prosjektet, problemstilling og avgrensninger av oppgaven. Etter å ha lest denne delen skal det være klart hva som skal besvares i resten av oppgaven. (8)

Metoder

Dette kapitlet skal beskrive hva slags metoder gruppen har benyttet for å besvare problemstillingen. Dette kan for eksempel bety metoder for litteratursøk og analyse eller mer tekniske metoder som Archicad. Det skal også beskrives hvordan disse metodene er brukt i oppgaven.

Teori

«I teorikapitlet skal du plassere din studie inn i et overordnet teoretisk rammeverk»(8). I dette kapitlet skal ikke informasjonen drøftes eller sammenlignes på noen måte. Målet med kapitlet er å strukturere informasjonen gruppen har hentet og tenkt til å bruke i resten av oppgaven. De fire første delkapitlene underbygger det som skal analyseres, mens det siste delkapitlet setter bærekraftbegrepet i sammenheng med oppgaven.

Analyse

Her skal informasjonen fra teorien analyseres. I denne oppgaven betyr det å sammenligne ulike løsninger. Med dette menes for eksempel å sammenligne forskjellige ytterveggløsninger. Det skal være en objektiv sammenligning. Det er veldig viktig at gruppens meninger ikke kommer frem i dette kapitlet. Analysen skal være bakgrunnen for valg av løsninger. Gruppen har forsøkt å dele inn delkapitlene mest mulig likt som inndelingen i teorikapitlet. Dette gir en oversikt over hvor teorien er hentet fra. Kriteriene for sammenligningene beskrives og begrunnes i *vedlegg B.1*. På slutten av hvert delkapittel skal analysene oppsummeres med en tabell. Denne tabellen blir beskrevet mer i kapitlet om metode. Finnes det bare én relevant løsning skal denne beskrives på en utfyllende måte.

Valg av løsninger

Dette er en videreføring av analysekapitlet. Her skal det velges en løsning med bakgrunn i hva som ble analysert i kapittel 4. Gruppen skal begrunne hvorfor løsningene ble valgt. Kapitlet er delt inn på samme måte som analysekapitlet. Det skal ikke komme noen ny teori eller informasjon i dette kapitlet.

Konsept

I dette kapitlet skal løsningene samles til et konsept. Konseptet skal beskrives med tegninger og tekst. Begrunnelse av valgene skal beskrives, men positive og negative sider ved konseptet skal ikke framkomme i kapitlet.

Drøfting

Positive og negative sider ved konseptet og metodene som gruppen har brukt skal beskrives. Det skal diskutere hva som kunne blitt gjort annerledes og usikkerheter rundt konseptet skal belyses. Veien videre skal også drøftes. Til slutt skal det skrives litt om hva som kunne blitt gjort annerledes dersom teknologien var bedre. Her har gruppen valgt å plassere innovasjonskapitlet.

Konklusjon

Konklusjonen skal oppsummere oppgaven og besvare problemstillingen og underspørsmålene.

2 Metode

2.1 Litteratursøk

Å finne relevant litteratur er tidskrevende og det er derfor viktig å være strukturert og effektiv. Gruppen har brukt Oria som primær søkemotor for å finne litteratur. I Oria søker man i norske bibliotek og herfra ble det hentet relevante fagartikler og bøker. For å slippe og bruke unødvendig tid på å lese irrelevante artikler har gruppen brukt denne sjekklista ved søk i Oria:

Litteraturen skal ha:

1. Relevant tittel
2. Relevant problemstilling
3. Relevante nøkkelord
4. Relevant konklusjon

Målet er å oppfylle alle de fire punktene i lista, men det har i noen tilfeller blitt brukt artikler hvor kun tre av fire punkt er oppfylt. Sjekklista har effektivisert søkeprosessen.

Utenom søketjenesten Oria har gruppen prøvd å benytte seg av sikre kilder som SINTEF Byggforsk og fagbøker som er brukt i løpet av studietiden. Dette er gjort for å sikre at det blir presentert korrekt informasjon i sluttrapporten. I tillegg er det blitt hentet informasjon om vekt, pris og funksjoner til ulike produkter fra produktenes hjemmesider, ved bruk av søketjenesten Google. Informasjon fra andre nettsteder har blitt brukt varsomt, og blir forsøkt understøttet av annen litteratur på best mulig måte.

2.2 Ekstern kompetanse

I noen tilfeller er det brukt mindre kjente produkt eller løsninger med begrenset støttelitteratur. I disse tilfellene har gruppen benyttet seg av ekstern kompetanse fra leverandøren av produktet. Kommunikasjonen har primært skjedd via mail. Informasjonen fra de eksterne er undersøkt på andre arenaer for å unngå subjektive meninger. På den måten mener gruppen at den eksterne kompetansen er et positivt tilskudd i oppgaven og åpner opp for nye og mindre kjente løsninger.

2.3 Norsk prisbok 2018

Norsk Prisbok er et oppslagsverk for den norske byggebransjen. Den følger kontinuerlig utviklingen i byggebransjen og er en oppdatert prisdatabase. Norsk Prisbok inneholder prisinformasjon om blant annet kostnader for et byggeprosjekt, i tillegg til LCC og verdier for CO₂-avtrykk. Innholdet består av 1700 ferdigkalkulerte elementer, over 3500 prislinjer, tider, reseptmengder, livssyklus kostnader og verdier for CO₂-avtrykk. I tillegg inneholder Norsk Prisbok erfaringspriser pr. kvadratmeter BTA for stadig økende antall bygningstyper i.h.t NS 3457. Den kan for eksempel benyttes i kostnadsvurdering i tidligfasen av ett eller flere

prosjektkonsepter basert på overordnede nøkkeltall. Et annet bruksområde er til vurdering av bæresystem i en bygning og sammenligning av kostnader for ulike ytelse- og kvalitetsvalg. (9)

I denne oppgaven er Norsk Prisbok 2018 benyttet. Den er brukt til å innhente informasjon om priser og vekt for å danne grunnlaget for deler av analysene i kapittel 4. Den er også benyttet sammen med Archicad for å gjøre et prisoverslag for hele hytta.






2.4 Analyse

Analysekapittelet er en videreføring av teorikapittelet. Informasjonen hentet derfra skal analyseres og sammenlignes i analysekapittelet. For å forklare analysemetoden blir oppvarming brukt som eksempel. I teorikapittelet ble det hentet informasjon om oppvarmingsalternativer. I analysekapittelet skal disse alternativene sammenlignes.

For å kunne sammenligne noe må det settes opp relevante kriterier for sammenligningen ut ifra problemstillingen. Relevante kriterier for oppvarming er pris, vekt, størrelse, plassbehov, miljøvennlighet, virkningsgrad og varmeregulering. Ut ifra kriteriene kan det være alternativer fra teorien som det ikke er nødvendig å sammenligne fordi det ikke blir en mulighet uansett. Fra teorien om oppvarming er det ikke nødvendig å sammenligne varmepumpe fordi den krever innlagt strøm og det er noe hytta ikke har tilgang til.

Deretter skal alternativene sammenlignes med tekst ut ifra kriteriene. For å oppsummere og visualisere sammenligningen blir en tabell med alternativene og kriteriene satt opp. Tegnbruken som er brukt i tabellen skal gjenspeile det som står i teksten. Under blir tegnbruken forklart:

Tabell 1: Forklaring på tegnbruken i analysekapittelet.

Tegn	Forklaring
	Står for veldig negativt. Store feil eller mangler ut ifra kriteriet eller sammenlignet med de andre alternativene.
	Står for negativt. Noen feil eller mangler ut ifra kriteriet eller sammenlignet med de andre alternativene.
	Står for nøytralt. Verken positivt eller negativt sammenlignet med de andre alternativene eller kriteriet.
	Står for positivt. Noen positive egenskaper ut ifra kriteriet eller sammenlignet med de andre alternativene.
	Står for veldig positivt. Mange positive egenskaper ut ifra kriteriet eller sammenlignet med de andre alternativene.

Flere ulike analyser kan ha det samme kriteriet, som vekt, men at de betyr ulike ting. Vekten til en oppvarmingsmetode kan ikke brukes til å sammenligne en vegg. Derfor blir alle kriteriene satt opp og forklart i *vedlegg B.1*.

Denne analysen skal være bakgrunnen for kapittelet om valg av løsninger. All informasjon, positive og negative sider om valg av løsninger skal baseres på analysen. Det er derfor viktig at analysen er objektiv og kun bruker objektive kilder.

Tabell 2: Eksempel på kriterietabell brukt i analysekapittelet.

	<i>Vedovn</i>	<i>Pelletsovn</i>	<i>Gassovn</i>
<i>Pris</i>			
<i>Vekt</i>			
<i>Størrelse</i>			
<i>Plassbehov</i>			
<i>Miljøvennlig</i>			
<i>Virkningsgrad</i>			
<i>Varmeregulering</i>			

2.5 Konseptutvikling

Sentrale faktorer i en konseptutvikling er kartlegging av krav, behov og mål. Som beskrevet i *1.3 Oppgavens struktur* skal konseptutviklingen bygge på teorien, analysen og valg av løsninger. Løsningene, som for eksempel fundament, vegg og tak, skal settes sammen til en hytte og beskrives både ved tegninger og tekst. For å utføre dette på en fornuftig måte må relevante standarder og forskrifter benyttes. For denne prosjekteringen brukes Byggteknisk forskrift (TEK17), som standard for det byggetekniske. Alle kilder fra SINTEF Byggforsk opprettholder disse kravene. Tegningene er sentrale i konseptet og alle tegningene er produsert med tegneprogrammet Archicad. Teksten beskriver nøyere hva som er visualisert på tegningene. (10)

2.6 Archicad

Archicad er et komplett BIM-verktøy som inkluderer tilpassede norske maler og biblioteker. I Archicad kan man tegne og designe avanserte modeller, og produsere tegninger både i 2D og 3D. Programmet leveres med tilleggsfunksjoner som kapplister, SOSI-import, armering, rendering og modellsjekking. (11)

I denne oppgaven er Archicad benyttet til å produsere alle tegninger som er en del av konseptutviklingen. Det er også brukt til å hente ut informasjon om mengder og areal av de ulike bygningskomponentene, som videre er brukt til beregning av vekt og pris av hytta.

3 Teori

3.1 Fundament

Fundamentet er den nederste delen av en konstruksjon. Oppgaven til fundamentet er å føre lastene fra konstruksjonen videre ned i den underliggende jorden. Før det fundamenteres kan det være lurt å undersøke terreng og grunnforhold slik at den rette fundamenteringsmetoden velges. (12)

3.1.1 Grunnundersøkelser

Ofte har kommunale bygningsmyndigheter og lokale entreprenører oversikt over grunnforholdene i et gitt område. Det kan derfor være lurt å først forhøre seg med bygningsmyndighetene om hvordan grunnforholdene er i området eller for tilgrensende områder. Denne kunnskapen kan være basert på tidligere grunnundersøkelser. Det kan også være nyttig å innhente informasjon om omkringliggende bebyggelse for å få oversikt over blant annet problemer med setninger, teleskader, drenering og overvann. Dersom det er manglende kunnskap om grunnforholdene på byggetomten kan det være nødvendig å gjøre undersøkelser. Ved å gå på befaring på byggetomten bestemmes det om det må gjøres enkle grunnundersøkelser eller mer omfattende geotekniske undersøkelser, eller om det i det heletatt er nødvendig å gjøre undersøkelser. (13)

3.1.2 Grunnforhold

Dette underkapittelet er en oppsummering av hvordan SINTEFF Byggforsk beskriver grunnforhold i blad *511.101 Byggegrunn og terreng*. En byggegrunn kan bestå av jordarter og fjell. Jordartene kan deles inn i organiske og mineralske jordarter. I følge Store norske leksikon er et organisk materiale rester av planter og dyr som inneholder karbon, og kan eksempelvis være torv eller jordarter med humusstoffer. Det øverste laget i en byggegrunn består av organisk materiale, og blir ofte fjernet før bygging.

Fjell

Fjell blir regnet som god byggegrunn. Det er viktig å kartlegge fjell i dagen og dybder til fjellgrunnen for å kunne velge rett fundamenteringsmetode. Dersom grunnen består av faste jordmaterialer kan bygningen plasseres dels på fjell og dels på jord. Når grunnen består av løsere jordmaterialer og det er kort avstand ned til fjell, lønner det seg å grave bort jordmaterialet før bygging.

Mineralske jordarter

Mineralske jordarter kan grovt deles inn i leire, silt og stein, sand og grus. De klassifiseres etter hvilke fraksjoner de inneholder og mengdeforholdet mellom fraksjonene. Leire har de fineste

kornstørrelsene, mens stein har de groveste kornstørrelsene. I tillegg finnes det leirholdige morenematerialer, som er breavsetninger og inneholder som regel alle fraksjoner fra leire til stein.

3.1.3 Geotekniske forhold

Bæreevne

Før det fundamenteres må man vite hvor god bæreevne grunnen har. Med bæreevne menes hvor mye grunnen kan belastes før den synker. Grove masser som sand, stein og grus har bedre bæreevne enn finere masser som leier og silt. For småhus med opptil to etasjer kan det antas at byggegrunnen kan ta opp spenninger som gitt i *tabell 1*, uten at det oppstår skadelige deformasjoner. (13)

Tabell 3: Maksimal tillatt spenning for ulike jordarter. Det er forutsatt at grunnvannet er minimum en meter under laveste fundamentnivå. (13)

Jordart	Maksimal tillatt spenning kN/m²
Fast lagret sand og grus	250-300
Middels fast sand og grus	150-200
Fin sand og grov silt	100-150
Løs sand og silt	50-150
Fast leire	150-200
Middels fast leire	70-150
Bløt leire	30-70
Meget bløt leire	< 30

Setninger

Setninger oppstår når et sammentrykkbart materialer, for eksempel jord, blir utsatt for en større last en det tidligere har hatt. Den økte lasten kan oppstå når et nytt byggverk skal settes opp. Store setninger, skjevsetninger og raske setninger kan medføre skader på byggverket. Størrelsen på setningene og graden av skjevsetninger er bestemt av flere forhold: lastens størrelse og utstrekning, grunnforholdene på stedet og dybden til fjell. Leire gir større setninger enn sand og store dybder til fjell gir større setninger enn små dybder til fjell. Hvor raskt setningene forekommer avhenger kun av grunnforholdene. Godt drenerte materialer som sand og grus gir setninger etter hvert som lasten påføres. Finere og udrenerte materialer som leire gir langsomme

setninger, ettersom det tar tid for vannet å trekke ut av materialet. Slike setninger kan forekomme over flere år. (13)

Stabilitet

En terrengoverflate som danner en vinkel med horisontal planet og som ikke er sikret av for eksempel en støttemur, kalles en uavstivet skråning. Slike skråninger kan forekomme naturlig eller oppstå etter utgraving av for eksempel en vegskjæring. Siden terrengoverflaten ikke er horisontal, vil tyngdekraften forsøke å trekke jordmassene nedover. Dersom disse kreftene blir større enn jordas skjærstyrke (motstanden i jorda) kan det oppstå brudd og skråningen kan gli ut. (12)

Telefare

Om vinteren kan vannet i jorda fryse og det dannes islinser som trekker til seg vann nedenfra. Etter hvert som islinsene fortsetter å vokse ekspanderer jorden og grunnen hever seg. Dette kalles telehiv. Faren for tele er størst i jordarter som inneholder mye silt. Jordarter som stein, grus og sand er uten telefare. Morenematerialer blir regnet som usikre, da de kan inneholde jordmaterialer i alle fraksjoner. Dersom telefaren ikke vurderes med en kornfordelingsanalyse, bør det tas utgangspunkt i at det er telefare i byggegrunnen. Da må bygningsfundamentet føres ned til frostfri dybde. Dybden til fundamentene er avhengig av blant annet jordarten, klimaet på stedet, hvor mye bygningen varmes opp, fundamenteringsmåte og frostsikringstiltak. Alternativt kan det brukes markisolasjon. Da kan fundamenteringsdybden reduseres til 0,3 meter. (13)

3.1.4 Radon

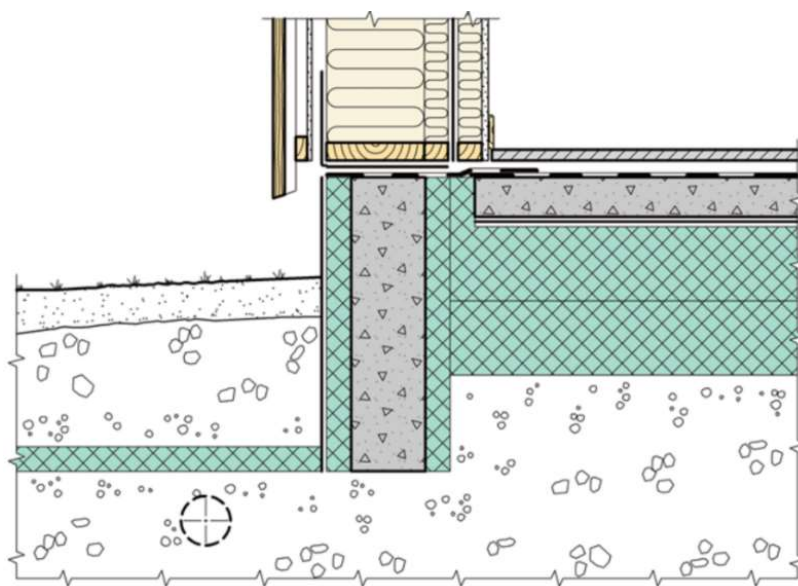
Fjell og løsmasser kan inneholde ulik grad av radon. Radon kan strømme inn i bygningen gjennom utettheter. Derfor skal alle bygg ha radonforebyggende tiltak. For mindre bygninger som er fundamentert med pæler eller pilarer, eller som har lignede fundamenteringsmetoder, er ventilering av rommene under bygningen som regel et godt nok tiltak. For fundamenteringsmetoder der gulvkonstruksjonen har direkte kontakt med bakken, for eksempel gulv på grunnen med ringmur, er det nødvendig å gjøre ulike forebyggende tiltak. Dette kan for eksempel være å installere radonsperre i gulvkonstruksjonen. Det kan også være lurt å legge til rette for tiltak som kan aktiveres dersom radonkonsentrasjonen i innelufta overstiger 100 Bq/m^3 . Da er et effektivt tiltak å installere en radonbrønn som kan sørge for ventilering av bygningen. (14)

3.1.5 Fundamenteringsmetoder

For småhus som ikke skal fundamenteres med kjeller finnes det tre hovedtyper av fundamentering: Gulv på grunnen med ringmur, ringmur med kryperom og åpen fundamentering. (14)

Gulv på grunnen med ringmur

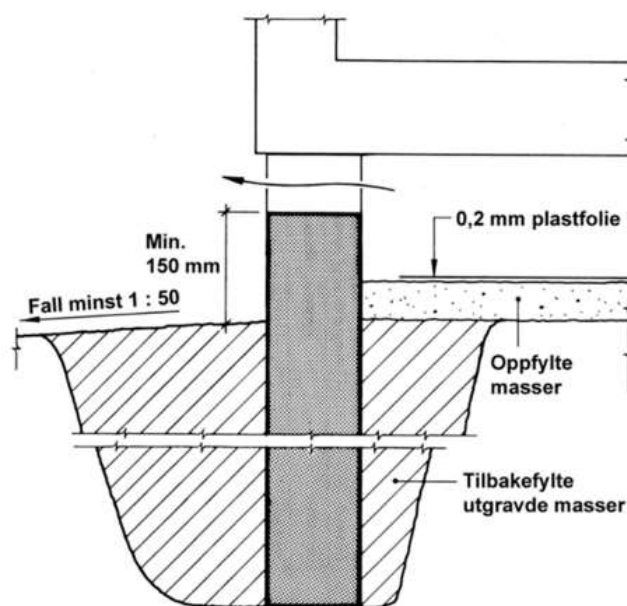
Som navnet tilsier utføres denne fundamenteringsmetoden med ringmur og gulvkonstruksjon direkte på grunnen. Ringmuren kan være av isolerte elementer, murblokker eller plasstøpt betong. Det er vanlig å legge et 200 mm tykt lag med pukk som underlag for den isolerte gulvkonstruksjonen. Gulvisolasjonen kan gjerne være av polystyren (EPS eller XPS) eller steinull. Over isolasjonen støpes et betonggulv. Gulv på grunnen må sikres mot radon og fukt med bruk av radonmembran og fuktsperre. Det anbefales alltid at det brukes markisolasjon for gulv på grunnen med ringmur med hensyn på telefare og varmetap. Det er vanlig å bruke ekstrudert polystyren (XPS) for markisolasjon, og den plasseres i bakken utenfor ringmuren og eventuelt under ringmuren. (14)



Figur 4. Prinsipiell oppbygning av gulv på grunnen med ringmur. (15)

Ringmur med ventilert kryperom

I stedet for gulv direkte på grunnen kan ringmur med ventilert kryperom være et godt alternativ. Ringmuren kan utføres i betong med forskalingsblokker eller som murverk av lettklinkerblokker eller betonghullblokker. Ved telefarlig grunn bør ringmuren fundamenteres til frostfri dybde. Dersom det plasseres markisolasjon på hver side og under ringmuren, kan fundamenteringsdybden reduseres til 0,3 m. I områder med ikke-telefarlig grunn eller på fjell kan ringmuren fundamenteres grunt. På ringmuren bygges det en gulvkonstruksjon, for eksempel et bjelkelag. Det åpne rommet mellom ringmuren og gulvkonstruksjonen danner kryperommet. For å unngå skader må fuktigheten i kryperommet holdes nede ved å blant annet sørge for god ventilasjon. Terrenget rundt ringmuren utarbeides med fall slik at overflatevann ikke renner inn i kryperommet eller inn til ringmuren. Det bør tilstrebtes å få terrenget under kryperommet til å ligge høyere enn det utvendige terrenget. Dersom dette ikke lar seg gjøre må man få ledet bort oppsamlet vann under kryperommet med hjelp av fall og drenerende masser. Det kan med fordel også brukes en plastfolie som er plassert oppå terrenget under kryperommet for å hindre fuktavdunsting fra grunnen. (16)



Figur 5. Prinsipiell oppbygning av ringmur med ventilert kryperom. (14)

Åpen fundamentering

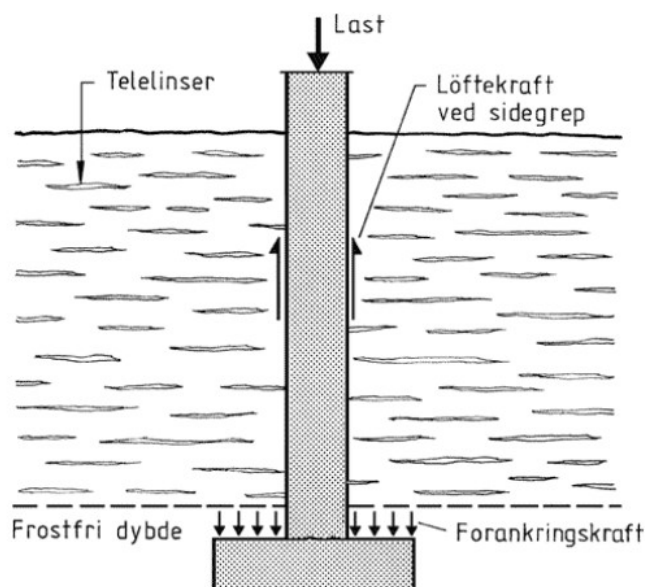
Åpen fundamentering utføres med pilarer, pæler eller grunnmursstriper. Denne løsningen gir uteklima under bjelkelaget. Avstanden mellom grunn og gulvet i bygningen bør være minimum 0,5 m. (14)

Pæler

Pæler er bærende konstruksjoner som består av tre, stål eller betong. Det er vanlig å skille mellom svevepæler og spissbærende pæler. Svevepæler har ikke kontakt med fjell, men ligger å «svever» i jordmassene. Her overføres kreftene fra konstruksjonen til jorden ved hjelp av friksjonskrefter. Samtidig gir også pælespissen et lite bidrag til å bære lasten fra konstruksjonen. Spissbærende pæler er forankret i hardpakkede lag av for eksempel morene eller fast fjell. Her overføres kreftene fra konstruksjonen gjennom hele pælen og via spissen til underlaget, uten noe bidrag fra pælesidene. Det finnes flere typer av pælefundamenter for småhus. En tradisjonell metode er å borre et hull i bakken med ett jordbor forså å fylle hullet med betong. En mer moderne, men mindre kjent metode, er skrufundamentet. Dette er stålskruer som skrues direkte ned i bakken. (12)

Pilarer og stripefundamenter

Ved pilarfundamentering er det vanlig å forbore eller grave massene bort. Dette gjøres som regel gjennom et føringsrør som støtter opp veggene i hullet. Når hullet så fylles med betong, føres føringsrøret opp i takt med støpningen eller det blir stående igjen i jorden. I telefarlig grunn kan pilarer bli utsatt for løftekrefter. Væsken i jordmassene fryser seg fast til pilarene og løfter fundamentet med seg når grunnen ekspanderer (telehiv). Det er derfor ofte nødvendig å fundamenterer pilarene ned til frostfrydybde og forankre de mot løftekrefter. Dette gjøres med å støpe en såle under pilaren. Stripefundamenter utføres på omtrent samme måte som pilarer. I stedet for punktfundamenter, går stripefundamentet som et kontinuerlig fundament under konstruksjonen. Også for stripefundamenter er det ofte nødvendig å støpe en såle under fundamentet for å forankre det mot løftekrefter. (12)



Figur 6. Pilar ført ned til frostfri dybde og forankret mot løftekrefter. (17)

3.2 Konstruksjon

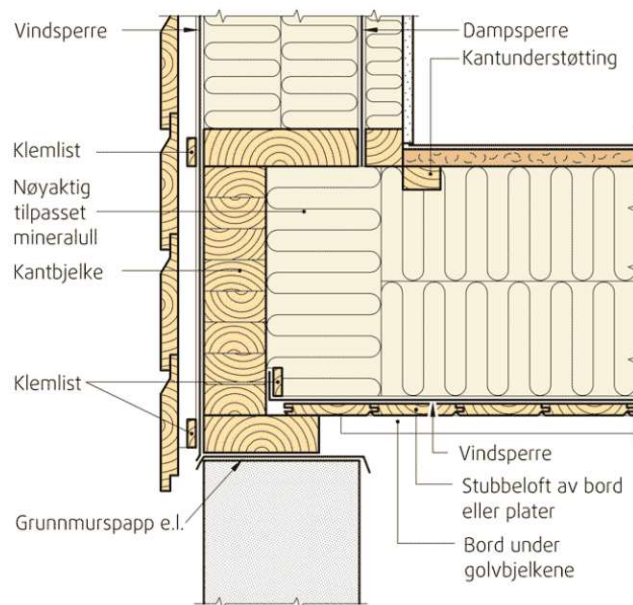
3.2.1 Gulv

Når bygningen er fundamentert med golv på grunnen med ringmur, vil betongplata fungere som gulvkonstruksjon. Dette er nærmere beskrevet i underkapittel *2.1.5 Fundamenteringsmetoder*. For småhus som er fundamentert med kryperom eller åpen fundamentering er den vanligste gulvkonstruksjonen trebjelkelag. Ved slike tilfeller er det viktig å passe på at det er tilstrekkelig ventilering under gulvkonstruksjonen for å unngå fuktskader.

Trebjelkelag

Trebjelkelag legges opp etter et bjelkelagsplan. Bjelkelagsplanet viser nøyaktig plassering av hver enkelt gulvbjelke, bjelkedimensjon, forsterkninger og utveksling for åpninger. Gulvbjelkene festes vanligvis til en grunnmursvill som er forankret til fundamentet. Forankringen kan for eksempel utføres med ekspansjonsbolter og vinkelbeslag. Gulvbjelker legges vanligvis med bjelkeavstand c/c 600 mm. Dersom det er store spennvidder eller bjelkehøyden må begrenses er det også aktuelt med bjelkeavstand c/c 400 mm eller c/c 300 mm. Ved gavlveggene legges det kubbing med c/c 600 mm på tvers av gulvbjelkene. Aktuelle produkter for gulvbjelkene kan for eksempel være bjelker av konstruksjonstrevirke, parallellfiner, limtre eller I-profiler. Bjelkedimensjoner og spennvidder bestemmes etter trekonstruksjonsstandarden NS-EN 1995-1-1 og laststandarden NS-EN 1991-1-1.

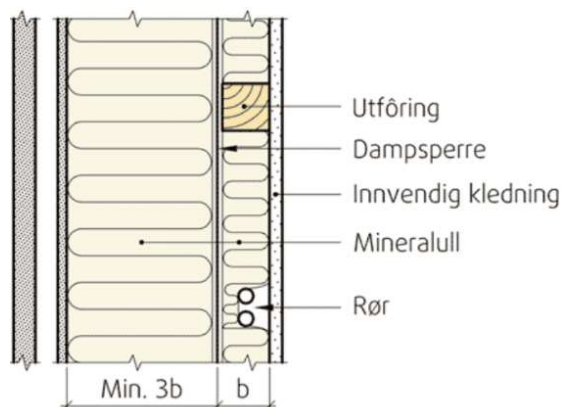
Hulrommet mellom gulvbjelkene fylles vanligvis med mineralullsisolasjon, men også andre isolasjonsmaterialer er aktuelt å bruke. Ifølge TEK17 er minimumskravet til u -verdi lik $0,18 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ for bygninger som varmes opp til normal innnetemperatur og utføres med åpen fundamentering eller kryperom. Oppå bjelkelaget legges det et undergolv, som er det bærende underlaget for gulvmaterialet og arbeidsplattform for påfølgende utførelse av vegger, tak og innredning. De vanligste materialene som blir brukt til undergolv er OSB-plater, sponplater eller kryssfinerplater med 22 mm tykkelse. Det er også vanlig å bruke 23 x 98 mm bord som undergolv. Generelt skal gulvkonstruksjoner ha et lufttett sjikt på hver side for å hindre luftbevegelser i konstruksjonen. For gulvkonstruksjoner mot det fri og over kryperom gir gulvmateriale og undergolv tilstrekkelig dampmotstand på innvendig side. På utvendig side er det et vindsperresjikt av rull- eller plateprodukt. (14)



Figur 7. Prinsipiell oppbygning av gulvkonstruksjon mot det fri. (18)

3.2.2 Yttervegg

Som yttervegløsning finnes tre hovedtyper: Gjennomgående stendere, delt bindingsverk og massive trevegger. Minstekravet i TEK17 er en u -verdi mindre eller lik $0,22 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. En yttervegg skal ha et lufttett sjikt på utsiden og et damptett sjikt på innsiden som hindrer luftlekkasjer i veggen. Eventuelle luftlekkasjer kan føre til økt varmetap og fuktskader. Ved bruk av massivtre trengs det vanligvis ikke dampspærre og da kan det brukes dampbrems slik at fuktigheten tørker ut.



Figur 8. Prinsipiell oppbygning av en robust yttervegg med totrinnstetning og utføring. (19)

Gjennomgående stendere

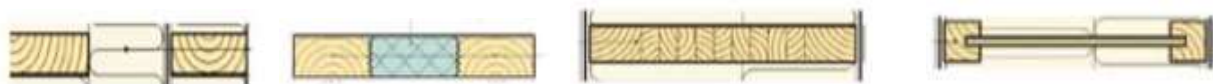
En yttervegg kan bygges etter de vanligste prinsippene med totrinnstetning, vindsperre, bindingsverk, dampsperre og eventuell påføring. Dette gir en robust utforming som tåler de nordiske forholdene. Den vanligste løsningen er stendere av heltre, men andre gjennomgående stendere som kan gi en mer energieffektiv bygning er stendere av I-profiler, stendere av limte lameller eller isolerte stendere. Disse løsningene kan utforme tykkere vegger med mer isolasjon og dermed mindre varmetap. Med tykke vegger menes vegger som er tykkere enn 200 mm hvor det trengs flere isolasjonsplater og eventuelt konveksjonssperre mellom platene. (20)

Vegg av massivtreelement

Dette er en veggkonstruksjon som er bygget opp av massive treelementer. Veggens bær i likhet med første løsning ha totrinnstetting utvendig. Massivtre kan sammenlignes med betong når det gjelder bæreevne og brannmotstandsevne og betegnes ofte som den moderne versjonen av laftevegg. Massivtre i seg selv har ikke god nok isoleringsevne og veggens lektes derfor ut med trykkfast isolasjon som blir holdt på plass av lange skruer. Dampsperreren kan droppes ved tykk nok innvendig kledning av massivtre som gir tilfredsstillende S_a -verdi. (20)

Delt bindingsverk

Delt bindingsverk er bygd opp av to bindingsverk med et kontinuerlig isolasjonslag i midten. Isolasjonslaget kan utføres med innblåst isolasjon for å sikre god tetting av hulrom. En dobbel veggkonstruksjon gir mulighet for innvendig bæring, utvendig bæring og delt bæring. Løsningen gir lavere u-verdi og veggens blir dermed slankere samtidig som den oppfyller ønsket krav. Delt bindingsverk er en veggkonstruksjon som oftest brukes ved prosjektering og bygging av passivhus og lavenergihus, men prinsippet kan brukes ved andre standarder også. Utfordringen for denne typen delt konstruksjon er å utføre arbeidet slik at egenskapene opprettholdes. (14)



Figur 9. Noen vanlige typer stendere brukt i energieffektive.

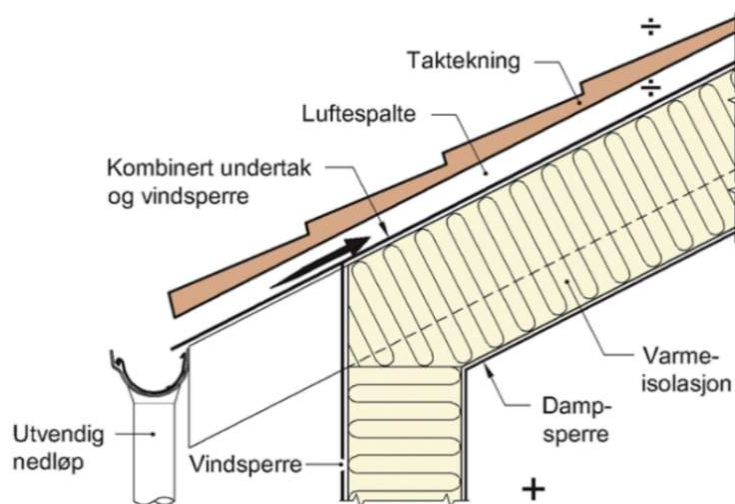
Fra venstre: Delt bindingsverk, isolert stender, sammenlimte lameller, stender av I-profil (20).

3.2.3 Tak

De vanligste takene for hus og fritidsboliger er luftede tak og kompakte tak. Minimumskravet til energieffektivitet i TEK17 er $0,18 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.

Luftede tak

En god egenskap i luftede tak er uttørkingsevnen og dette gjør at isolasjonssjiktet kan inneholde organisk materialer som tre. Taket må da ha et diffusjonsåpent undertak eller vindsperre slik at fukt kan vandre ut fra taket. Ved et godt isolert tak er sjansene for snøsmelting lav og ventilasjonsbehovet er begrenset til et minimum. Luftede tak prosjekteres med utvendig nedløp. I et sperretak ligger all isolasjonen i skråtaket og da kan dampspærren gå kontinuerlig. Andre løsninger på luftede tak er W-takstol (uluftet, kaldt loft) og A-takstol (oppholdsrom på loftet). (20)

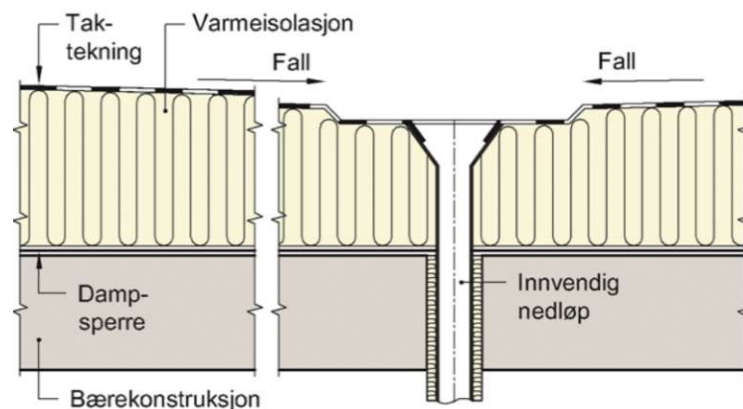


Figur 10. I et sperretak ligger all isolasjonen i skråtaket og da kan dampspærren gå kontinuerlig. (21)

Kompakte tak

Kompakte tak kalles også varme tak og kan tåle stående vann da det tekkes med vanntett materiale. Takene utformes som flate eller skrå tak hvor materialene vanligvis ligger mellom to tette sjikt slik at fukt ikke kan trenge inn og gi fuktskader. Bærekonstruksjonen består ofte av tre, massivtre, betong eller stål og isolasjonen plasseres regelmessig over disse materialene. Kompakte tak prosjekteres som regel alltid med innvendig nedløp for å forhindre isdannelser, men ved kysten kan utvendig nedløp likevel vurderes. (21)

Ifølge lavenergiprogrammet trenger et standard kompakt tak 270 mm med isolasjon for å oppnå en u-verdi lik energitiltakskravet på $0,13 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Til sammenligning er dette 50 mm mindre enn et luftet sperretak. Isolasjonen må tåle fukt ettersom uttørkingsevnen til takkonstruksjonen ikke er tilstrekkelig. (20)



Figur 11. Utforming av et rettventdt kompakt tak hvor isolasjonen er plassert mellom to tette sjikt. (21)

3.2.4 Vindu

Det finnes to hovedtyper vinduer: To-lags vinduer og flere-lags vinduer. Minimumskravet til energieffektivitet for vindu og dør inkludert ramme/karm i TEK17 er $1,2 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Prinsippet for to- og flere-lags vinduer er å ha edelgass mellom glassene. Dette minsker varmetapet. Før var det vanligst med to-lags vindu, men nyere bygg har som regel tre eller fire lag med glass for å oppnå en bedre u-verdi. Installasjonen for vinduer er som regel lik, uavhengig av antall lag med glass. (22)

3.3 Offgrid-løsninger

En hytte som er offgrid er ikke koblet til det offentlige forsyningsnettet. Dette er offentlige tjenester som innlagt strøm, vann og kloakk. Den er selvforsynt og ikke avhengig av disse tjenestene.

3.3.1 Strøm

Fornybar Energi

For at en enhet skal være bærekraftig og selvforsynt med tanke på strøm og oppvarming kan fornybar energi benyttes. Store norske leksikon definerer fornybare energi som «en betegnelse på energikilder som har sin opprinnelse i naturens eget kretsløp og som, innenfor et menneskelig tidsperspektiv, kontinuerlig fornyes og kan dermed anses som uuttømmelige» (23).

Mesteparten av fornybar energi kommer direkte eller indirekte fra sola. De blir ofte delt opp i flere ulike energikilder med tanke på hvor de kom fra og utvinningsmetoden. Solenergi er direkte stråling fra sola i form av lys og varme. Denne energikilden er tilgjengelig overalt på jorda, men den er mest effektiv ved ekvator. Solenergi utnyttes som varmeenergi og elektrisk energi. Solfangere bruker energien til å varme opp vann, mens solceller bruker den til å produsere strøm.

Vindturbiner utnytter luft i bevegelse for å produsere elektrisk energi. Det er utbredt på store og flate arealer, som Danmark. Norge har normalt ikke utnyttet denne energiformen mye på grunn av ugunstig terreng, men de har planer om å utnytte havet til dette formålet.

Vannkraftverk utnytter vannfallsenergien fra elver og dammer for å produsere strøm. 70 % av verdens fornybare kraftproduksjon utnytter vannkraft på denne måten. Denne metoden å utvinne energi er veldig utbredt i Norge. En moderne måte å utvinne energi i vann er fra bevegelsesenergien i bølger. Dette blir også kalt tidevannsenergi.

Biologisk materiale blir produsert gjennom fotosyntesen. Energien fra dette kan utnyttes direkte, ved brenning, eller bli omdannet til for eksempel biodrivstoff. Dette er en av de få energikildene som ikke kommer direkte eller indirekte fra sola. Under jordoverflaten er store mengder energi lagret i form av varme som det er mulig å utnytte. Et geometrisk kraftverk utnytter denne varmen til å produsere elektrisk energi. (23)

Ikke-fornybar energi

Tradisjonelt er ikke fornybare energikilder brukt for å generere strøm for en offgrid-enhet. Dette er fordi små, fornybare energianlegg egnet til hus og hytter ikke har vært effektivt, praktisk eller billig nok før de siste årene. Diesel- eller bensinaggregat er da ofte tatt i bruk som en annen metode for strømforsyning. De kan slås på etter behov og produserer mye strøm. Problemet er at de bruker ikke-fornybare energikilder og bråker en del. (24)

3.3.2 Oppvarming

Det finnes i dag mange former for oppvarming som utnytter forskjellige energikilder. Slike installasjoner varierer i størrelse, pris og hvor praktiske de er.

Den klassiske og mest tradisjonsrike oppvarmingskilden på hytter i Norge er vedovn. Vedovn bruker biobrensel i form av ved for å generere varme. Med tilgang til skog i store deler av landet har dette vært den mest gunstige løsningen. Den eneste varmereguleringen kommer i form av hvor mye ved man brenner. Det kan være vanskelig å få en jevn temperatur. I dag kan vedovner nå en forbrenning med inntil 80% virkningsgrad.

Pelletsovn brenner pellets for å generere varme på samme måte som vedovn. Pellets blir laget ved å presse sammen et materiale til små sylindrer. I dette tilfelle er materialet trebasert. På moderne pelletsovner fyller man et kammer med pellets og så mater ovnen selv forbrenningen med pellets for å holde en jevn, innstilt temperatur. Virkningsgraden på denne forbrenningen er mellom 85 % og 92 %.

Som navnet tilsier bruker gassovnene forbrenning av gass for å produsere varme. Denne energikilden er mye mindre miljøvennlig enn fornybar, men kan reguleres ganske bra og skape en jevn temperatur. De kan også generere varme mye raskere enn ved- og pelletsovner.

Gassovnaparatene er ofte små og mobile. Virkningsgraden for slike ovner er i dag på rundt 95%.

Det finnes flere variasjoner av varmpumpe, men den mest vanlige for oppvarminger av boliger i Norge er luft-til-luft varmpumpe. Luft-til-luft varmpumpe bruker varmen fra utelufta for å varme opp hytta. For å kjøre denne prosessen bruker systemet strøm. Dette anlegget kan være dobbelt så effektivt sammenlignet med andre elektriske systemer. Varmepumper krever vanligvis mellom 3-8 kW og lager noe støy. (25)

3.3.3 Klosett

En offgrid-hytte må bruke alternative klosettanlegg som ikke krever tilgang til innlagt vann eller kloakk. Alternativene det er relevant å se på i dette tilfellet er tørrklosetter og forbrenningsklosetter, siden de ikke er avhengig av verken vann eller kloakk.

Tørrklosetter fungerer slik at det faste avfallet komposterer og urinen fordamper. Disse toalettene krever kun minimalt med strøm for å drive vifta som sikrer tilstrekkelig med luft til komposteringa. Toalettet krever tilluft- og avtrekkskanal. Størrelsen på klosettet avhenger av hvor mange personer det skal belastes med. Avfallet må fjernes manuelt når det har kompostert nok. Prinsippet til forbrenningsklosettet er at det brenner avfallet ved ca. 600°C. Denne forbrenninga kan utføres med gass hvis ikke innlagt strøm er tilgjengelig. Avfallet blir mye mindre enn for tørrklosetter, men lukter betydelig mer fra utsiden. Derfor bør avstanden til naboer være forholdsvis stor. Siden det er forbrenning må klosettet tilknyttes godkjent skorstein og følge vanlige ildstedsregler ved installasjon. (26)

3.3.4 Vann

Uten tilgang til offentlig innlagt vann og kloakk må bygget ha alternative systemer for å anskaffe vann. Vannbehovet kan variere med tanke på plassering og størrelse av bygget og hvilke installasjoner som krever vann. En metode for privat innlagt vann er drikkevannsbrønner. Dette er en offgrid-løsning for vannforsyning. Man skal i utgangspunktet knytte seg til offentlig vann- og avløpsledning, men er fritatt hvis det ikke er muligheter for det eller bygget er en fritidsbolig. (27)

Det er også en løsning å ikke ha noen form for innlagt vann, offentlig eller privat. Dette passer best for mindre bygg med kun midlertidig opphold. Med en slik løsning er det ikke nødvendig eller mulig å ha installasjoner som krever vann, som vannklosett. Det kan være mulig å ha en dusj eller vask med egen pumpe som man fyller på vann selv. Da må man ha med vann selv eller hente vann fra nærliggende kilder. Et system som samler regnvann på tomta er også mulig, men kan være ganske uforutsigbart, spesielt på vinteren.

3.4 Flytting av hytta

Flytting av hytta betyr i denne sammenheng transport av bygningskroppen. Det finnes mange metoder ved flytting av bygg, men her er det lagt vekt på metodene som lar seg gjennomføre i angitt område.

3.4.1 Fra byggehall til utvalgt område

Motorvogn og slep- eller påhengsvogn

For flytting av hele bygg og moduler fra byggehall og ut til utvalgt område henviser Statens vegvesen til *Forskrift om bruk av kjøretøy*. Her finnes alle lovene om spesialtransport på riksveier ved bruk av motorvogn N2 eller N3 og slep- eller påhengsvogn O3 eller O4. Motorvogn er oppgitt som lastebil/trailer, og påhengsvogn er tilhenger. N2, N3, O3 og O4 er vektklasser oppgitt i maksimal totalvekt. For transport av husmodul på offentlig vei gjelder disse kravene:

Tabell 4: Bestemmelser i «Forskrift om bruk av kjøretøy», hentet fra Statens vegvesen (28).

	Lengde	Bredde	Høyde	Maksimal vekt
Generelle bestemmelser §5-4	≤ 22 m	≤ 2,55 m	≤ 4,5 m	<u>N2, N3</u> 3 500-12 000 kg <u>O3, O4</u> 3 500-10 000 kg
Særlige bestemmelser §5-6	Se §5-4	≤ 3,25 m	Se §5-4	Se §5-4
Dispensasjon med tidsbegrensning §5-10	Se §5-4	≤ 4,20 m	Se §5-4	Se §5-4

Vegen på den aktuelle strekningen fra Trondheim til Oppdal er dimensjonert for å tåle laster på over 3500 kg. Både trailere og tilhengere i vektklassene som er oppgitt over, har tilstrekkelig kapasitet til å frakte et mindre bygg. Ut ifra type transportmiddel og avstand mellom første og siste aksel kan tillatt lengde variere fra 12 til 22 meter. Lastbredden varierer fra den generelle loven på 2,55 meter til dispensasjon med tidsbegrensning på hele 4,20 meter og kjøretøyene tåler en totalvekt mellom 40 til 60 tonn. Total høyde skal ikke overskride 4,50 meter, men det kan søkes om dispensasjon som tillater høyere last. Er tunneler og bruer lavere enn 4,5 meter skal det være godt skiltet for sjåfører på veien. Noen tunneler på Vestlandet er bare 4,20 meter, og derfor bør transportetappen planlegges godt før lasten fraktes. (28)

3.5 Bærekraft

3.5.1 Definisjon

Bærekraftig utvikling ble definert i 1987 av FN som *«utvikling som imøtekommer dagens behov uten å ødelegge mulighetene for at kommende generasjoner skal få dekket sine behov»* (31). Det er spesielt fokus på fattiges behov og at det finnes en grense for ressurser naturen kan levere. Bærekraft er delt inn i tre hovedområder: Klima og miljø, økonomi og sosiale forhold. Det er et overordnet mål i FNs bærekraftsmål å stoppe klimaendringene innen år 2030, og dette målet er avhengig av alle de tre hovedområdene innenfor bærekraft. Det finnes bare en klode og derfor må ressursene fordeles ut slik at de balanserer belastningene over tid. Den velstående delen av verden står for nesten 2/3 av klimagassutslippene ved forbrenning av gass, olje og kull. For å endre denne trenden må det satses på fornybare energikilder som vind-, vann- og solkraft.

3.5.2 Tre som fornybar ressurs

Regjeringen har uttalt at Norge skal bli karbonnøytralt innen elleve år, og for å nå dette målet kan bruken av trematerialer som motvirker drivhuseffekten være en viktig bidragsyter. Tre som materiale baseres på fornybart råstoff og selve produksjonen av produktene bidrar ikke til mye forurensning om de kommer fra sertifiserte produsenter. Bruken av tre i bygg gir et sunt inneklima grunnet sine kjemiske og estetiske egenskaper. Tre føles varmt og kan regulere luftfuktigheten, samt absorbere enkelte gasser. Trematerialene kan enkelt gjenbrukes eller gjenvinnes som CO₂-nøytral bioenergi eller som plateprodukter av spon eller fiber. Det er fordelaktig med kortreist tremateriale med lang levetid og som videre ikke krever mye vedlikehold. Levetiden på trematerialer i bygg varierer med kvaliteten og bruksområde, men god prosjektering og nøyaktig utførelse er svært avgjørende for den endelige levetiden på produktet. (32)

Asplan Viak har prosjektert et sykehjem i Bergen på to ulike grunnlag, men med samme størrelse og planløsning. Det ene er prosjektert i tre og det andre er prosjektert i stål og betong. Resultatet viste at bygget prosjektert i tre hadde 47% lavere CO₂-utslipp. I tillegg ble det estimert en samfunnsøkonomisk gevinst ved å redusere klimagassutslippet på hele 1 800 000 kr. Dette viser at tre som bygningsmateriale er bærekraftig og noe å satse på til det kommer like gode alternativ for stål og betong. (33)

4 Analyse

4.1 Fundament

For å kunne vurdere de ulike fundamenteringsmetodene opp mot hverandre er det viktig å sette opp de rette kriteriene. Svært sentralt i denne oppgaven står fundamentets allsidighet, avtrykk og mobilitet. Med allsidighet menes hvor godt fundamentet kan tilpasses ulike terrengformasjoner og grunnforhold. Avtrykk vil si hvor store terrenginngrep som er nødvendig å gjøre under montering av fundamentet. Mobilitet sier noe om hvor lett det er å demontere fundamentet når hytta skal flyttes. I tillegg til disse kriteriene er det viktig å tenke på fuktskader, varmetap, teleskader, pris og hvor miljøvennlig fundamenteringsmetoden er. Fundamenteringsmetodene som skal vurderes er gulfv på grunnen med ringmur, ringmur med ventilert kryperom, pilarer/stripefundamenter og pæler.

Avtrykk og allsidighet

For å unngå store grunnarbeid og planeringsarbeider, egner gulfv på grunnen med ringmur seg best for flate tomter. Denne fundamenteringsmetoden passer best på områder der det er god eller jevn avstand til fjell og der grunnforholdene er gode. For å oppnå tilstrekkelig bæreevne kan det ved dårlige og setningsømfintlige grunnforhold være nødvendig å støpe en såle under fundamentet, noe som fører til ekstra grunnarbeid. For at denne fundamenteringsmetoden skal fungere optimalt, kreves det en del ekstra grunnarbeid for å få varmeisolert med markisolasjon og for å oppnå tilstrekkelig med drenering. Ringmur med ventilert kryperom egner seg best for flatt terreng, men kan også brukes i småkupert terreng. Denne fundamenteringsmetoden fungerer bra på gode grunnforhold. Den fungerer også bra på fast fjell i dagen eller der fjell ligger like under overflaten. Fundamentering med pilarer, stripefundament eller pæler kan benyttes i flatt terreng der det er vanskelige dreneringsforhold, men har sine største fordeler i kupert og bratt terreng. Disse fundamenteringsmetodene kan benyttes i alle dybder til fjell og nesten for alle grunnforhold. I områder med fjell er det derimot en utfordring å montere pælene. Her kreves det at fjellet kjerneborres og deretter etterfylles med masser til feste for pælene. Dette blir en tidkrevende og kostbar prosess. I områder med myr, kan pæler være den eneste økonomiske brukbare løsningen. Den største fordel med pæler er at det krever minimalt med grunnarbeid og terrenget rundt blir stående nesten uberørt.

Varmetap, fuktskader og teleskader

Riktig utført er gulfv direkte på grunnen med ringmur en fukt- og varmeteknisk svært god løsning. Teleskader forekommer, men er svært sjelden for denne fundamenteringsmetoden. Også for ringmur med ventilert kryperom er teleskader svært sjeldent. Et stort problem for denne fundamenteringsmetoden er imidlertid sopp- og råteskader i bjelkelag som kommer av fuktig klima i kryperommet. Klaging på kalde gulfv er ikke veldig utbredt, men forekommer. Kalde gulfv

er et stort problem for løsninger med pilarer, stripefundament og pæler. For denne fundamenteringsmetoden er også teleskader ofte et problem. På grunn av god lufting under gulvkonstruksjonen er som regel fukt ikke et stort problem. (34)

Mobilitet

Når hytta skal flyttes egner pæler seg svært godt, spesielt skruefundamentet. Skruene kan lett skrues opp og brukes på nytt et annet sted. For fundamentløsningene med gulv på grunnen med ringmur, ringmur med kryperom og pilarer/stripefundament er arbeidet med å flytte hytta større. Disse fundamentene er utført med støpt betong og er gravd et stykke ned i bakken og er gjerne isolert med markisolasjon. Gulv på grunnen med ringmur er i tillegg ofte utført med en del dreneringsarbeid under selve konstruksjonen. Disse forholdene gjør flytting av hytta mer utfordrende og tidkrevende.

Miljø og vekt

Med tanke på miljø og vekt er det ønskelig å bruke minst mulig betong. For fundamentering med plate på mark og kryperom blir hele ringmuren støpt i betong. I tillegg vil gulvet i en konstruksjon med plate på mark bestå av betong. Stripefundamenter og pilarfundamenter krever litt mindre betong. Fundamentering med pæler gir minst bruk av betong. Her finnes det også muligheter for å bruke pæler av tre eller stål.

Pris

For å beregne omtrentlig pris for de ulike fundamentene er det tatt utgangspunkt i Norsk Prisbok 2018 og e-post fra importør av skruefundamentet. Ifølge Norsk Prisbok 2018 koster en plastøpt ringmur 560 kr per meter. Det tas utgangspunkt i at omkretsen rundt hytta vil bli omtrent 20 meter. Det gir en pris på 11 200 kr for ringmuren i en løsning med gulv på grunnen eller kryperom. Et stripefundament koster 1 052 kr per meter. Det tas utgangspunkt i at et eventuelt stripefundament skal støpes under hver langsida av hytta. Dette gir en omtrentlig lengde på 6 meter per side, altså 12 meter totalt. Dette gir en pris på 12 624 kr for en løsning med pilarer/stripefundament. For de mest aktuelle skruene som kan brukes for en slik hytte har gruppen fått oppgitt fra importør at vil ligge på 1 378 kr per skrue. Hytta må fundamenteres på ti skruer. Dette gir en total pris på 13 780 kr for skruefundamentet. (9)

Tabell 5: Visualisering og oppsummering av kriterier for fundamentering.

	<i>Gulv på grunn</i>	<i>Kryperom</i>	<i>Pilarer/stripefundament</i>	<i>Pæler</i>
<i>Avtrykk</i>	●●○○○○	●●●○○○	●●●○○○	●●●●○○
<i>Allsidighet</i>	●●○○○○	●●●○○○	●●●●○○	●●●●○○
<i>Fuktskader</i>	●●●●○○	●●○○○○	●●●●○○	●●●●○○
<i>Varmetap</i>	●●●●○○	●●●○○○	●●○○○○	●●○○○○
<i>Teleskader</i>	●●●●○○	●●●●○○	●●○○○○	●●○○○○
<i>Miljøvennlig</i>	●●○○○○	●●○○○○	●●○○○○	●●●○○○
<i>Mobilitet</i>	●●○○○○	●●○○○○	●●○○○○	●●●●●○
<i>Vekt</i>	●○○○○○	●●○○○○	●●●○○○	●●●●○○
<i>Pris</i>	●●●●○○	●●●●○○	●●○○○○	●●○○○○

4.2 Konstruksjon

4.2.1 Gulv

Valg av gulvkonstruksjon henger nøye sammen med valg av fundamenteringsmetode. Her gjelder det å finne den beste kombinasjonen. Ved fundamentering med gulv på grunnen med ringmur vil betongdekke være den aktuelle gulvkonstruksjonen. For fundamenteringsmetoder der det benyttes kryperom, pilarer/stripefundament eller pæler, er trebjelkelag den mest vanlige gulvkonstruksjonen. Derfor er det disse to gulvkonstruksjonen som vil bli vurdert opp mot hverandre i analysene. Forhold som er vurdert i analysen av gulvkonstruksjon er pris, vekt, varmemotstand og miljøvennlighet.

Pris

For å sammenligne prisen av de to gulvkonstruksjonene benyttes Norsk Prisbok 2018. I analysetabellen for gulv er det kun snittpris for materialbruk som er benyttet til å sammenligne de to gulvkonstruksjonen. En snittpris på ≤ 300 kr per m^2 regnes i tabellen som svært god, mens en snittpris på ≥ 600 kr per m^2 regnes som svært dårlig. Ifølge Norsk Prisbok 2018 gir en gulvkonstruksjon av betongdekke en god pris med en snittpris på 384 kr per m^2 . Trebjelkelag har en snittpris på 434 kr per m^2 og blir dermed litt dyrere enn en gulvkonstruksjon av betongdekke. (9)

Vekt

Gulvkonstruksjonens vekt blir vurdert ut fra SINTEFF Byggforsk, blad 471.031 *Egenlaster for bygningsmaterialer, byggevarer og bygningsdeler*. I analysetabellen for gulv regnes en egenlast på ≤ 1 kN/ m^2 som svært bra, mens en egenlast på ≥ 7 kN/ m^2 blir regnet som svært dårlig. Ifølge Byggforskbladet er egenlasten av et standard trebjelkelag tilnærmet lik 0,5 kN/ m^2 , mens egenlasten av et standard betongdekke blir tilnærmet lik 5,0 kN/ m^2 . En løsning med trebjelkelag

gir altså en ti ganger så lett gulvkonstruksjon pr. m² i forhold til en gulvkonstruksjon med betongdekke.

Varmemotstand

Varmemotstanden til gulvkonstruksjonene blir vurdert ut fra hvilken u-verdi det er mulig å oppnå med 200 mm isolasjon. Her er en u-verdi $\leq 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ vurdert som bra, mens en u-verdi $\geq 0,21 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ vurdert som dårlig. U-verdiene blir bestemt ut fra tabeller på Glava sine hjemmesider. Ifølge Glava gir en standard gulvkonstruksjon av trebjelkelag med 200 mm isolasjon en u-verdi på $0,175 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, mens en standard gulvkonstruksjon av betongplate med 200 mm isolasjon i en ringmursløsning gir en u-verdi på $0,136 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Det trengs mindre isolasjon i en gulvkonstruksjon med betongdekke for å oppnå en god u-verdi i forhold til en gulvkonstruksjon med trebjelkelag. (35)

Miljøvennlig

For å sammenligne miljøavtrykket til de to gulvkonstruksjonene blir det sett på hvor fornybart materiale i bæresystemet til de to konstruksjonene er. I tillegg blir det sett på hvor stor CO₂-utslipp der er i produksjonen av materialene. Trebjelkelaget har et bæresystem av tre, som blir sett på som en fornybar ressurs med lite CO₂-utspill i produksjon. Betongdekke blir sett på som lite fornybart materiale med høyt CO₂-utslipp i produksjon.

Tabell 6: Visualisering og oppsummering av kriterier for gulvkonstruksjon.

	<i>Trebjelkelag</i>	<i>Betongdekke</i>
<i>Pris</i>	●●●○○	●●●●○
<i>Vekt</i>	●●●●●	●●○○○
<i>Varmemotstand</i>	●●●●○	●●●●●
<i>Miljøvennlig</i>	●●●●○	●●○○○

4.2.2 Yttervegg

Det er ikke store forskjeller på de ulike veggkonstruksjonene ved bygging av en liten hytte. Gjennomgående bindingsverk av heltre er en enkel løsning som gir god lufttetting og lavt lekkasjetall. Det kan være en fordel at oppbyggingen er kjent for de som skal utføre arbeidet og det finnes gjennomgående stendere som oppfyller ønsket krav i tynne og tykke vegger. Vektforskjellene mellom gjennomgående og delt bindingsverk er minimal og det samme gjelder forskjellen i pris. En vegg av massivtre skiller seg ut ved at den er betydelig tyngre og kan koste opp mot det dobbelte. De store heldekkende elementene har god bæreevne og høy brannmotstand. Alle de tre alternativene består av den fornybare ressursen tre, men massivtre er sett på som mer miljøvennlig gjennom dens evne til å lagre mer karbon og ha lenger levetid.

Når det gjelder varmemotstand finnes det løsninger for gjennomgående bindingsverk som er konkurransedyktige med delt bindingsverk og vegger av massive elementer. Ifølge Lavenergiprogrammets undersøkelser fungerer stendere isolert med polyuretanskum best med tanke på å oppnå lavest mulig u-verdi med standardisert tykkelse. Stendere av I-profil og delt bindingsverk følger rett bak, mens stendere av heltre trenger opp til 50 mm mer isolasjon for å oppnå samme u-verdi. Forskjellene er tydeligst i vegger med tykkelser på over 200 mm. En vegg bygd opp av massivtre består av færre komponenter, men den totale tykkelsen blir tilnærmet lik de andre alternativene for å oppnå samme varmemotstand. Kriteriene til yttervegg blir beskrevet mer i *vedlegg B.1.3.* (20)

Tabell 7: Visualisering og oppsummering av kriterier for ytterveggkonstruksjoner.

	<i>Gjennomgående</i>	<i>Delt bindingsverk</i>	<i>Massivtre</i>
<i>Pris</i>	●●●●○	●●●○○	●●○○○
<i>Vekt</i>	●●●●○	●●●●○	●●●○○
<i>Varmemotstand</i>	●●●○○	●●●●○	●●●○○
<i>Miljøvennlig</i>	●●●●○	●●●●○	●●●●●

4.2.3 Tak

Luftede tak kan brukes på alle typer bygg og er en standardløsning i det værharde norske klimaet på grunn av sin gode uttørkingsevne. Det kan være gunstig å utforme taket med en takvinkel på over 15 grader slik at snø kan renne av og dermed forhindre isdannelse i takrennene. Luftede tak passer til små konstruksjoner med ensformet tak og fungerer godt i områder med mye nedbør ved enkle tiltak. Et luftet tak er også tilpasningsdyktig og kan brukes i ulike klima og på ulike takfasonger på grunn av sin kjente og utprøvde oppbygning. Både luftede tak og kompakte tak kan utformes ved bruk av heltre eller massivtre, slik at alternative materialer som betong og stål kan utelukkes om ønskelig. Derfor er de to løsningene så å si likestilt sett fra et miljøperspektiv.

Kompakte tak er oftest flate eller med lav helning og er avhengig av prikkfri utførelse for å unngå fuktskader. Løsningen velges oftest på store takflater for å få tilstrekkelig med lufting og på bygg som må tåle stående vanntrykk. Det er fordelaktig med et kompakt tak i områder som er utsatt for betydelige mengder snø og regn fordi det er utformet tett og uten lufting. Kompakte tak utformes med en bærende konstruksjon under isolasjon og taktekning, som kan gjøre det til et betydelig tyngre tak, om det utføres med f.eks. betong. Utføres det med massivtre vil taket ifølge Norsk Prisbok 2018 være noe lettere, sammenlignet med et luftet tak av taksperer i heltre. Med tanke på pris er det små forskjeller, men kompakt tak krever mindre tykkelse og dermed færre materialer, noe som kan resultere i en billigere takkonstruksjon. Et kompakt tak kan

utformes med rundt 50 mm mindre isolasjon og likevel oppnå samme u-verdi som et luftet sperretak. Kriteriene til tak blir beskrevet mer i *vedlegg B.1.4*.

Tabell 8: Visualisering og oppsummering av kriterier for takkonstruksjoner.

	<i>Luftet tak</i>	<i>Kompakt tak</i>
<i>Pris</i>	● ● ● ○ ○	● ● ● ● ○
<i>Vekt</i>	● ● ● ● ○	● ● ● ○ ○
<i>Varmemotstand</i>	● ● ● ○ ○	● ● ● ● ○
<i>Miljøvennlig</i>	● ● ● ● ○	● ● ● ○ ○

4.2.4 Vindu

Det er ikke veldig mange forskjeller på to-lags og tre-lags vinduer. Forskjellene og kriteriene de skal sammenlignes etter er pris, vekt og varmetap. De blir kun sammenlignet med hverandre. Kriteriene blir beskrevet mer i *vedlegg B.1.5*. Det er veldig uvanlig å bruke mer enn tre lag med glass i et vindu i et vanlig bygg. Derfor er det kun to-lags og tre-lags vinduer som blir sammenlignet.

Prisen på et trelags vindu er rundt 1,2 ganger mer enn et tolags vindu i samme modell. Dette varierer selvsagt med leverandør, men tre-lags vinduer er uansett alltid dyrere enn to-lags vinduer. Grunnen til dette er fordi man får bedre varmemotstand i vinduer med tre lag glass. Negative sider med tre-lags vinduer i forhold til tolags vinduer er vekten. Glass er et tungt materiale og et ekstra lag i et vindu er ofte betydelig.

Tabell 9: Visualisering og oppsummering av kriterier for vinduer.

	<i>To-lags vindu</i>	<i>Tre-lags vindu</i>
<i>Pris</i>	● ● ● ● ○	● ● ● ○ ○
<i>Vekt</i>	● ● ● ○ ○	● ● ○ ○ ○
<i>Varmemotstand</i>	● ● ● ○ ○	● ● ● ● ○

4.3 Offgrid-løsninger

4.3.1 Strøm

For å sammenligne strømalternativer for en mobil og bærekraftig hytte er det noen kriterier som er viktigere enn andre. Vekt, plassbehov og størrelse blir spesielt vektlagt siden hytta skal være mobil, og miljøvennlighet blir vektlagt siden hytta skal være bærekraftig. Strømutbytte, uforutsigbarhet, støynivå og pris er også viktige elementer å se på. Kriteriene blir beskrevet mer i *vedlegg B.1.6*. På grunn av kriteriene er det ikke nødvendig å se på alle energikildene beskrevet i kapitlet om strøm i teoridelen. Fornybare energikilder som vannenergi, bioenergi og geometrisk energi har ikke systemer som er hensiktsmessige å bruke i en slik hytte. De er enten for store, bråkete eller ikke mobile. Derfor er det kun nødvendig å sammenligne solcellepanel, vindturbin og bensin-/dieselaggregat som strømalternativer.

Størrelse og plassbehov

Siden hytta skal være liten og mobil er størrelsen og plassbehovet til strømalternativene viktig. Jo mindre plass man trenger å dedikere til dette formålet, desto bedre. Solcellepanel kan integreres i taket eller veggen og derfor har den ikke ekstra plassbehov. Av denne grunnen kan panelene også være så store som man trenger siden det ikke går ut over plassen på innsiden av hytta. Størrelsen til solcellene avhenger av energibehovet og plassen på taket. Vindturbin og aggregat kan ikke integreres i hytta på samme måte og man må derfor dedikere egen plass til dem. Selv om aggregatet ikke er stort er det ikke gunstig å plassere det i oppholdsareal, og det krever derfor et eget rom. Vindturbinen må på samme måte som solcellene plasseres på utsiden. Siden turbinen må stå på en søyle for å få en effekt er det ikke gitt hvor og hvordan den burde bli plassert.

Vekt

De elektriske anleggene varierer i vekt ut ifra strømbehovet, men noen anlegg er mer fleksible enn andre. Et solcelleanlegg består av flere panel, der hvert panel har en vekt mellom 15-20 kg. Hvis strømbehovet kun er belysning og mindre apparater holder det med to til tre panel. Vekten til turbinen i et lite vindenergianlegg ligger mellom 5-20 kg. For at turbinen skal ha en effekt må den stå på en stolpe. Hvis den ikke er innberegnet i vekten må den også tas med, men for en slik liten turbin er den vanligvis ikke veldig tung. Et aggregat kan være mellom 10-120 kg. De tunge aggregatene er vanligvis mer effektive, men blir unødvendig store til en liten hytte. Alle anleggene krever en form for batterisystem.

Uforutsigbarhet, miljøvennlighet og strømutbytte

Solcellepanelet bruker solenergi og vindturbinen bruker vindenergi for å produsere strøm. Dette er fornybare energikilder, noe som vil si at disse systemene er miljøvennlige. Baksiden med disse alternativene er strømutbyttet og uforutsigbarheten. Siden solcellen og vindturbinens

strømproduksjon avhenger av vær og vind er det ikke alltid en pålitelig kilde til energi. Dette trenger ikke være et stort problem fordi strømmen blir lagret på batteri for senere bruk. Det er ikke store mengder strøm som blir produsert. På en mindre hytte kan et lite sol- eller vindenergianlegg være nok til å dekke energibehovet for belysning og strømuttak for mindre apparater. Fornybar energiteknologi er fortsatt i utvikling, så det er mulig dette blir en mindre faktor i fremtiden. I motsetning er aggregat en sikker kilde til strøm. Strømutbytte avhenger av størrelsen på aggregatet. Her vil det også kun være hensiktsmessig å ta ut strøm til belysning og mindre apparater. Å bruke strøm til oppvarming er ikke mulig med dagens fornybare energikilder. Et alternativ er å bruke aggregatet, men det drives av bensin eller diesel og dette gjør det verken fornybart eller bærekraftig. (36)

Støynivå

Aggregatet har det største støynivået når det kjører. Generatoren til vindturbinen lager noe støy når den produserer strøm, men ikke like mye som aggregatet. Vindturbinen er uansett utenfor hytta, så støynivået vil aldri oppleves like mye. Solcellepanelet lager ingen form for lyd. (36)

Pris

Prisen på et solcelleanlegg avhenger av hvor mange panel man har. Solcellepanel kan variere fra 1799-4149 kr i pris. Et anlegg beregnet til belysning og oppvarming av en liten hytte trenger kun to til tre panel. Prisen på en liten vindturbin ligger på 12 500-16 000 kr og prisen på et aggregat ligger på 7 000-13 500 kr. Vekten og prisen til anleggene er hentet fra ulike leverandører og er beskrevet i en tabell i vedlegg B.2.1.

Tabell 10: Visualisering og oppsummering av kriterier for strømalternativer.

	<i>Solcellepanel</i>	<i>Vindturbin</i>	<i>Aggregat</i>
<i>Pris</i>	●●●○○	●●●○○	●●●○○
<i>Vekt</i>	●●●○○	●●●○○	●●○○○○
<i>Størrelse</i>	●●●●○	●●○○○○	●●●●○
<i>Plassbehov</i>	●●●●●	●○○○○	●●○○○○
<i>Miljøvennlig</i>	●●●●●	●●●●●	●○○○○
<i>Strømutbytte</i>	●●○○○○	●●○○○○	●●●●●
<i>Uforutsigbarhet</i>	●●●○○	●●●○○	●●●●●
<i>Støynivå</i>	●●●●●	●●●○○	●○○○○

4.3.2 Oppvarming

For å sammenligne oppvarmingsalternativene brukes flere av kriteriene fra analysen av strømalternativene. Størrelse, plassbehov og miljøvennlighet blir fortsatt vektlagt siden hytta skal være mobil og bærekraftig. Vekt og pris er også faktorer som også blir vurdert. De spesielle kriteriene for oppvarming er virkningsgrad og varmeregulering. Virkningsgrad betyr hvor mye energi man får utnyttet av materialet og blir regnet i prosent. Med varmeregulering menes hvor enkelt det er å holde en ønskelig, jevn temperatur. Kriteriene blir beskrevet mer i *vedlegg B.1.7*. Fra kapittelet om oppvarming i teoridelen blir vedovn, pelletsovn og gassovn sammenlignet som varmekilde. Det er ikke mulig å bruke strøm til oppvarming. Dette er beskrevet mer i analysen av strømalternativer. Dette gjør at varmepumpe, som tidligere også var en mulighet, faller vekk siden den er avhengig av strøm.

Vekt, pris, størrelse og plassbehov

Vekten, størrelsen og plassbehovet til ved- og pelletsovnen er ganske sammenlignbare. Vekten til en vedovn ligger mellom 70-90 kg og pelletsovner ligger rundt 120-130 kg. Skal du ha en moderne vedovn som gir bedre virkningsgrad må du opp i 90 kg. Da blir også størrelsen ganske lik pelletsovner. Begge er klassifisert som ildsteder og de krever pipe og plass rundt seg. Gassovnene kan komme ned i 5 kg og er små, mobile og praktiske. Slike ovner kan både stå på gulvet og henge på veggen, alt etter behov. Prisen på en liten vedovn ligger mellom 9 000-15 000 kr og prisen på en pelletsovn ligger mellom 19 000-35 000 kr. Pelletsovner er vesentlig dyrere da de ofte har innebygd varmeregulering. I motsetning til disse dyre ovnene koster en gassovn under 1000 kr. Vekten og prisen til anleggene er hentet fra ulike leverandører og er beskrevet i en tabell i *vedlegg B.2.2*.

Miljøvennlighet

Vedovn, pelletsovn og gassovn bruker henholdsvis ved, trepellets og gass som forbrenningsmateriale. Trepellets er laget av tremateriale som blir komprimert til små sylindere. Ved og pellets er relativt fornybare og miljøvennlige materiale (37). Med dette menes at de ikke er like fornybare som sol-, vind- eller vannkraft, men mer fornybare enn fossile brensler. Gass er et slikt fossilt brensel og en ikke-fornybar energikilde.

Virkningsgrad og varmeregulering

Virkningsgraden til vedovn har blitt mye bedre den siste tiden og kan komme opp mot 80%. Virkningsgraden til en pelletsovn ligger mellom 85-92% og gassovn ligger på rundt 95%. Dette kan selvsagt ikke måle seg med varmepumper som kan få en varmeeffekt på nesten dobbelt så mye som ble puttet inn i systemet. Varmeregulering er vanskelig, selv med moderne utstyr. Det er mange faktorer som spiller inn som kroppsvarme, utetemperatur, infiltrasjonsgrad osv. Vedovn bruker fortsatt en manuell tilnærming til varmeregulering. Med en pelletsovn putter

man pellets i et kammer og stiller inn den ønskede temperaturen. Dette er en automatisk tilnærming til varmeregulering og det fungerer ofte bra. En pelletsovn kan derimot ha problemer med at det tar tid å varme opp rommet. En gassovn er ofte ikke manuellstyrt og det tar derfor ikke lang tid å varme opp et tilsvarende rom. (25)

Tabell 11: Visualisering og oppsummering av kriterier for oppvarmingsalternativer.

	<i>Vedovn</i>	<i>Pelletsovn</i>	<i>Gassovn</i>
<i>Pris</i>	●●●○○	●●○○○○	●●●●●
<i>Vekt</i>	●●●○○	●●○○○○	●●●●●
<i>Størrelse</i>	●●○○○○	●●○○○○	●●●●●
<i>Plassbehov</i>	●●●○○	●●●○○	●●●●○
<i>Miljøvennlig</i>	●●●●○	●●●●○	●○○○○
<i>Virkningsgrad</i>	●●●○○	●●●○○	●●●○○
<i>Varmeregulering</i>	●●○○○○	●●●●○	●●●○○

4.3.3 Klosett

Når det gjelder klosett til en mobil og offgrid hytte uten innlagt kloakk er det kun tørrklosett og forbrenningsklosett som er relevant å sammenligne. Dette er fordi disse er de eneste klosetttypene som ikke krever vann. Med dette kommer flere relevante kriterier de skal sammenlignes etter. Som de andre installasjonene er det fortsatt relevant å se på pris, vekt, størrelse, plassbehov og miljøvennlighet. Spesielt for klosetter er det relevant å se på drift, lukt og kapasitet. Kriteriene blir beskrevet mer i *vedlegg B.1.8*.

Pris, vekt, størrelse og plassbehov

Vekten på disse to toalettene er ganske like. Siden de skal passe inn i en liten hytte må man se på de minste modellene. Vekten på et forbrenningstoalett ligger mellom 25-35 kg. Forbrenningstoalettet har en propanflaske som sørger for forbrenningen. Denne kommer vanligvis ved siden av og er ikke veldig tung. Tørrklosettene er vanligvis en del større enn forbrenningsklosettene siden de trenger plass til komposteringa. De ligger på mellom 34-42 kg. Begge installasjonene krever lufterør opp gjennom taket. Forbrenningsklosett er gitt som ildsted og krever derfor litt mer plass på alle sider. Prisen på et lite tørrklosett ligger på 8 500-12 000 kr og forbrenningsklosett ligger på 28 000-37 000 kr. Denne vesentlige forskjellen kommer av forbrenningsmekanismen til forbrenningstoalettet. Vekten og prisen til anleggene er hentet fra ulike leverandører og er beskrevet i en tabell i *vedlegg B.2.3*.

Miljøvennlighet

Tørrklosett bruker kun den naturlige komposteringsprosessen for å bryte ned avføringen. Dette krever kun luft fra lufterøret og litt strøm som driver en vifte. Enkelte tørrklosett har også en omrøring og varmeegenskap for at nedbrytningsprosessen skal gå raskere og kreve mindre vedlikehold. Dette krever ikke mer energi enn at det er mulig å bruke offgrid energiløsninger for å forsyne dette med strøm. Uansett er dette en veldig miljøvennlig prosess. Forbrenningstolett kan bruke strøm for å utføre forbrenningen, men dette krever en høy spenning som ikke er mulig for offgrid strømalternativer i dag. Derfor bruker den propan for å utføre forbrenningen. Den bruker ikke mye gass per forbrenning, men dette er fortsatt ikke en fornybar og miljøvennlig løsning. (26)

Drift og kapasitet

Driften (vedlikehold og tømning) av små tørrklosetter er ofte høyere enn for større modeller. På grunn av kapasitet må komposteringen utføres raskt. Et lite tørrklosett har nok kapasitet for to til tre personer. Dette krever ofte mer strøm enn en offgrid hytte har tilgang til. På grunn av flere elektriske elementer er det mer behov for vedlikehold. Når komposteringen er ferdig må kammeret tømmes. Forbrenningstolettet krever ikke like mye vedlikehold. Når forbrenningskammeret er fullt må det tømmes og når propantanken er tom må den byttes. Dette skjer relativt sjeldent da volumet til avføringen blir betydelig mindre da den forbrennes. Det er ikke noen grense på kapasiteten til forbrenningsklosettet da man ikke behøver å vente for å tømme det som på tørrklosettet. Det har likevel sine begrensinger. Etter at klosettet er brukt må neste person vente en liten stund før man kan bruke det igjen. Et slikt lite forbrenningsklosett er anbefalt til maks fire personer. (26)

Lukt

Lukt inne er vanligvis ikke noe problem for forbrenningsklosettet. Tørrklosettet kan begynne å lukte om det er dårlig ventilasjon eller systemet overbelastes. Siden begge har luftkanaler ut er det en risiko for at det kan bli dårlig luft ute. For forbrenningsklosett er det anbefalt at det er langt til nærmeste nabo, gjerne 200 meter. Om man har ildsted er det viktig å tenke på at lukten kan komme ned gjennom pipa. (26)

Tabell 12: Visualisering og oppsummering av kriterier for klosett.

	<i>Tørrklosett</i>	<i>Forbrenningsklosett</i>
<i>Pris</i>	● ● ● ○ ○	● ● ○ ○ ○
<i>Vekt</i>	● ● ● ○ ○	● ● ● ○ ○
<i>Størrelse</i>	● ● ● ○ ○	● ● ● ○ ○
<i>Plassbehov</i>	● ● ● ○ ○	● ● ○ ○ ○
<i>Miljøvennlig</i>	● ● ● ● ●	● ● ○ ○ ○
<i>Drift</i>	● ● ○ ○ ○	● ● ● ○ ○
<i>Lukt</i>	● ● ○ ○ ○	● ● ● ● ○
<i>Kapasitet</i>	● ○ ○ ○ ○	● ● ● ● ○

4.3.4 Vann

En mobil, offgrid hytte uten innlagt vann må ha alternative metoder for å skaffe seg vann. Mye avhenger av hvor mye vann hytta trenger. Om det er kun drikkevann som er nødvendig kan det være nok med å ta med eget vann. Vann fra elv, bekk eller et system for oppsamling av regnvann kan også være fornuftige løsninger. Et slikt regnvannsystem kan fungere, men det er ofte uforutsigbart og med en liten hytte er det begrenset hvor mye regnvann det er mulig å samle opp. Om man ser for seg å ha de samme fasilitetene som hytta ville hatt med innlagt vann må andre systemer benyttes. En mulighet er en vannledning med pumpe som trekkes til nærliggende bekk, elv eller vann. Dette krever at det er vann i nærheten av der hytta blir plassert og strøm til pumpa. En annen mulighet er brønn. Dette kan forsyne hytta med hele dens vannbehov, men krever en del å installere. Ut ifra de tilgjengelige ressursene har gruppen kommet fram til at det å ta med seg vann vil være en god løsning. (27)

4.4 Transport av hytta

4.4.1 Fra byggehall til utvalgt område

Transport fra byggehall til utvalgt område kan i denne sammenhengen skje på to måter: Ved bruk av motorvogn på veien eller godstog på jernbanen. Brukes motorvogn vil det være behov for en løfteoperasjon mindre og hytta løftes direkte på kjøretøyet og videre til ønsket område. Ved frakting på jernbane må bygget fraktes til lastestasjonen på et kjøretøy med tilstrekkelig lastekapasitet. Det brukes store kraner til å løfte hele bygg og dette krever både tid, penger og ressurser. Derfor er det lønnsomt med færrest mulige operasjoner. Frakting på jernbane er bare mulig over store avstander som mellom Oslo og Trondheim, og på slike strekninger er løsningen billigere og mer miljøvennlig. For flere tiår siden stoppet godstog på utvalgte togstasjoner og plukket opp varer fra forskjellige aktører, men dette er nå avviklet.

Frakting på veien er mer fleksibelt og kjøretøyet kan komme nærmere ønsket plassering, noe som reduserer kostnadene og tiden ved videre frakting. Over korte avstander er dette den beste løsningen. Løftekapasiteten er mer enn god nok i begge tilfeller og det er derfor neste transportmetode som avgjør lastbegrensningen. Kriteriene for transport av hytta blir beskrevet mer i *vedlegg B.1.9*.

Tabell 13: Visualisering og oppsummering av kriterier for transportalternativer.

	<i>Motorvogn</i>	<i>Godstog</i>
<i>Pris</i>	● ● ● ● ●	● ● ● ● ●
<i>Vekt</i>	● ● ● ● ●	● ● ● ● ●
<i>Tidsbruk</i>	● ● ● ● ●	● ● ● ● ●
<i>Miljøvennlig</i>	● ● ● ● ●	● ● ● ● ●
<i>Fleksibelt</i>	● ● ● ● ●	● ● ● ● ●

4.4.2 Plassering på midlertidig tomt

I angitt område er terrenget så ulendt at den beste metoden å flytte hytta på er ved bruk av helikopter. Metoden er svært fleksibel og helikopteret kan plukke opp ønsket last de stedene det ikke er for tett bebyggelse rundt. Løftekapasiteten til de største helikoptrene i Norge ligger på 4500 kg og dette skaper en naturlig vektbegrensning på hytta. Det er i dag flere helikoptre som ikke brukes til sitt opprinnelige formål på grunn av nedgangstider i eksempelvis oljebransjen og flere helikoptre som frakter mennesker til oljeplattformene står i dag parkert uten oppdrag. Noen av disse blir da brukt til lastflyvning og dette gir flere tilgjengelige helikoptre med lavere timespris.

5 Valg av løsninger

5.1 Fundament

De tre viktigste kriteriene for fundamentet er at det skal være lett å flytte (mobil), gjøre små terrenginngrep (avtrykk) og bør kunne brukes for de fleste terrengetyper og grunnforhold (allsidighet). I tillegg er det en stor fordel dersom bruken av betong er minst mulig med tanke på miljøet og vekten av hytta. Ut fra disse kriteriene har gruppen kommet frem til at en form for pæler vil være den beste fundamenteringsmetoden.

5.2 Konstruksjon

Når det gjelder valg av løsninger i selve konstruksjonen er det et mål å stå igjen med en gjennomførbar og energieffektiv hytte. For fritidsboliger under 70 m² gjelder ikke minimumskravene til energieffektivitet satt i TEK17, men gruppen har likevel valgt å forholde seg til disse kravene. Konstruksjonen blir noe tyngre og bruksarealet blir mindre, men selve hytta blir mer energieffektiv og holder lenger på varmen.

5.2.1 Gulv

Med valg av gulvkonstruksjon mener gruppen at vekt og miljø er sentrale kriterier. Valget faller derfor på et tradisjonelt trebjelkelag. Bjelkelaget er relativt lett i forhold til betongdekket og bygges opp av tre som er et fornybart materiale. I tillegg er bjelkelaget kompatibelt med pælene som benyttes i fundamentet.

5.2.2 Yttervegg

I den lille hyttekonstruksjonen er det viktig å velge løsninger som tar minst mulig av det dyrebare bruksarealet, men allikevel oppfyller minstekravet i TEK17. Gruppen går derfor for en løsning med gjennomgående stendere av heltre. Oppbygningen av en slik veggkonstruksjon er tradisjonell og robust og u-verdien ligger innenfor angitt krav. Det er ønskelig å utforme en bærekraftig hytte som tåler nordiske forhold gjennom tottrinnstetning. Ved valg av løsning er det lagt vekt på miljøvennlighet, vekt og hvor kompatibelt veggkonstruksjonen er med de andre løsningene i hyttekonseptet.

5.2.3 Tak

I hytta er det helt avgjørende å benytte en løsning som har god uttørkingsevne og som tåler regn og snø. Gruppen går derfor for et luftet tak. Denne takkonstruksjonen passer best til små konstruksjoner med ensformet tak og fungerer også i områder med mye nedbør. Det er tenkt et skrått tak med en takvinkel på 15 grader eller mer. Vekten på et luftet tak spiller selvsagt også en rolle, da dette er betydelig lettere sammenlignet med et kompakt tak bestående av massive element av tre, betong eller stål.

5.2.4 Vindu

Det viktigste kravet for et vindu å oppfylle er u-verdi kravet til TEK17. Av alternativene, to-lags og tre-lags vinduer, er det kun trelags vinduer som oppfyller dette på en vanlig basis. Noen to-lags vinduer kan oppfylle dette kravet, men tre-lags vinduer oppfyller kravet hver gang. Derfor velger gruppen å bruke tre-lags vinduer i hytta. Disse vinduene blir litt tyngre og dyrere enn to-lags vinduer, men til gjengjeld blir kravene i TEK17 oppfylt. Totalt varmetap i et bygg kan lettest forbedres ved å benytte godt isolerte vindu. Det er derfor verdt å betale litt mer i form av penger og vekt for å forhindre unødvendig varmetap.

5.3 Offgrid

5.3.1 Strøm

Siden hytta kun skal bruke strøm til belysning og stikkontakter til mindre apparater er ikke energibehovet stort. Størrelse og plassbehov vektlegges tungt siden hytta har lite areal til dispensasjon. Av alternativene som er solcellepanel, vindturbin og bensin-/ dieselaggregat mener gruppen at det er solcellepanel som oppfyller disse behovene best. Et solcelleanlegg gir mer enn nok strøm til hyttas formål. Panelene kan integreres i taket og utnytter dermed plass som ikke noen annen installasjon kan dra nytte av. Solcellepanelene bruker kun fornybar energi og de lager ikke støy. Det eneste som kan dra denne installasjonen ned i forhold til de andre er uforutsigbarheten. Siden panelene er avhengig av været kan de være noe upålitelige. Dette er vanligvis ikke noe stort problem da man lagrer energien i et batteri slik at man kan ha strøm selv om det er overskyet eller natt.

5.3.2 Oppvarming

Det gruppen vektlegger mest med oppvarmingsmetode til en mobil og bærekraftig hytte er miljøvennlighet og plassbehov. Alle alternativene gir nok varme til en liten hytte, så det blir ikke en faktor. På bakgrunn av dette kommer hytta til å bruke pelletsovn som oppvarming. Denne metoden gir best kombinasjon når det gjelder miljøvennlighet og plassbehov. En pelletsovn kan beskrives som en moderne vedovn, både når det gjelder forbrenningsmateriale og varmeregulering. Derfor blir den valgt foran vedovn. Sammenlignet med gassovn er pelletsovn en dårligere oppvarmingsmetode med tanke på pris, vekt, størrelse og plassbehov. Pelletsovn blir valgt over gassovn fordi miljøvennlighet blir prioritert høyere enn pris, vekt, størrelse og plassbehov.

5.3.3 Klosett

Hytta skal ha fire soveplasser og da må klosettet ha samme kapasitet. Størrelse, plassbehov og vekt er også viktige kriterier. Det er ikke mulig å dedikere mer til klosettet enn et lite rom. Det er også viktig at den er miljøvennlig. Som en følge av disse kriteriene har gruppen gått for forbrenningsklosett. Grunnen til dette er at et lite tørrklosett, som var det andre alternativet, ikke har kapasitet nok til fire personer. Prinsippet til tørrklosett er at avføringen skal kompostere. Dette er ikke mulig da avføringen ikke rekker å kompostere før beholderen er full. Et større tørrklosett er heller ikke mulig da beholderen til klosettet er alt for store for hytta.

5.3.4 Vann

Gruppen har kommet frem til at å ta med seg vann selv vil være en god løsning for å sikre vanntilgang i hytta. Dette er beskrevet i underkapittel *4.3.4 Vann*.

5.4 Transport

5.4.1 Fra byggehall til utvalgt område

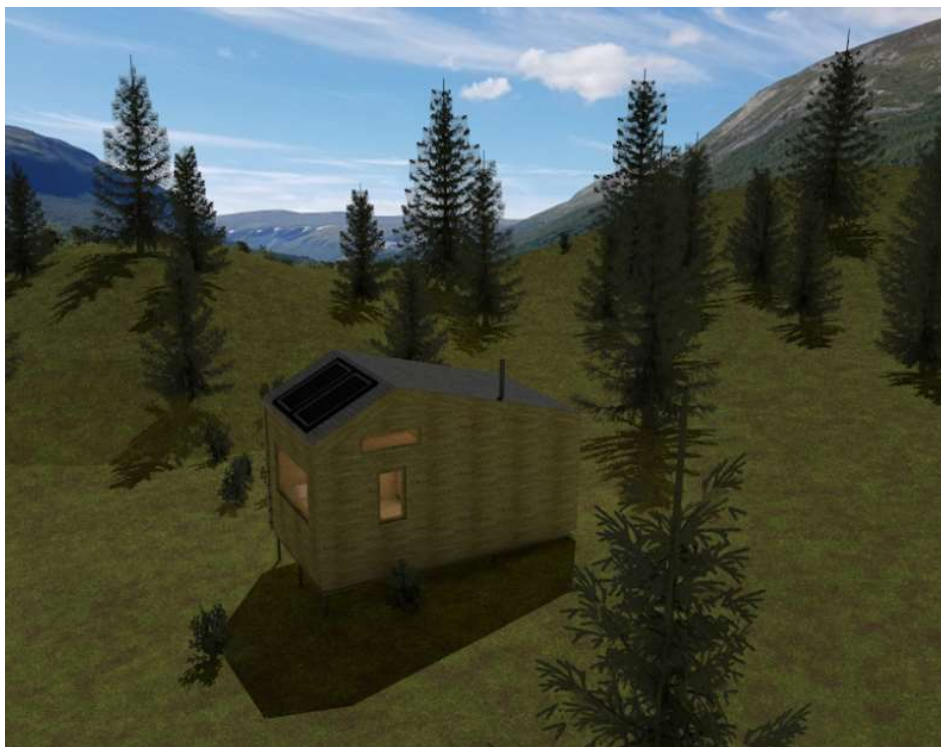
For å frakte hytta fra byggehall har gruppa bestemt seg for at transport med motorvogn og slep- eller påhengsvogn er den beste metoden. Flytting på vei er mer fleksibelt og denne løsningen passer best på korte avstander. Det er mer miljøvennlig å bruke godstog, men denne tjenesten lar seg ikke gjennomføre om hytta blir bygd i nærheten av Oppdal eller Trondheim. Dimensjonene på konstruksjonen kan også være litt større ved bruk av trailer eller lastebil, og det kan være avgjørende for å utforme hytta med best mulige løsninger.

5.4.2 Plassering på midlertidig tomt

Gruppen har kommet frem til at den beste løsningen for å plassere hytta på ønsket sted i naturen vil være med helikopter. Dette er nærmere beskrevet i underkapittel *4.4.2 Plassering på midlertidig tomt*.

6 Konsept

På bakgrunn av valgene som er gjort i kapittel 5 har gruppen utviklet et konsept for Naturhytta. Hytta er utformet som én enhet slik at den raskt skal kunne flyttes fra elvebredden til fjellområdet med ett helikopterløft. Bygningskroppen er kompakt og taket er utformet etter optimal solvinkel. Hytta skal stå i naturen og derfor er det utformet flere vinduer med godt utsyn for å bringe naturen inn i hytta. Bruken av trematerialer gir en naturlig og varm følelse for brukerne, samtidig som den ikke skiller seg ut for forbipasserende og forstyrrer omgivelsene. Den har enkel standard med integrerte løsninger og trenger ikke å kobles til noe forsyningsnett. Solcellene på taket skal forsyne hytta med energi som dekker strøm til lys og lading av telefoner, mens pelletsovnene skal sørge for tilstrekkelig romoppvarming. Til matlaging benyttes det gass og hytta er utstyrt med et forbrenningstoalett. For å minimere varmetapet er hytta isolert etter minimumskravene i TEK17. Det er lagt vekt på å bruke fornybare materialer i hytta. Derfor blir tre benyttet i stor grad. Hytta kobles til et fundament av stålskruer som er lette å skru opp og bruke på nytt. Et slikt fundament vil minimere avtrykket av hytta i naturen. Hytta egner seg godt for friluftinteresserte venner og familier. Naturhytta kan utformes på utallige måter og det er viktig å merke seg at gruppen kun kommer med et forslag til hva Naturhytta kan representere.



*Figur 13. Bilde av konseptet Naturhytta, plassert i skoggrensa på Oppdal.
Bildet er rendret med BIM-verktøyet Archicad.*

6.1 Fundament

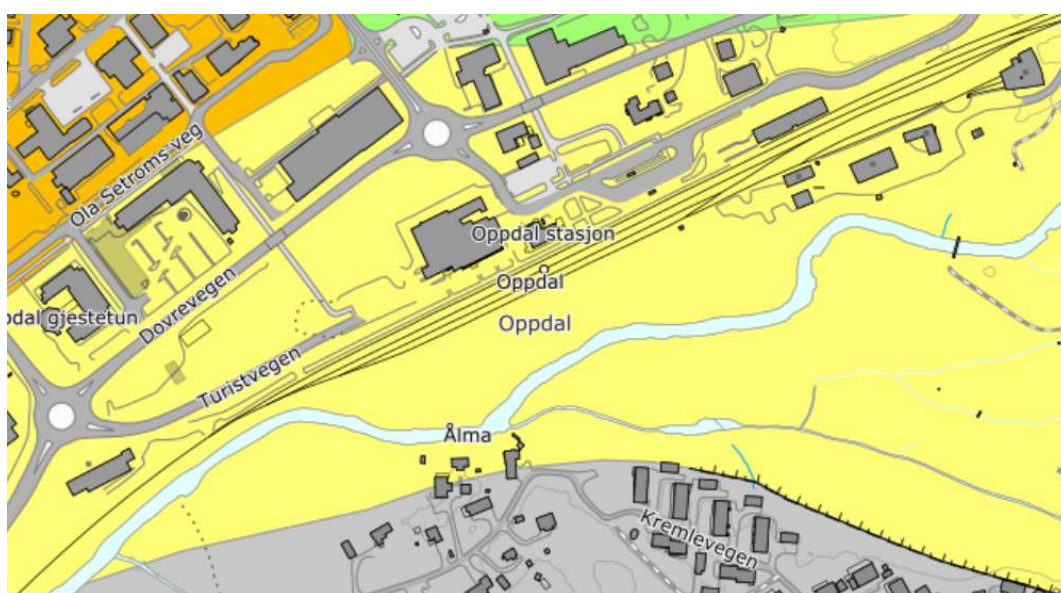
6.1.1 Frostdybde og grunnforhold

Ifølge SINTEFF Byggforsk, blad *451.021 Klimadata for termisk dimensjonering og forstsikring*, er frostdybden på Oppdal 1,8 m.

Gruppen har vært i kontakt med Oppdal kommune og forhørt seg om det er gjort grunnundersøkelser i de områdene hvor hytta skal stå. Oppdal kommune kjenner ikke til at det er gjort noen grunnundersøkelser på de aktuelle områdene. Derfor bestemte gruppen seg for å undersøke i kartgrunnlaget til Norges geologiske undersøkelser (NGU) om hvordan grunnforholdene på stedet er. I tillegg tok de kontakt med en ingeniørgeolog i Norges Geotekniske institutt (NGI) for å skaffe seg ytterligere informasjon. Ut fra informasjonen som er hentet inn har gruppen kommet fram til følgende grunnforhold for de to områdene:

Område 1

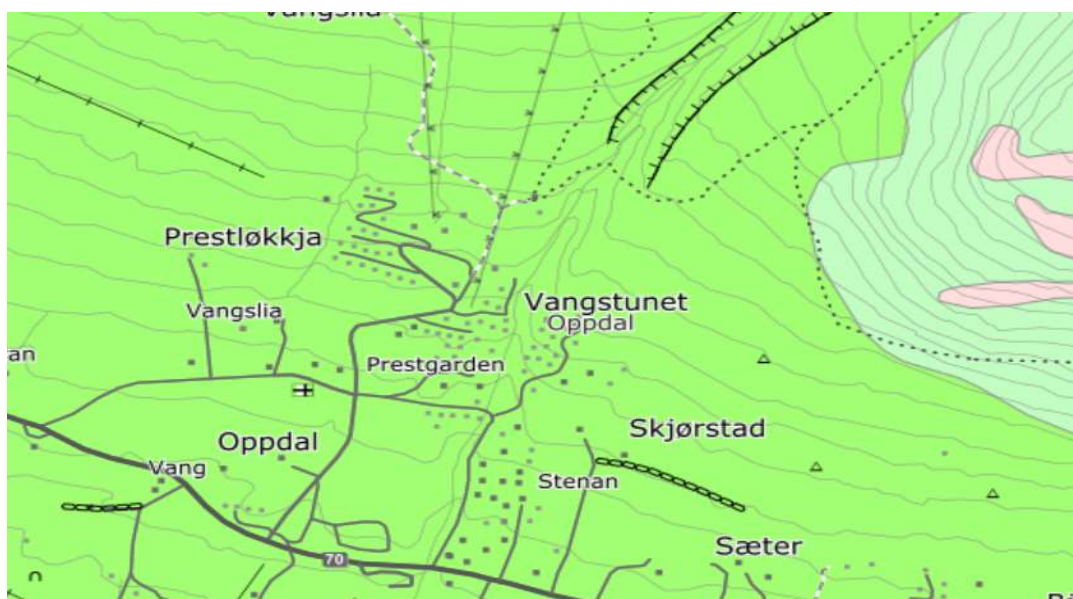
Det er tenkt at hytta skal plasseres langs bredden til elven Álma. Terrenget rundt elven er relativt flatt, så gruppen antar at det ikke er nødvendig å ta hensyn til jordens stabilitet i dette området. Ut fra kartutsnittet under ser vi at område 1 består av elveavsetninger (gult). Ifølge NGU er løsmassene dominert av sand og grus, og kan ha en tykkelse fra 0,5-10 m. Sand og grus regnes som ikke-telefarlig, så gruppen antar at det ikke er nødvendig å ta hensyn til fundamentering til frostfri dybde i dette området. Siden grunnen består av sand og grus antas det at det vil være små problemer med setninger. Ifølge *tabell 3* kan sand og grusavsetninger ta opp spenninger fra 150-300 kN/m², noe som er godt innenfor de lastene hytta vil påføre grunnen.



Figur 14. Kartutsnitt over område 1 hentet fra NGU sitt kartgrunnlag. Den gule fargen viser at området består av elveavsetninger.

Område 2

Innenfor område 2 er det tenkt at hytta skal plasseres rett nordøst for Vangstunet. Dette er et relativt bratt område så her kan det være nødvendig å ta hensyn til skråningens stabilitet. Fra kartutsnittet under ser vi at område 2 består av tykk morene (mørkegrønn farge). Ifølge NGU vil dette si at det er 0,5-10 m ned til fjell og at løsmassene inneholder mange kornstørrelser og liten eller ingen lagdeling. Morene regnes som et usikkert materiale, og det bør fundamenteres til frostfridybde dersom det ikke gjøres nærmere grunnundersøkelser. Fordi gruppen ikke vet med sikkerhet hvilke løsmasser morenematerialet i området 2 består av, må det antas at det kan oppstå store setninger i dette området. Dersom en stor andel av morenejorden består av leire, kan det være fare for setninger. Består morenejorden av grovere løsmasser som sand, grus og stein er faren for setninger mindre. Grunn med bløt leire har ifølge *tabell 3* den dårligste bæreevnen og kan maksimalt ta opp spenninger på 30 kN/m². Dette er godt over den belastningen hytta vil påføre grunnen.



Figur 15. Kartutsnitt over område 2 hentet fra NGU sitt kartgrunnlag.
Den mørkegrønne fargen viser at området består av tykk morene.

6.1.2 Skruefundament

Fundamentet blir utført med et såkalt skruefundament. Dette er en form for pæler og gir uteklime under bjelkelaget. Etter anbefalinger fra den norske importøren er det bestemt at konseptmodellen skal fundamenteres på totalt ti skruer, fire på hver langside og en på midten på hver kortsida, se *vedlegg D.1*. Dette vil si at avstanden mellom skruene blir på ca. to meter. Dette er visualisert på fundamentplanen i *vedlegg A.1.1*. Skruene som skal brukes er av typen KSF F 76x1300-R. Disse skruene er 1,3 meter lange, har en plan og rektangulær flens som

skruehode og har adapter for høydejustering. Det er viktig å merke seg at valget av skruene er basert på en anbefaling fra den norske importøren. For å vite nøyaktig hvilke typer og hvor mange skruer som skal brukes samt plasseringen av skruene i forhold til hverandre, er det viktig at det blir gjort grunnundersøkelser på stedet der hytta skal settes opp. I tillegg må man vite de aktuelle lastene som er tenkt før skruefundamentet kan dimensjoneres. (38)

Skruefundamentet blir festet til en stålramme under hytta. Stålrammen er bygd opp av sveisede HE140A bjelker og er festet til bjelkelaget til hytta. Disse har en bredde på 140 mm og en høyde på 133 mm, og er tilpasset det plane hodet til skruene. Koblingen mellom stålrammen og skruefundamentet er tenkt utført med skruer og muttere som festes gjennom skruehodet og opp i den nedre flensen på stålrammen. På denne måten blir hytta forankret til fundamentet. Stålrammens lastbærende evne er ikke kontrollert. Det bør gjøres nøyere beregninger på dette ved en eventuell videre utvikling av konseptet.



Figur 16. Skru fundamentet blir festet til en stålramme under hytta. Stålrammen er bygd opp av sveisede HE140A bjelker og er festet til bjelkelaget til hytta.

6.2 Konstruksjon

6.2.1 Generelt

Kravene for å kunne flytte hytta med trailer og helikopter bestemmer de ytre målene og vekten til hytta. For å kunne flytte et objekt på brønntralle trukket av en trailer, er maksimal lengde 22,00 m, bredde 3,25 m og høyde 4,50 m. På bakgrunn av dette blir lengden på hytta bestemt til 6 m, bredden blir 3,25 m og høyden blir 4,04 m. Siden helikoptertypen Super Puma ikke kan løfte mer enn 4 500 kg blir dette også maksimal vekt på hytta. Det er beregnet at hytta skal ha fire soveplasser. To av disse blir på en hems. Formen og vinkelen til taket er spesielt utformet for å få tilstrekkelig takhøyde over hemsene. Vinkelen på taket er ulik på hver side av mønet, som vist på mønedetaljen i *vedlegg A.6.4*. Dette er for å sikre at det høyeste punktet på taket er over hemsene. Solcellepanel er plassert på sørsiden av taket. Takvinkelen mot sør er spesielt tilpasset slik at solcellepanelene får optimalt strømutbytte. For Oppdal er dette 27°. Takvinkelen nord for mønet er tilpasset slik at vegghøyden på nordfasaden ikke blir for lav.

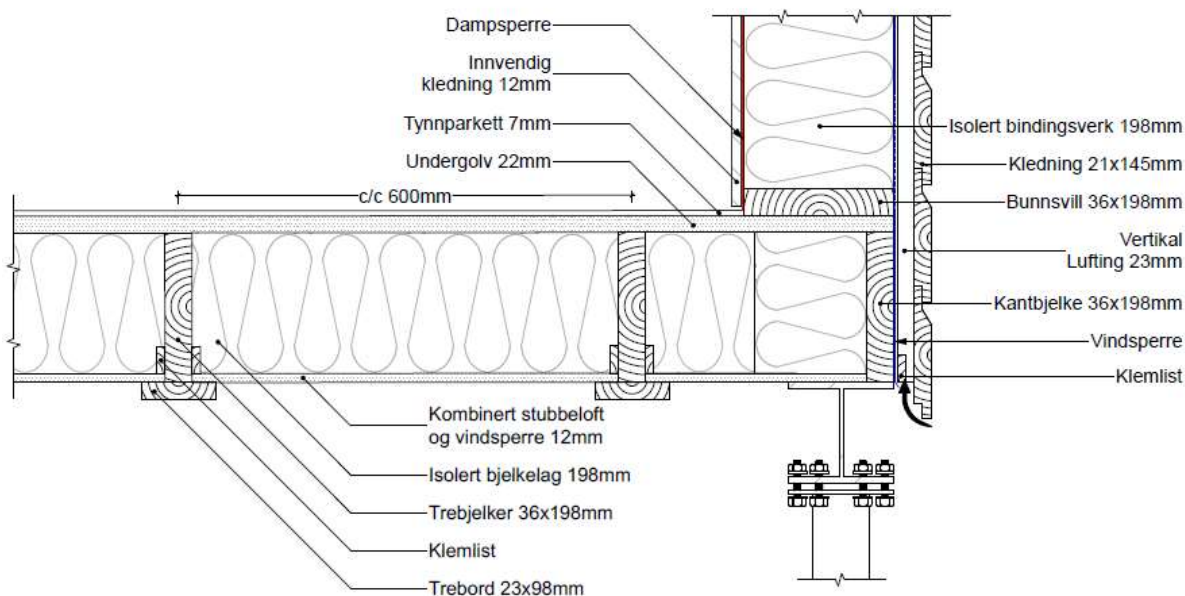
Hytta har fire vindusarealer i varierende størrelse. Et er plassert på vestfasaden over kjøkkenarealet. Det største vinduet er plassert på sørfasaden over den integrerte benken. Det er meningen at mesteparten av det naturlige lyset skal komme gjennom dette vinduet. Et bredt og lavt vindu er plassert på østfasaden, oppe på hemsene. Dette er for å gi dette sovearealet naturlig lys om morgenen. Det siste vinduet er plassert ved sittearealet på østfasaden. Meningen med vinduet er å gi utkikk til de som sitter på benken.

6.2.2 Bjelkelag

Trebjelkelaget er lagt opp etter et bjelkelagsplan som vist i *vedlegg A.1.2*. Avstanden mellom gulvbjelkene og kubbingene er tilpasset standard isolasjons- og plateprodukter med c/c 600 mm. Senteravstanden er justert noen plasser for å forme trebjelkelaget til resten av hytta.

Minimumskravet til energieffektivitet, u-verdi, for gulv mot det fri er $\leq 0,18 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Bjelker med senteravstand på 0,6 m og en dimensjon på 48 x 223 mm er nok for å oppnå dette u-verdi kravet (35). Dette forutsetter at isolasjonens varmekonduktivitet, λ , er 0,034. Med Glava Extrem 32 Isolasjon er det tilstrekkelig med bjelker som har en dimensjon på 36 x 198 mm (24). Denne bjelkedimensjonen kan kun ha en lysåpning på maks 2,95 m med C30 konstruksjonstrevirke. Lysåpningen til hytta er 2,905 m, så dette er innenfor kravet. Dette forutsetter bruken av undergulv av OSB-plater på 22 mm. Over undergulvet blir det lagt tynnparkett på 7 mm. Stubbeloftet klemmes mellom klemlist og trebord med en dimensjon på 23 x 98 mm på undersiden av bjelkelaget, som vist på figur 17. Stubbeloftet leveres av Hunton og har en tykkelse på 12 mm (39). Dette stubbeloftet fungerer også som vindsperre. Isolasjonen har tykkelse på 200 mm, men blir sammenpresset 12 mm av stubbeloftet. Det er ikke nødvendig med bunn-/

grunnmurssvill da denne blir erstattet med en H-bjelke av stål. Denne bjelken er ment som bindeleddet mellom fundamentskruene og hytta.

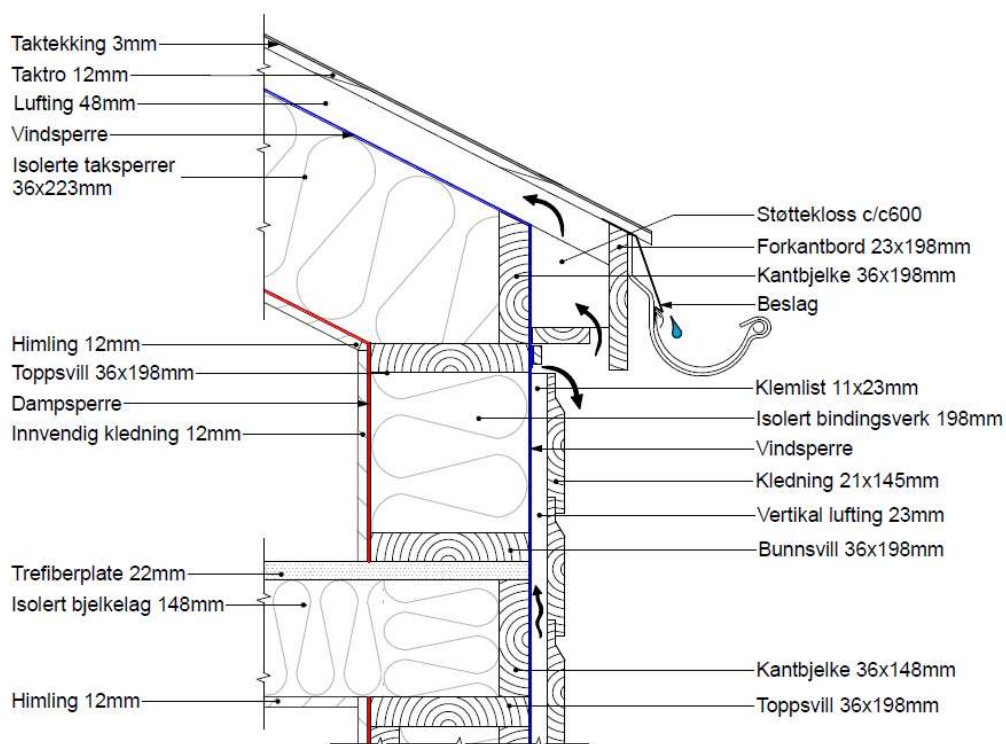


Figur 17. Overgang bjelkelag/yttervegg fra vedlegg A.6.2.

6.2.3 Yttervegg

Som konstruksjonssystem i veggene blir det brukt tradisjonelt bindingsverk. Veggene skrues fast til trebjelkelaget gjennom undergulvet med skruer. De er bygget opp av stendere som holdes fast av sviller i topp og bunn. For å passe best mulig til isolasjonsmateriale og platekledning er stenderavstanden c/c 600 mm. Stenderavstanden er tilpasset bjelkelaget, veggåpninger og takkonstruksjonen der dette er nødvendig. På *vedlegg A.1.4* og *vedlegg A.1.6* er det illustrert hvordan stenderne er plassert i inngangsplanet og på hemsene. I de bærende veggene, dvs. nord- og sørveggen, er dør- og vindusåpninger forsterket med ekstra stendere og bjelker

Minimumskravet til energieffektivitet, u -verdi, for yttervegg er $\leq 0,22 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Stendere med dimensjoner på 36 x 198 mm er nok for å oppfylle dette kravet (8). Dette forutsetter at isolasjonens varmekonduktivitet, λ , er 0,033. Da blir u -verdien 0,20 $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$. Med dette stendertverrsnittet kan hytta ha en bredde opp til 12 m uten at det er nødvendig å gjøre nærmere beregninger (40). Dette er innenfor kravet i og med at den lengste siden til hytta skal være 6 m. Tykkelsen på innvendig kledning er 12 mm og består av kryssfinerplater av gran. Disse platene blir også sett på som avstivning for veggene. Dampspærren er av polyetylenfolie og blir klemt mellom platekledningen og stenderne i veggene. Siden det ikke skal være rørføringer i veggene er det ikke nødvendig med påføring. Vindsperren er også av polyetylenfolie og klemmes av lekter som er 36 mm tykke. Dette gir en luftespalte på 36 mm mellom vindsperren og utvendig kledning. Den utvendig, liggende kledningen kalles Superwood og har en dimensjon på 21 x 145 mm (25).



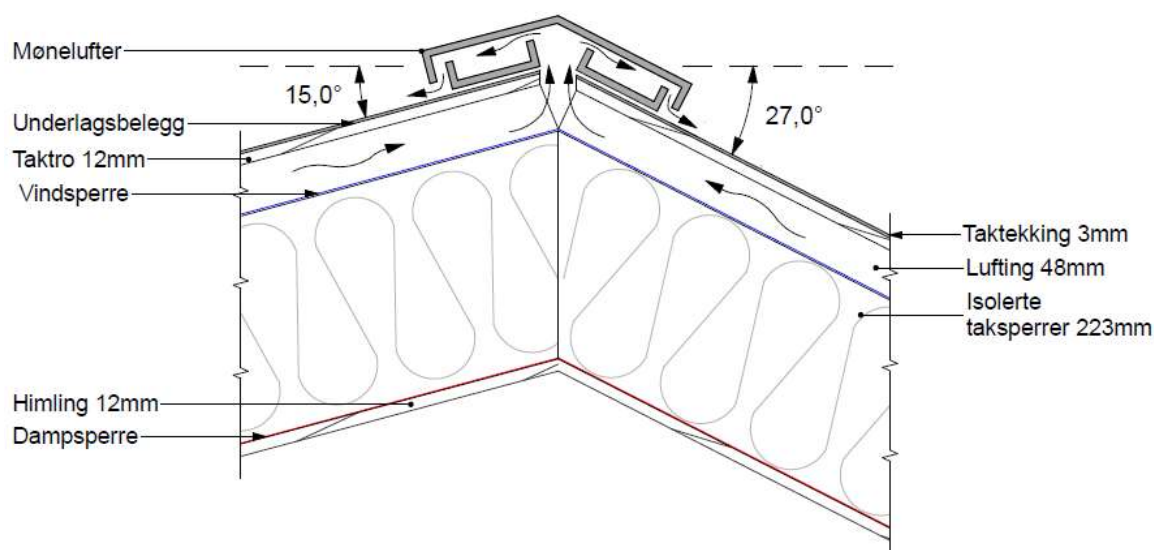
Figur 18. Overgang yttervegg/tak/hems fra vedlegg A.6.3.

6.2.4 Tak

Takkonstruksjonen har form som et saltak, der mønet er forskyvd litt mot den ene siden. Dette er gjort for å tilpasse takvinkelen etter solforholdene på Oppdal og på denne måten få utnyttet solcellene best mulig. Fra nord mot sør er takvinkelen 15° , mens den fra sør mot nord er 27° . På grunn av breddebegrensninger på 3,25 m under transport, har ikke hytta takutstikk på vest- og østfasaden. Dette kan føre til at regn lettere trekker inn i veggkonstruksjonen og skaper fuktskader. Siden det er mindre problemer med lengdebegrensninger, har nord- og sørfasaden et lite takutstikk og er utstyrt med takrenner og nedløp.

Taket er bygd opp av taksperrer som er understøttet av sør- og nordveggen og en takbjelke. Takbjelken er plassert litt til siden for mønet for å unngå at spennet til taksperrerne blir for stort og at de dermed må ha enda større dimensjoner. Den er understøttet av to stendere på hver ende for å sikre tilstrekkelig bæring av taket. Dimensjonen til takbjelken er valgt til 72 x 200 mm. For å vite nøyaktig dimensjon av takbjelken og stendere/søyle til understøttelse må det gjøres nøyere beregninger. Taksperrerne ligger rett over stenderne i bæreveggene, som igjen ligger rett over kubbingene i bjelkelaget. På denne måten blir det kontinuerlig bæring fra bjelkelag til takkonstruksjon. Taksperrerne har en dimensjon på 36 x 223 mm. Dette gir takkonstruksjonen tilstrekkelig bæreevne og nødvendig isolasjonstykkelse for å opprettholde minstekravet til u-verdi i TEK17 (41).

Som isolasjonsmaterialet brukes det mineralull fra Glava med varmekonduktivitet på minimum 0,034. Dampsperran klemmes mellom innvendig himling og taksperrene. Himlingsplatene er kryssfiner av gran og har en tykkelse på 12 mm. Det er ikke nødvendig med klelekt mellom himling og dampsperre ettersom det ikke er tenkt at rørføringer skal gå i taket. På utvendig side klemmes vindsperran av lekter på 48 x 48 mm. Lektene danner en luftespalte mellom vindsperran og undertaket. Undertaket består av 18 mm taktro av kryssfiner. Øverst blir taket teknet med 3 mm takshingel. Hytta utføres med kontinuerlig forankring fra tak til fundament med hullbånd og beslag. Mønelufteren som er valgt er et ferdigprodukt som kan bestilles sammen med takshingel. Den sikrer tilstrekkelig lufting og hindrer vann å trenge inn i takkonstruksjonen.



Figur 19. Mønedetalj fra vedlegg A.6.4 viser at taket er utformet med to ulike takvinkler for å legge solcellepanelet i optimal solvinkel.

6.2.5 Materialer

Det brukes mange ulike materialer i Naturhytta og noen produkt har blitt hentet fra spesifikke leverandører på grunn av sine egenskaper og tilgjengelig informasjon på nettet. Til videre prosjektering er det mulig å bytte ut både materialer og leverandører. De fleste produktene er valgt for å kunne regne ut ønsket varmemotstand, dimensjon, vekt og pris. Produkter som er produsert i nærområdet og med fokus på miljøvennlig produksjon er ønskelig. Så lenge produktene oppfyller ønskede egenskaper, er Naturhytta prosjektert for å kunne bestå av enda flere bærekraftige valg. Under er det listet opp gruppens forslag til valg av materialer.

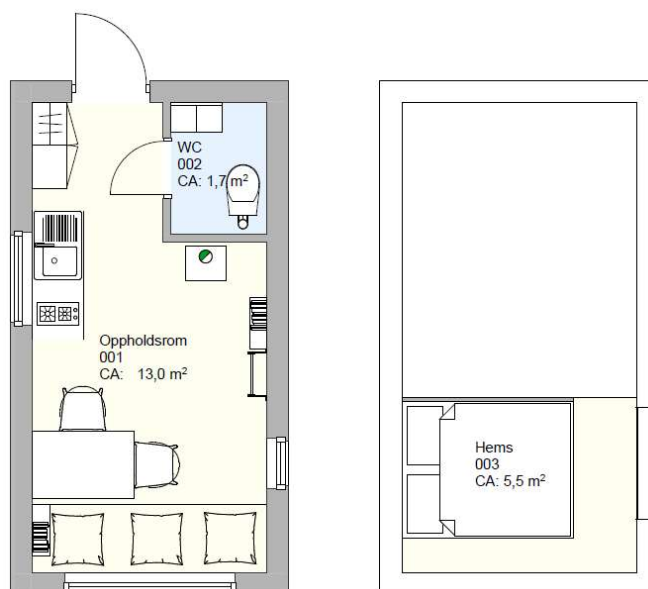
Tabell 14: Bruksområde og bakgrunn for valg av materialer/produkter.

Materialer/produkter	Bruksområde	Bakgrunn for valget
Konstruksjonsvirke av tre	Bindingsverk, leker med mer	Fornybart råstoff Sterkt og lett materiale
Mineralull fra Glava	Isolasjon i vegg, tak og etasjeskiller	Resirkulert glass Lokal fabrikk i Stjørdal, Trøndelag
Skruefundament av stål fra KRINNER	Fundament	Stål er gjenvinnbart Skruene brukes flere ganger
OSB-plater	Undergulv	Biprodukt etter trevareproduksjon Utnytter hele materialet
Kryssfinerplater	Innvendig kledning og taktro	Biprodukt etter trevareproduksjon Utnytter hele materialet
Liggende kledning av gran fra Superwood	Utvendig kledning	Fra skogbruk i Norge/Sverige Laget av gran (lett vekt) Krever lite vedlikehold
Stubbeloftsplate fra Hunton	Vindsperre i gulv	Laget av fornybare råvarer (treflis) som ellers ville gått til spille
Takshingel fra Isola	Taktekking	Lett vekt og tilnærmet vedlikeholdsfritt Testet på Zero Emission Buildings Produksjon i Norge
Plastduk av polyetylen	Vindsperre Dampsperre	Lett vekt Kan gjenvinnes

6.3 Planløsning

Toalett

Toalettet blir plassert i eget rom med gulvoverflate på 1,7 m². Verken toalettet eller resten av hytta blir utformet etter krav til universell utforming fra TEK17. Rommet er utformet etter SINTEF Byggforsks krav til generell brukbarhet for sanitærutstyr (42). Rommet er plassert i høyre hjørne, nord i hytta. Den lave takhøyden på nordsiden av hytta blir best tatt opp av toalettet. Siden toalettet ikke har vinduer og ikke utnytter naturlig lys er dette en gunstig plassering. Det er ikke plassert noe vindu på toalettet og derfor må rommet utføres med lufteventil for å sikre god ventilering. Plassering av forbrenningstoalettet og sammenhengende pipe er utført ifølge henvisning fra leverandør (35). Pipa går opp gjennom taket på innsiden av bygget. Høyden og plasseringen av pipa er utført med anbefaling fra SNITEF Byggforsk (43).



Oppholdsrom

Resten av hytta er et rom som blir kalt oppholdsrommet. Det er flere integrerte løsninger i oppholdsrommet for å få plass til alt i hytta. På sørsiden er det en integrert benk som er ment som sitteplass og soveplass. Under benken er det mulig å dra ut en ekstra seng. Her er det plass til to madrasser, en til benken og en til den ekstra sengen på undersiden. På veggen er det et bord som det er mulig å folde ned hvis man skal sitte og spise, og folde opp hvis man skal dra ut den ekstra senga. Hytta har også to stoler som man kan plassere rundt bordet. Over denne sitte-/soveplassen er det en hems. Dette er ment som en soveplass for to personer. For å komme opp til hemsene er det en stige. Hytta inkluderer også en liten benkeplate ment for enkel matlaging. Her er det en gassdrevet kokeplate og en vaskekum med avløpsrør. Vann er ikke

innlagt og må selv medbringes. Det er også skapplass til diverse kjøkkenartikler under benkeplata.



Figur 21. Bilde av oppholdsrommet med åpen løsning som inkluderer kjøkkenbenk, klappbord, benk/seng og hems fra vedlegg A.5.4.

Oppvarming

Plassering av pelletsovnene i forhold til brennbar vegg er utført med krav fra leverandør og SINTEF Byggforsk (44) (43). Ovnene er plassert på andre siden av vegg i forhold til toalettet. Bakgrunnen for dette er at pipa til pelletsovnene og pipa til forbrenningstoalettet skal samles og føres ut av taket med en dobbel pipe. Dette er en mer estetisk tiltalende løsning enn to individuelle piper. Det blir heller ingen problemer med høyden eller plasseringen av pipene med denne løsningen. Dette gir også en sentral plassering av ovnene, noe som skaper jevn temperatur i hytta.

Oppbevaring

Det er gjort rom for oppbevaring i form av et stort skap i inngangspartiet, et mindre skap på toalettet og en liten skuff i enden av benken. Dette bør dekke behovet for oppbevaring i en liten hytte for maksimalt fire personer.

6.4 Transport

Det er bestemt at hytta skal flyttes som én enhet med motorvogn og slep- eller påhengsvogn fra stedet den bygges, til ønsket område. I denne oppgaven vil hytta bli kjørt til Oppdal eller omegn. Det er av stor interesse at hytta bygges nærmest mulig Oppdal for å få redusere transportetappens omfang med tanke på tid, penger og utslipp. Grunnet lastens totale høyde vil det være gunstig å bruke en brønntralle som tilhenger. Trallen har en lasthøyde på 35-45 cm og gjør at hyttas totale høyde ved flytting ligger under 4,5 m. For å løfte hytta på brønntralla trengs det en solid kran med en løftekapasitet på minimum 4 000 kg.

De særlige bestemmelsene om lastbredde ved frakting av bygg og husmoduler gjør at det ikke er nødvendig å søke om dispensasjon. Det er derimot krav om blinkende lys og skilt om «bred last», plassert på kjøretøyet. Når hytta har blitt transportert så langt det er mulig på veg, vil det neste steget være et helikopterløft. Det er lønnsomt om selve løftedistansen begrenses til et minimum med tanke på at helikoptertjenesten er timesbasert. Videre må hytta løftes direkte av brønntralla og videre opp til ønsket plassering. Fundamentet til hytta må være klart slik at helikopteret kan fly opp i skoggrensa og senke hytta ned på pælene. Ved hjelp av arbeidere på bakken vil det være mulig å finjustere plasseringen til hytta slik at den passer med fundamentet. Deretter kan stålrammen og skruefundamentet boltes sammen, og hytta er klar for bruk.

6.5 Pris og vekt

Gruppen har gjort et overslag på pris og vekt av hytta. Prisene er hentet fra Norsk Prisbok 2018 og fra leverandørenes hjemmeside. Materiallister i Archicad er brukt til å regne ut areal av gulv, vegger og tak osv. Den totale summen av materialkostnader til hytta er på 169 623 kr. Se *vedlegg C.1* for nærmere beregninger. I tillegg til materialkostnader vil det koste å bygge, drifte, vedlikeholde og flytte hytta, samt å planlegge hytta videre.

Vekten av hytta er beregnet ut fra egenlast og volum av de ulike bygningskomponentene. Egenlastene er hentet fra Byggforsk, mens volum er hentet fra materiallister i Archicad. I tillegg har gruppen hentet deler av informasjon om vekt fra leverandørenes hjemmesider. Den totale vekten av hytta havner på 3 845 kg, se *vedlegg C.2*.

Det er viktig å merke seg at disse verdiene kun er overslag, og at materialkostnadene og vekten av hytta kan avvike fra disse beregningene.

7 Drøfting

7.1 Metode

I denne oppgaven er litteratursøk, ekstern kompetanse, Norsk Prisbok 2018, analyser, konseptutvikling og Archicad benyttet. De mest sentrale metodene som er benyttet for å komme fram til konseptet er litteratursøk og analyser. I tillegg var det en planleggingsprosess før gruppen startet arbeidet med oppgaven.

Planlegging

For å oppnå en stabil arbeidsprosess har gruppen fulgt en fremdriftsplan og ukentlige mål. Fremdriftsplanen har definert tidsrammen rundt oppgaven og gruppens ukemål har bidratt til ukentlig fremgang. Detaljgraden på planen har vært moderat og endringer har blitt gjort muntlig gjennom daglige møter. Den tilgjengelige tiden i prosjektperioden har vært en naturlig begrensning med tanke på oppgavens omfang. Begrensningene i teorikapittelet burde vært bestemt tidligere og gruppen har møtt noen utfordringer som kunne vært unngått. Ved supplering av fagstoff i analysekapittelet må emnet også skrives om i teorikapittelet. Dette har ført til flere endringer i oppgaven som til tider har vært vanskelig å holde orden på. Gruppen er enig om at planleggingsfasen burde vært mer detaljert, noe som sannsynligvis ville resultert i færre endringer og en mer effektiv prosess. Til tross for utfordringene har fremdriftsplanen holdt stand og alle milepæler har blitt ferdigstilt innen angitt dato. Ukentlige møter med intern veileder og ukentlige mål har vist seg å være avgjørende for gjennomføringen av prosjektet.

Litteratursøk

For å finne fram til relevant informasjon har gruppen gjort litteratursøk. Når det hentes informasjon fra ulike litteratur er det viktig å være kildekritisk. Dette er en metode som går ut på å vurdere avsenderen av informasjon og troverdigheten av informasjonen. Det er viktig å vurdere forholdet mellom avsender og det som formidles. Som regel trekkes disse fire verdiene frem som viktig i kildekritikk:

- Troverdighet: Er kilden til å stole på?
- Objektivitet: Er kilden nøytral?
- Nøyaktighet: Finnes det spor etter juks eller slurv?
- Egnethet: Finner du svarene du trenger?

I denne oppgave blir SINTEF Byggforsk, fagbøker og kompetanse fra veiledere regnet som sikre kilder. Dette er kilder som brukes til utdanning og til planlegging og prosjektering av bygninger. Gruppen anser dette som troverdige, objektive, nøyaktige og egnede kilder. Derfor har gruppen forsøkt å benytte seg mest mulig av disse og tilsvarende kilder. I noen tilfeller finnes det ikke tilstrekkelige fagstoff i bøker eller på internett og da har gruppen benyttet seg av mindre

pålitelige kilder. Dette gjelder spesielt informasjon som er hentet om skruefundamentet. Her har den eneste tilgjengelige informasjonen vært fra mailutveksling med den norske importøren og fra produktets hjemmeside. Importøren og produsenten har et ønske om å reklamere for produktet sitt, og det er dermed høy risiko for å få objektiv og kritikkløs informasjon. (45)

Analyse

Analysekapittelet tar for seg ulike alternativer og sammenligner de for å finne den beste løsningen for konseptet. En utfordring med denne metoden er at de løsningene som kommer best ut i analysen ikke nødvendigvis fungerer godt sammen. Det ble tatt hensyn til dette for å oppnå et gjennomførbart konsept. Et godt eksempel er valget av solcellepanel som strømkilde. Et solcellepanel kan ikke forsyne en varmpumpe med nok strøm, og derfor kan ikke varmpumpe velges som oppvarmingskilde. Analysemetoden som er brukt tar ikke hensyn til de andre valgene som er gjort i hytta og dette må vurderes kontinuerlig. De positive sidene med en slik analyse er at man får en grundig undersøkelse av alternativene og kan veie de opp mot hverandre. Det er lagt mye tid og arbeid for å hente informasjon for hvert kriterium til alternativene og gruppen føler at det gir oppgaven et helhetlig uttrykk.

Gruppens gjennomføring har bestått av å samle informasjon, analysere alternativer, velge løsning og til slutt utvikle et konsept. Et alternativ hadde vært å samle informasjon, utvikle flere konsepter, analysere konseptene og velge en løsning. Ved en slik gjennomføringsmetode kan man for eksempel sammenligne:

- Naturhytta med fokus på pris
- Naturhytta med fokus på vekt
- Naturhytta med fokus på levetid
- Naturhytta med fokus på energibruk

En positiv side med en slik gjennomføringsmetode er at det for eksempel kan sammenlignes hvor dyr Naturhytta er med fokus på energibruk, i forhold til Naturhytta med fokus på pris. Det kan da vise seg at Naturhytta med fokus på energibruk ikke er betydelig dyrere enn hytta med fokus på pris. På denne måten kan man velge ut det konseptet som gir best utslag i alle kategoriene, tross sitt fokusområde. Utfordringen og grunnen til at gruppen ikke valgte å gå for denne metoden er at det ville gått utover kvaliteten på de ulike forslagene. Å utvikle og tegne flere konsepter i Archicad for så å analysere/sammenligne konseptene ville i tillegg tatt mer tid enn det gruppen har tilgjengelig.

7.2 Konseptet Naturhytta

I underkapittel 1.2.2 *Problemstilling* ble det belyst fire forskningsspørsmål. Med bakgrunn i disse spørsmålene har det blitt utviklet et konsept på en mobil og bærekraftig hytte. I de følgende avsnittene har gruppen belyst spørsmålene på nytt og drøftet de ulike løsningene som er valgt for konseptet. Til slutt i delkapittelet skal gruppen drøfte rundt det helhetlige konseptet.

Fundament

Spørsmål 1:

«Hvordan kan sporløs fundamentering løses?»

Gruppen skal se nærmere på hvilken fundamenteringsmetode som egner seg best til en mobil og kompakt hytte. Med sporløs fundamentering menes at terrenget og vegetasjonen er så godt som uberørt. Når hytta flyttes på skal det fysiske avtrykket på bakken være så lite som mulig.»

Fundamentet til hytta var en av de største utfordringene. Det er ikke gitt hvilken metode som egner seg til en mobil hytte slik at terrenget og vegetasjonen er så godt som uberørt når hytta flyttes igjen. Etter en lang undersøkelse falt valget på skruefundamentet, som er en form for pæler.

Skruefundamentet er spesielt egnet for dette konseptet ettersom det lett kan monteres, demonteres og brukes på nytt et annet sted. De gir minimalt med avtrykk i terrenget og passer for de fleste grunnforhold og terrengformasjoner. En utfordring er fundamentering i fjellgrunn. Da må fjellet kjerneborres og det fører til en fordyrende prosess. Skruefundamentet kan festes med håndholdt verktøy og man unngår avtrykk i terrenget under montering. En negativ side med skruefundamentet er at de er lite utprøvd i Norge. Det er vanskelig å si hvordan skruene vil oppføre seg i ulike terrengetyper og grunnforhold.

Et problem som ofte oppstår når et bygg fundamenteres på pæler, er skader på grunn av telehiv. Frostdybden på Oppdal, der hytta skal plasseres er 1,8 m. Etter anbefaling fra den norske importøren er lengden til skruene bestemt til 1,3 m. I telefarlig jord kan det derfor oppstå problemer med telehiv, siden skruene ikke blir fundamentert til frostfri dybde. Dersom skruene skal fundamenteres til frostfri dybde, må lengden økes til 2,1 m. Da kreves det større maskiner for å skru fundamentet ned i jorda. Det er ikke gitt at skruene blir påvirket av telehiv i og med at de kun skal være i jorda midlertidig, men det er uten tvil et usikkerhetsmoment.

Den innovative fundamentløsningen som er valgt bør undersøkes nærmere. Det er ukjent hvordan skruefundamentet oppfører seg ved påvirkning av telehiv og frostdybden bør derfor undersøkes nærmere.

Konstruksjon

Spørsmål 2:

«Hvordan kan en kompakt og mobil hytte utformes?»

Hyttas areal skal begrenses til 25 m². Det er tenkt at hytta skal romme 2-4 sengeplasser, kjøkkenareal, toalett og stue. Det skal undersøkes hvilke konstruksjonsprinsipp som passer til en slik hytte.»

For en liten hytte i tre er det begrensninger til hvilke konstruksjonssystemer som er hensiktsmessig å bruke. Valget til gruppen falt på tradisjonell oppbygging med bjelkelag, bindingsverk og taksperer. Dette er et konstruksjonssystem som er mye brukt i byggebransjen og den er godt kjent blant fagfolk. Det er en varme- og fuktteknisk robust løsning som gir liten fare for varmetap og fuktskader når utførelsen er rett. I tillegg er den enkel å tilpasse åpninger i vegger, vinkler på tak og eventuelle oppstikk i gulv. Dette er en stor fordel med tanke på hyttas størrelse og spesielle takkonstruksjon. Det kan diskuteres hvorvidt de tradisjonelle løsningene underbygger det innovative i konseptet, men den totale løsningen viser likevel til en hytte med framtidsrettede egenskaper. Et nytt konsept bør utvikles i flere omganger og det kan derfor være en fordel å starte med tradisjonelle løsninger i konstruksjonen.

Planløsningen i hytta er åpen og gjør bruksarealet fleksibelt. Størrelsesbegrensningen tilsier at hytta er mest komfortabel for to personer, men det er prosjektert inn fire sengeplasser. Møne er plassert over hemsene, og dette skaper en god romfølelse. Utfordringen med å utforme en liten hytte er å velge ut hva som skal prioriteres. Skal det være høyt under taket i oppholdsrommet eller skal det være høyt under taket på hemsene? Skal det prosjekteres inn egen bod eller er dette unødvendig når hytta bare leies ut i korte perioder? Gruppen har gått for løsningene de mener er best for bruken av hytta, men dette må testes av brukere før noe kan bekreftes.

Som et alternativ kunne hytta blitt bygget med elementer av massivtre. Dette ville gjort konseptet mer bærekraftig, men valget ble utelatt på grunnlag av vekt og pris. Massivtre er mest vanlig for kontor- og leilighetsbygg, men bruken blir stadig større for småhus. Ved videre prosjektering av Naturhytta ville det vært spennende å sett på vektforskjellen mellom gruppens hytte og samme hytte prosjektert i massivtre.

Transport

Spørsmål 3:

«Hvilke metoder skal brukes for å frakte hytta?»

Hytta skal kunne flyttes og det må undersøkes hvilke metoder som kan brukes. Her er det interessant å se på frakting fra byggehall til utvalgt område og videre til ønsket plassering i naturen.»

Ved å undersøke hvilke transportmidler som var aktuelle ved frakting av hytta, ble det også dannet naturlige begrensninger for utformingen. Største bredde for last på trailer uten å søke om dispensasjon er 3,25 m, og største lastvekt for et helikopter av typen Super Puma er 4 500 kg. Det ble bestemt å frakte hytta på brønntralle trukket av en motorvogn og videre løfte hytta på plass i naturen med helikopter. Å flytte bygningsdeler på brønntralle er en mye brukt og trygg løsning som tilbys av de fleste transportfirma. Boliger på flere hundre kvadratmeter har blitt flyttet på ved hjelp av store kjøretøy, så usikkerhetsmomentet ligger i helikopterløftet. Gruppens vektberegning gav en vekt i underkant av 4 000 kg. Skulle det vise seg at en ferdigstilt hytte veier mer enn dette vil selv de største helikoptrene slite med å løfte konstruksjonen. Selve rammen rundt konseptet baserer seg på at hytta kan flyttes på og det er derfor nødvendig å utføre flere detaljerte vektberegning for å sikre at løfteoperasjonen kan gjennomføres.

Det ble sett bort fra moduler ved prosjektering, men dette er en løsning som skyver bort vektproblematikken. Ved å bruke moduler kan hytta utformes i den størrelsen som er ønskelig og med de egenskapene som trengs. Det vil si at hytta potensielt blir større og tyngre, men er delt opp i flere deler som transporteres uavhengig av hverandre. Selv denne løsningen byr på utfordringer. Hvordan de ulike modulene skal utformes og settes sammen i naturen er elementer som må løses. Flere moduler vil også si at det trengs flere helikopterløft for å få på plass én hytte. Flere løft vil igjen resultere i en betydelig dyrere operasjon.

Bærekraft

Spørsmål 4:

«Hvilke løsninger kan gjøre hytta bærekraftig?»

For at hytta skal være bærekraftig blir det lagt vekt på å bruke holdbare og miljøvennlige materialer. Hytta skal stå i områder uten infrastruktur og må være selvforsynt. Det vil bli sett nærmere på hvilke ressurser som kan dekke behovet for strøm, vann og oppvarming.»

Når gruppen har valgt de ulike løsningene som skal brukes i konseptet er det hele tiden lagt vekt på at materialene skal være miljøvennlige og holdbare. Videre er det lagt vekt på å utforme hytta etter energikravene i TEK17 og benytte fornybare energikilder.

Der det har latt seg gjøre, har det vært fokus på å bruke materialer i tre. Alle gulvbjelker, stendere, taksperre og lekter er laget av konstruksjonstrevirke. Plater som blir brukt til for eksempel undergulv og stubbeloft blir laget av treflis som ellers ville gått til spille. På denne måten får man utnyttet hele trematerialet. Dampsperran og vindsperran er laget av polyetylen som er laget av gjenvinnbart plastmateriale, mens glasset i vinduene er resirkulerbart. Noen steder er det brukt mindre miljøvennlige materialer. Det er for eksempel brukt mineralullisolasjon mellom gulvbjelker, stendere og taksperre. Her kunne trefiberisolasjon vært et bedre alternativ. På grunn av at trefiberisolasjon har lettere for å trekke til seg fukt og dermed får dårligere isolasjonsevne, falt valget på mineralullisolasjon.

Skruefundamentet er produsert av 75% gjenvinnbart stål og den tyske produsenten KRINNER bruker energi fra solceller i produksjonen av skruene. Dette er et godt alternativ til andre fundamenteringsmetoder som benytter seg av svært mye betong. Som et alternativ til skruerfundamentet kunne det vært interessant å sett på mulighetene for å fundamenterer på trepæler. Dette gir miljøgevinst med tanke på materialbruk, men det kan være utfordrende å feste trepælene i bakken ved harde grunnforhold uten å benytte større maskiner. Alternativt kan det undersøkes hvordan hytta kan fundamenteres på avkappede trær. Det finnes imidlertid utfordringer med denne løsningen. Ved gjentatt skruing i bjelkelaget ville tilkoblingen mellom trepælene og hytta blitt svekket over tid.

For å spare energi har gruppen valgt å utforme hytta etter TEK17. Dette var et valg gruppen tok tidlig fordi det var et ønske i prosjektet Grønn Fjellhageby at det skulle gjøres passive energiltak. På grunn av hyttas størrelse kan det hende at det er unødvendig med så tykt bygnings skall og at den heller burde blitt prosjektert med tynnere isolasjonssjikt. Da kunne vekten til hytta blitt betraktelig lavere og det hadde blitt bedre plass til å utforme hytta innvendig. Dette må i så fall studeres nærmere med energisimuleringer. Et usikkerhetsmoment

ved å prosjekter hytta med tynnere isolasjonssjikt er at dimensjonene på gulvbjelker, stendere og taksperrer. Vil den da ha tilstrekkelig styrke til å tåle mange helikopterløft?

Som en følge av at det er lagt vekt på fornybare energikilder er det flere løsninger som er valgt bort. Disse alternativene er ikke nødvendigvis dårligere enn de fornybare løsningene. For eksempel ble gassovn valgt bort til fordel for pelletsovn på miljøgrunnlag. I realiteten er gassovnen mer egnet fordi den er vesentlig mindre, lettere, billigere og mobil. Den kan dessuten henges på veggen, i motsetning til pelletsovnen som krever plass til pipe og areal rundt på grunn av ildstedskrav. Om man hadde gått for gassovn som oppvarmingsalternativ er det mulig at utfordringen med plass til oppbevaring og oppholdsareal hadde blitt løst bedre. På andre områder har gruppen valgt løsninger som benytter seg av fossile energikilder. Til klosett er det valgt forbrenningstolett som bruker gass til å forbrenne avfallet. Det brukes også gass til matlaging. Det fins andre alternativer på disse områdene som er basert på fornybar energi, men på grunn av lavere effektivitet og kapasitet har gruppen sett det som lite hensiktsmessig å bruke disse løsningene i konseptet.

Det helhetlige konseptet

Gruppen er veldig fornøyd med det konseptet som er produsert. På grunn av en grundig teori- og analysedel føler gruppen at valgene som er blitt gjort er tilstrekkelig begrunnet. Valgene er gjort på bakgrunn av kilder som gruppen har ansett som pålitelige og sikre. For å utvikle og produsere tegninger til konseptet har Archicad blitt benyttet. Dette programmet har også hjulpet med å beregne mengder på ulike materialer. Alle medlemmene på gruppen har brukt dette programmet i snart 3 år og det har vært avgjørende for å ferdigstille og visualisere prosjektet. Det finnes utallige måter å utforme en mobil og bærekraftig hytte på. Gruppens forslag er ikke en fasit. Målet til gruppen har vært å belyse hvilke muligheter som finnes for en slik hytte og sette dette sammen til et konsept.

Med tanke på sin mobilitet og fokus på miljøvennlig material- og energibruk er Naturhytta et nytenkende konsept som kan utfordre dagens hyttekultur. Konseptet legger til rette for at flere kan dele på hytta. Den er liten og er svært enkel i bruk med kun de mest nødvendige installasjonene. På sikt vil dette være mer bærekraftig i forhold til dagens hyttekultur der store hyttefelt blir bygd ut med flotte hytter av høy standard. Denne mobile hytta med miljøfokus kan være med på å skifte retningen i hyttekulturen til en mer bærekraftig retning. Dette er også ønsket til Nasjonalparken Næringshage og er mer beskrevet i underkapittel 1.1.4.

Det kan diskuteres hvorvidt konseptet med Naturhytta faktisk er bærekraftig. For det første krever et slikt konsept mange transportetapper. Først skal materialene fraktes til byggehall slik at hytta kan bygges. Senere skal hytta fraktes på vegen til ønsket område før et helikopter skal fly det på plass i naturen. Transportetappene mellom de ulike områdene vil skje et par ganger årlig med dyre helikopterløft. De gjentatte helikopterløftene vil øke det livslange CO₂-avtrykket

til hytta. Kanskje vil det vise seg at konseptet ikke er like miljøvennlig som man først hadde forventet.

Når hytta skal brukes av mange og den ikke eies personlig av de som skal bruke den, kan det bli et problem med dårlig vedlikehold og vask av hytta. Dessuten kan det være at folk ikke er like nøye med å rydde opp søppel i og rundt hytta. Disse forholdene kan føre til at levetiden til hytta ikke blir like lang som ønskelig og at naturområder blir forsoylet.

For å få bukt med slike problemer ser gruppa for seg at konseptet kan brukes av organisasjoner som DNT eller av kommuner. Da må de ansvarlige for hytta påse at det blir laget et system for søppeltømming, og at det jevnlig fylles på med pellets til oppfyring, vandunker med friskt vann og gass til matlaging og klosettet. Gruppen har også tenkt på muligheten for å bygge en permanent hytte, men som er inspirert av løsningene som er brukt i Naturhytta. Det kunne for eksempel vært interessant å sett på om det er mulig å bygge en større hytte i massivtre som er fundamentert på skruefundamentet og som benytter seg av offgrid-løsninger.

7.3 Videre arbeid

I årene fremover skal det utvikles flere pilotprosjekt i prosjektet Grønn Fjellhageby. For at Naturhytta skal være en kandidat bør det gjøres flere grundige undersøkelser og beregninger. Det må utføres en energiberegning for å kartlegge hvor stort energibehov hytta har. Dette kan gjøres ved hjelp av simuleringsprogrammet Simien eller gjennom TEK-sjekk på Byggforsk. Grønn Fjellhageby er utviklet ved hjelp av BREEAM Communities og det kan derfor være fordelaktig å gjøre en BREEAM-analyse for å nå ønsket sertifisering av hytta. Her finnes det oversikt over flere sentrale faktorer som helse, miljø, energi, forurensning og økologi. En slik sertifisering er ikke vanlig å gjøre på mindre boliger og hytter, men det kan undersøkes hva som skal til for å sertifisere Naturhytta. De tekniske manualene for BREEAM-NOR ligger tilgjengelig på flere sider på internett, og her finnes alle kriteriene innenfor hvert vurderingsområde.

I dette prosjektet er det utført en grov kostnadsberegning av materialer og inventar. Det neste steget vil derfor være en kalkyle av hele prosjektet inkludert transport, arbeid og valgte produkter. Naturhytta har fortsatt en lang vei å gå, men gruppens forslag skal gjøre det neste steget litt enklere.

7.4 Innovasjon

Det kan tenkes at flere av utfordringene med hytta kan løses med tiden i form av teknologisk utvikling. Om solcellene blir mer effektive kan det være det er mulig å bruke den produserte strømmen til oppvarming. Virkningsgraden til solcellene ligger i dag mellom 15-24%. En virkningsgrad på 40% har blitt oppnådd i laboratorieforsøk og spås å kunne ha en teoretisk virkningsgrad på 85% (46). Det selges ikke oppvarmingsalternativer på strøm som er små nok til å varme opp en liten hytte og de fleste alternativene er overdimensjonerte til dette formålet. Det kan også tenkes at tørrklosettene får bedre kapasitet eller raskere kompostering en gang i fremtiden, noe som vil resultere i en enkel og miljøvennlig løsning. Utvikles det en fornybar form av forbrenningsgass vil gassovnen, forbrenningsklosettet og aggregatet bli et fornybart alternativ som forsterker det bærekraftige konseptet.

Et nytt, innovativt produkt som kan vurderes er Vakuumisolasjonspaneler (VIP). Denne superisolasjonen har opptil ti ganger bedre varmemostand enn konvensjonelle materialer. Det kan dermed brukes mye mindre materiale, noe som gir lettere konstruksjon og tynnere vegger. Det er fortsatt et relativt nytt og dyrt materiale, men det viser stort potensiale. En annen bachelorgruppe ved byggingeniør skriver om dette temaet.

En betydelig del av kostnadene og utslippene som er gjeldende i konseptet skapes av helikopteret. Helikopteret må fly til angitt området og deretter løfte én eller flere hytter på plass. Det er naturlig nok ønskelig med en «grønn» fraktemetode, men per dags dato er det imidlertid ingen tegn til at f.eks. et elektrisk helikopter vil dukke opp i de nærmeste årene. Summeres alle

arbeidsoperasjonene som ville erstattet helikopteret, er det ikke sikkert utslippene og kostnadene er så ulike.

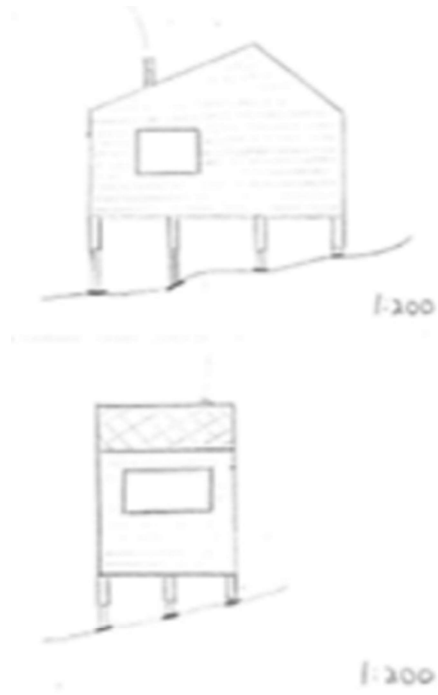
Da gruppen skulle hente informasjon til konseptet ble flere fundamenteringsmetoder vurdert. Av disse var de fleste utprøvde metoder. I denne prosessen ble det foreslått en ny, innovativ løsning. Løsningen er inspirert av månelandingen i 1969 og prinsippet med teltplugg. Konseptet går ut på at alle delene av fundamentet allerede er festet til hytta. På samme måte som Apollo 11 har hytta «bein» som gjør at den kan plasseres direkte på bakken. Siden det er mer vær og vind på jorda enn på månen må hytta festes med skruer på samme måte som man bruker teltplugg.



Figur 22. Apollo 11 på månen i 1969, med «bein» som fundament.

Ujevnheter i terrenget kommer til å bli en utfordring. Dette løses med at det er mulig å justere høyden på beinene til hytta i z-retning slik at det passer til terrenget. Dette blir gjort med innebygd hydraulikk eller en form for jekk. For at føttene skal passe på bakken må det også være mulig å justere vinkelen på disse, både i x-, og y-retning. Dette er visualisert i *vedlegg D.2*. Antall bein og diameteren på de avhenger av størrelsen og vekten på hytta.

Med denne løsningen blir hytta mer mobil i form av at det nesten ikke trengs forberedelser for at den skal flyttes. Hovedutfordringen med denne fundamenteringsmetoden er at den ikke er testet eller utprøvd i det hele tatt. Det kan være at det ikke er mulig å endre høyden på beina når hytta står på bakken. Det kan også være at hytta ikke blir stabil nok. En annen utfordring er hvis hele fundamentet skal være festet til hytta så er det mulig det blir for tungt å flytte. Fundamenteringsmetoden er nytenkende og kan bidra til utvikling i mobile boliger, men fordi metoden ikke er utprøvd eller konstruert gikk gruppen for en løsning som allerede finnes på markedet.



*Figur 23. Prinsippskisse av innovativ
fundamenteringsmetode inspirert av Apollo 11.*

8 Konklusjon

Nasjonalparken Næringshage har med prosjektet Grønn Fjellhageby utviklet og spisset sin kompetanse om bærekraftig utvikling i fritidsboligbransjen. Gjennom ulike workshops sammen med andre samarbeidspartnere har Nasjonalparken Næringshage kommet med et konsept som består av tre ulike hytter hvor den ene er Naturhytta. Dette er en frittliggende hytte som det er mulig å flytte på. Ut ifra dette formulerte gruppen følgende problemstilling: «*Utvikling av et konsept på en mobil og bærekraftig hytte*». Konseptet er utviklet ved hjelp av litteratursøk og analyser. På bakgrunn av problemstillingen ble følgende spørsmål besvart:

Hvordan kan sporløst fundament løses?

Sporløs fundamentering kan løses med skruefundamentet. Skruene kan installeres med håndholdt verktøy og passer for de fleste grunnforhold og terrengtyper. Når hytta skal flyttes kan skruene enkelt demonteres og settes opp på nytt sted.

Hvordan kan en kompakt hytte utformes?

Hytta er rektangulær med to ulike takvinkler der det sørvendte taket er utformet etter optimal solvinkel. Den har et innvendig bruksareal på rundt 15 m² som inkluderer oppholdsrom med kjøkken, toalett og soveplasser. For å utnytte arealet er flere integrerte løsninger som hems og kombinert benk og sengeplass benyttet. Hytta bygges opp av bjelkelag (36 x 198 mm), bindingsverk (36 x 198 mm) og taksperrer (36 x 223 mm).

Hvilke metoder skal brukes for å frakte hytta?

For å flytte hytta fra der den bygges til utvalgt område brukes motorvogn med brønntralle. Det neste steget vil være et helikopterløft opp til hyttas midlertidige tomt.

Hvilke løsninger kan gjøre hytta bærekraftig?

Hytta benytter trematerialer i bygningskropp, plateprodukter og kledninger, mens fundamentet benytter stål fremfor betong. Den bruker pellets til oppvarming og solenergi for å produsere strøm til belysning. Minstekravene til energieffektivitet i TEK17 er fulgt for å begrense energibruken.

Naturhytta bidrar til utvikling og fornyelse av dagens hyttekultur ved at den kan deles av flere og i tillegg flyttes til områder hvor behovet er størst. Familier behøver ikke å eie sin egen hytte som står ubrukt store deler av året. Naturhytta er primitiv og gir deg mulighet til å være i naturen. Hytta kan utformes på utallige måter og dette er bare et forslag til hva den kan representere. Forslaget kan brukes som inspirasjon og til få øynene opp for løsninger for fundamentering og utforming. Skru fundamentet bør studeres nærmere slik at metoden kan brukes med større sikkerhet i områder med telefarlig grunn.

9 Referanseliste

1. Christensen AL. Ut i det fri: livet på setra, hytta og landstedet: Pax Forlag A/S; 2015.
2. Flest nye hytter i store fritidsbyggområder ssb.no: Statistisk Sentralbyrå; 2017 [14.02.2019]. Available from: <https://www.ssb.no/natur-og-miljo/artikler-og-publikasjoner/flest-nye-hytter-i-store-fritidsbyggomrader>.
3. Rye JF, Gunnerud Berg N. The second home phenomenon and Norwegian rurality. Norsk Geografisk Tidsskrift - Norwegian Journal of Geography. 2011;65(3):126-36.
4. Kommuneplanens arealdel, (2018).
5. Nasjonalparken Næringshage 2018 [02.02.2019]. Hjemmeside]. Available from: www.nasjonalparkhagen.no.
6. Grønn Fjellhageby nasjonalparkhagen.no: Nasjonalparken Næringshage; 2018 [11.12.2018]. Available from: <https://www.nasjonalparkhagen.no/gronn-fjellhageby.html#>.
7. Grønn Fjellhageby. Workshop. Google drive; 2018 13.12.2018.
8. Schild PG. 471.401 U-verdier. Vegger over terreng med bindingsverk av tre med gjennomgående stendere www.byggforsk.no: SINTEF Byggforsk; 2012 [29.03.2019]. Available from: <https://www.byggforsk.no/dokument/4045/u-verdier-vegger-over-terreng-med-bindingsverk-av-tre-med-gjennomgaaende-stendere>.
9. Norsk Prisbnok. Norsk Prisbnok [Internett]. www.norskprisbnok.no: Norsk Prisbnok; 2019 [03.05.2019]. Available from: <https://www.norskprisbnok.no/WhatIsNP.aspx>.
10. Byggteknisk Forskrift (TEK17) www.dibk.no: Direktoratet for byggkvalitet; 2018 [02.02.2019]. Available from: <https://dibk.no/byggereglene/byggteknisk-forskrift-tek17/>.
11. Graphisoft. Archicad [Internett]. www.graphisoft.no: Graphisoft; 2019 [03.05.2019]. Available from: <https://graphisoft.no/archicad/oversikt/>.
12. Aarhaug OR. Geoteknikk og fundamenteringslære 2. 7 ed. Trondheim: NKI-forlaget; 2010.
13. Christensen S, Wold M. 511.101 Byggegrunn og terreng [Internett]. www.byggforsk.no: SINTEFF Byggforsk; 2012 [updated Juni 201221.02.2019]. Available from: <https://www.byggforsk.no/dokument/240/byggegrunn-og-terreng>.
14. Edvardsen KI, Ramstad TØ. Trehus. 10 ed. Oslo: SINTEF Byggforsk; 2014.
15. Blom P, Christensen S, Karlsson N. 521.111 Golv på grunnen med ringmur. Utførelse www.byggforsk.no: SINTEF Byggforsk; 2012 [02.04.2019]. Available from: <https://www.byggforsk.no/dokument/328/golv-paa-grunnen-med-ringmur-utfoerelse>.

16. Edvardsen KI, Krohn JC. 521.203 Fundamentering med ringmur og ventilert kryperom www.byggforsk.no: SINTEF Byggforsk; 2004 [02.04.2019]. Available from: [https://www.byggforsk.no/dokument/329/fundamentering med ringmur og ventilert kryperom](https://www.byggforsk.no/dokument/329/fundamentering_med_ringmur_og_ventilert_kryperom).
17. Torgersen SE. 521.304 Pilarer av betong i telefarlig grunn www.byggforsk.no: Byggforsk; 1996 [cited 2019 12.05]. Available from: [https://www.byggforsk.no/dokument/330/pilarer av betong i telefarlig grunn](https://www.byggforsk.no/dokument/330/pilarer_av_betong_i_telefarlig_grunn).
18. Blom P. 522.355 Etasjeskiller med trebjelkelag. Varmeisolering og tetting www.byggforsk.no: SINTEF Byggforsk; 2008 [29.03.2019]. Available from: [https://www.byggforsk.no/dokument/335/etasjeskiller med trebjelkelag varmeisolering og tetting](https://www.byggforsk.no/dokument/335/etasjeskiller_med_trebjelkelag_varmeisolering_og_tetting).
19. Geving S. 523.002 Yttervegg over terreng. Egenskaper og konstruksjonsprinsipper. Krav og anbefalinger byggforsk.no: SINTEF Byggforsk; 2008 [updated Mai 200820.02.2019]. Available from: [https://www.byggforsk.no/dokument/348/yttervegger over terreng egenskaper og konstruksjonsprinsipper krav og anbefalinger](https://www.byggforsk.no/dokument/348/yttervegger_over_terreng_egenskaper_og_konstruksjonsprinsipper_krav_og_anbefalinger).
20. Prosjektering av passivhus. 2 ed. lavenergiprogrammet.no: Lavenergiprogrammet; 2013.
21. Ramstad T, Thommesen JE. 525.002 Takformer, taktyper og oppbygning byggforsk.no: SINTEF Byggforsk; 2018 [updated Februar 2018 19.02.2019]. Available from: [https://www.byggforsk.no/dokument/381/takformer taktyper og oppbygning](https://www.byggforsk.no/dokument/381/takformer_taktyper_og_oppbygning).
22. Bugten A. 533.102 Vinduer. Typer og funksjoner www.byggforsk.no: SINTEF Byggforsk; 2018 [29.03.2019]. Available from: [https://www.byggforsk.no/dokument/437/vinduer typer og funksjoner](https://www.byggforsk.no/dokument/437/vinduer_typer_og_funksjoner).
23. Hofstad K. Fornybare energikilder www.snl.no: Store Norske Leksikon; 2019 [14.02.2019]. Available from: [https://snl.no/fornybare energikilder](https://snl.no/fornybare_energikilder).
24. Hofstad K. Ikke-fornybare energikilder 2018 [21.02.2019]. Available from: [https://snl.no/ikke-fornybare energikilder](https://snl.no/ikke-fornybare_energikilder).
25. Stene J. 552.102 Romoppvarming av boliger. Prinsipper og systemer 2010 [14.02.19]. Available from: [https://www.byggforsk.no/dokument/518/romoppvarming av boliger prinsipper og systemer](https://www.byggforsk.no/dokument/518/romoppvarming_av_boliger_prinsipper_og_systemer).
26. Skjønhaug JB. 553.456 Alternative klosettanlegg www.byggforsk.no: SINTEF Byggforsk; 2006 [14.02.19]. Available from: [https://www.byggforsk.no/dokument/559/alternative klosettanlegg](https://www.byggforsk.no/dokument/559/alternative_klosettanlegg).
27. Skjønhaug JB. 515.162 Drikkevannsbrønner www.byggforsk.no: SINTEF Byggforsk; 2005 [14.02.2019]. Available from: <https://www.byggforsk.no/dokument/262/drikkevannsbroenner>.
28. Forskrift om bruk av kjøretøy Lovdata: Samferdselsdepartementet; 1990 [updated 01.01.201929.03.2019]. Available from: <https://lovdata.no/forskrift/1990-01-25-92>.

29. Edvadsen KI. 700.126 Flytting av bygninger - hele eller i store deler Byggforsk.no2017 [29.03.2019]. Available from: [https://www.byggforsk.no/dokument/633/flytting av bygninger hele eller i store deler](https://www.byggforsk.no/dokument/633/flytting_av_bygninger_hele_eller_i_store_deler)
30. Pris Helikopter Transport og Lasteflyging Hytte heliwing.no2019 [cited 2019 15.02]. Available from: <https://heliwing.no/no/home/pris-helikopter-transport-og-lasteflyging-hytte>.
31. Bærekraftig utvikling: FN-sambandet; 2019 [updated 15.01.201927.02.2019]. Available from: <https://www.fn.no/Tema/Fattigdom/Baerekraftig-utvikling>.
32. Svanæs J. Tre og miljø. Fokus på tre. 2004;8.
33. Irgens C. Råstølen sykehjem: Asplan Viak; 2014 [07.05.2019]. Available from: <https://www.asplanviak.no/case/rastolen-sykehjem/>.
34. Torgersen SE. Småhus-fundamentering. SINTEF Byggforsk; 1984.
35. Kristensen T. 471.011 U-verdier. Etasjeskillere www.byggforsk.no: SINTEF Byggforsk; 2003 [29.03.2019]. Available from: https://www.byggforsk.no/dokument/210/u-verdier_etasjeskillere.
36. Vik H. 331.130 Frittliggende hytter www.byggforsk.no: SINTEF Byggforsk; 2007 [14.02.2019]. Available from: https://www.byggforsk.no/dokument/120/frittliggende_hytter.
37. Hofstad K. Pellets - fyring SNL2018 [22.02.2019]. Available from: [https://snl.no/pellets - fyring](https://snl.no/pellets_-_fyring).
38. KRINNER Skruefundament [21.03.2019] www.skruefundament.no: KRINNER Skruefundament; [Available from: <https://www.skruefundament.no/>].
39. SINTEF Byggforsk. Hunton Stubbloft www.hunton.no: Hunton; [Available from: <https://www.hunton.no/produkter/tak/hunton-stubbloft/>].
40. Ramstad TØ. 523.251 Bindingsverk av tre i småhus. Dimensjonering og utførelse www.byggforsk.no: SINTEF Byggforsk; 2014 [29.03.2019]. Available from: [https://www.byggforsk.no/dokument/358/bindingsverk av tre i smaahus dimensjonering og utfoerelse](https://www.byggforsk.no/dokument/358/bindingsverk_av_tre_i_smaahus_dimensjonering_og_utfoerelse).
41. Kristensen T. 471.013 U-verdier. Tak www.byggforsk.no: SINTEF Byggforsk; 2003 [29.03.2019]. Available from: https://www.byggforsk.no/dokument/212/u-verdier_tak.
42. Kirkhus A. 361.215 Sanitærutstyr og plassbehov www.byggforsk.no: SINTEF Byggforsk; 2017 [29.03.2019]. Available from: [https://www.byggforsk.no/dokument/142/sanitaerutstyr og plassbehov](https://www.byggforsk.no/dokument/142/sanitaerutstyr_og_plassbehov).
43. Krohn JC. 552.135 Ildsteder og skorsteiner www.byggforsk.no: SINTEF Byggforsk; 2017 [29.03.2019]. Available from: [https://www.byggforsk.no/dokument/525/ildsteder og skorsteiner](https://www.byggforsk.no/dokument/525/ildsteder_og_skorsteiner).
44. Gulvbjelkelag mot det fri/stubbloft www.glava.no: Glava Isolasjon; [29.03.2019]. Available from: <https://www.glava.no/bygg/losninger/byggkonstruksjoner/gulv/gulvbjelkelag-mot-det-fri-stubbloft/>.

45. Orgeret KS. Kildekritikk www.snl.no: Store norske leksikon; 2018 [cited 2019 10.05]. Available from: <https://snl.no/kildekritikk>.
46. Rosvold KA. Solceller snl.no: Store Norske Leksikon; 2017 [29.03.2019]. Available from: <https://snl.no/solceller>.

10 Figurliste

Figur 1. Fokusområder i prosjektet Grønn Fjellhageby. (7).....	3
Figur 2. Nøkkelord som er utgangspunktet for Naturhytta, utarbeidet på workshop 2 i prosjektet Grønn Fjellhageby.	4
Figur 3. Skisse og idétegning av Naturhytta. (7)	5
Figur 4. Prinsipiell oppbygning av gulv på grunnen med ringmur. (15).....	14
Figur 5. Prinsipiell oppbygning av ringmur med ventilert kryperom. (14).....	15
Figur 6. Pilar ført ned til frostfri dybde og forankret mot løftekrefter. (17).....	16
Figur 7. Prinsipiell oppbygning av gulvkonstruksjon mot det fri. (18).....	18
Figur 8. Prinsipiell oppbygning av en robust yttervegg med totrinnstetning og utføring. (19)	18
Figur 9. Noen vanlige typer stendere brukt i energieffektive. Fra venstre: Delt bindingsverk, isolert stender, sammenlimte lameller, stender av I-profil (20).....	19
Figur 10. I et sperretak ligger all isolasjonen i skråtaket og da kan dampspærren gå kontinuerlig. (4)	20
Figur 11. Utforming av et rettventd kompakt tak hvor isolasjonen er plassert mellom to tette sjikt. (4)	21
Figur 12. Statnett har utviklet spesielle jernbanevogner som skal tåle hele 210 tonn belastning. Dimensjonen som kan fraktes på jernbanevognen vises i figuren. (28)	25
Figur 13. Bilde av konseptet Naturhytta, plassert i skoggrensa på Oppdal. Bildet er rendret med BIM-verktøyet Archicad.	43
Figur 14. Kartutsnitt over område 1 hentet fra NGU sitt kartgrunnlag. Den gule fargen viser at området består av elveavsetninger.	44
Figur 15. Kartutsnitt over område 2 hentet fra NGU sitt kartgrunnlag. Den mørkegrønne fargen viser at området består av tykk morene.....	45
Figur 16. Skruefundamentet blir festet til en stålramme under hytta. Stålrammen er bygd opp av sveisede HE140A bjelker og er festet til bjelkelaget til hytta.	46
Figur 17. Overgang bjelkelag/yttervegg fra vedlegg A.6.2.	48
Figur 18. Overgang yttervegg/tak/hems fra vedlegg A.6.3.	49

Figur 19. Mønedetalj fra vedlegg A.6.4 viser at taket er utformet med to ulike takvinkler for å legge solcellepanelet i optimal solvinkel.	50
Figur 20. Møbleringsplan for hovedetasje og hems, angitt med bruksareal fra vedlegg A.2.3. .	52
Figur 21. Bilde av oppholdsrommet med åpen løsning som inkluderer kjøkkenbenk, klappbord, benk/seng og hems fra vedlegg A.5.4.....	53
Figur 22. Apollo 11 på månen i 1969, med «bein» som fundament.....	64
Figur 23. Prinsippskisse av innovativ fundamenteringsmetode inspirert av Apollo 11.	65

11 Tabelliste

Tabell 1: Forklaring på tegnbruken i analysekapittelet.....	9
Tabell 2: Eksempel på kriterietabell brukt i analysekapittelet.....	10
Tabell 3: Maksimal tillatt spenning for ulike jordarter. Det er forutsatt at grunnvannet er minimum en meter under laveste fundamentnivå. (13).....	12
Tabell 4: Bestemmelser i «Forskrift om bruk av kjøretøy», hentet fra Statens vegvesen (27).	24
Tabell 5: Visualisering og oppsummering av kriterier for fundamentering.	29
Tabell 6: Visualisering og oppsummering av kriterier for gulvkonstruksjon.	30
Tabell 7: Visualisering og oppsummering av kriterier for ytterveggkonstruksjoner.	31
Tabell 8: Visualisering og oppsummering av kriterier for takkonstruksjoner.....	32
Tabell 9: Visualisering og oppsummering av kriterier for vinduer.....	32
Tabell 10: Visualisering og oppsummering av kriterier for strømalternativer.....	34
Tabell 11: Visualisering og oppsummering av kriterier for oppvarmingsalternativer.....	36
Tabell 12: Visualisering og oppsummering av kriterier for klosett.	38
Tabell 13: Visualisering og oppsummering av kriterier for transportalternativer.	39
Tabell 14: Bruksområde og bakgrunn for valg av materialer/produkter.	51

VEDLEGG

Naturhytta – en mobil og bærekraftig hytte

Mai 2019

Sondre Kristiansen
Haavard Vedelden Nøst
Arne Engravslia Jenssen

Innholdsfortegnelse

1. Artikkel	
2. Plakat	
A. Tegninger	
1 Konstruksjon	
1.1. Fundamentplan.....	
1.2. Bjelkelagsplan.....	
1.3. Festing fundament/bjelkelag.....	
1.4. Stenderplan	
1.5. Bjelkelagsplan, hems	
1.6. Stenderplan, hems	
1.7. Takplan	
1.8. Nordfasade	
1.9. Sørfasade.....	
1.10. Østfasade	
1.11. Vestfasade	
2 Plantegninger	
2.1. Arbeidstegning.....	
2.2. Arbeidstegning, hems	
2.3. Møbeleringsplan	
3 Snitt	
3.1. Snitt A.....	
3.2. Snitt B	
4 Fasader	
4.1. Fasade Nord og Øst.....	
4.2. Fasade Sør og Vest	
5 3D Tegninger	
5.1. 3D Fundamenttegning.....	
5.2. 3D Bindingsverk 1	
5.3. 3D Bindingsverk 2	
5.4. 3D Innvendig 1	
5.5. 3D Innvendig 2	
5.6. 3D Innvendig 3	
5.7. 3D Innvendig 4	
5.8. 3D Utvendig 1	
5.9. 3D Utvendig 2.....	
5.10. 3D Utvendig 3	

6	Detaljer.....	
6.1.	Fundamentdetalj.....	
6.2.	Overgang bjelkelag/yttervegg.....	
6.3.	Overgang yttervegg/hems/tak.....	
6.4.	Mønedetalj.....	
6.5.	Vindusinnsetting vertikal.....	
6.6.	Vindusinnsetting horisontal.....	
6.7.	Dørinnsetting.....	
B.	Tabeller.....	
1	Kriterier.....	
1.1.	Fundament.....	
1.2.	Gulv.....	
1.3.	Yttervegg.....	
1.4.	Tak.....	
1.5.	Vindu.....	
1.6.	Strøm.....	
1.7.	Oppvarming.....	
1.8.	Klosett.....	
1.9.	Fra byggehall til utvalgt område.....	
2	Produkter.....	
2.1.	Strøm.....	
2.2.	Oppvarming.....	
2.3.	Klosett.....	
2.4.	Øvrige produkter.....	
C.	Tabeller.....	
1	Prisberegning.....	
2	Vektberegning.....	
D.	Diverse.....	
1	E-post fra QPS Trading AS (importør av skruefundamentet).....	
2	Skisse av innovasjonsfundamentet.....	

Naturhytta – en moderne hyttedrøm

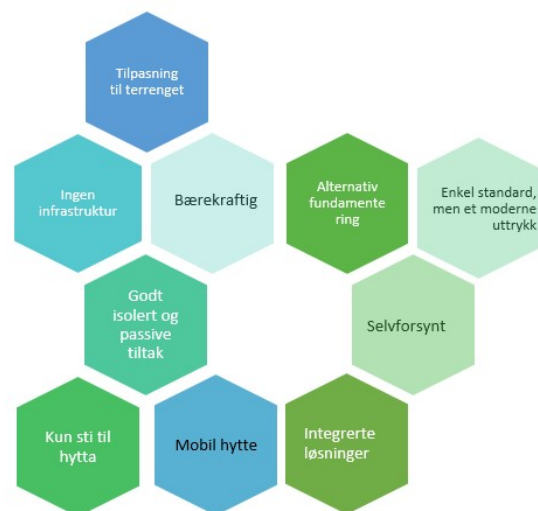
Det finnes flere utfordringer med dagens hyttekultur. De siste tiårene er det bygget hytter like store som primærboliger og med samme standard som hjemme. Folk vil også ha hytte ved havet, i skogen og på fjellet. Dette er ikke bærekraftig. Finnes det en løsning på disse utfordringene?

Prosjektet Grønn Fjellhageby

Oppdal kommune jobber mot et kunnskapsløft som vil bidra til å finne løsninger på disse utfordringene og samtidig skape et bedre samarbeid med private aktører. En av samarbeidspartnerne er Nasjonalparken Næringshage. Deres mål er å legge til rette for vekst og utvikling i regionen. De har opprettet ulike innovasjonsprogrammer som bidrar til utvikling av oppstartmiljø og bedriftsfellesskap. Grønn Fjellhageby er et av prosjektene til Nasjonalparken Næringshage hvor det skal utvikles konsept for fritidshytter med vekt på bærekraft både i bygg, bruk og omgivelser. En av idéene i prosjektet er Naturhytta; en selvforsynt, mobil hytte som kan flyttes fra skoggrensen til elvebredden. Hytta er beregnet for midlertidig opphold og kan flyttes flere ganger i året. Dette er bakgrunnen for oppgaven en bachelorgruppe på byggingeniør ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU) har jobbet med våren 2019. Ut ifra idéen om Naturhytta har gruppen formulert følgende problemstilling: «Utvikling av et konsept på en mobil og bærekraftig hytte». Gruppen har kommet med et forslag til hvordan Naturhytta kan se ut og hvilke elementer hytta skal bestå av.

Innovativ oppgave

Oppgaven belyste flere utfordringer som måtte løses ved å tenke nytt. Det viste seg tidlig at hytta måtte fraktes ut til ønsket plassering i naturen ved hjelp av helikopter. Helikoptre i Norge har en løftekapasitet på maksimalt fire tonn og dette skapte en naturlig vektbegrensning i prosjekteringen av hytta. En annen utfordring var hvordan fundamenteringen kunne løses. Det var et ønske fra Nasjonalparken Næringshage at fundamenteringen skulle være tilnærmet sporløs. Det betyr at det ikke skal være spor etter hytta når man flytter den fra plasseringen i skogen og videre til neste sted. I dag finnes det få utprøvde løsninger på dette problemet. Hvilke løsninger som kan gjøre hytta selvforsynt og bærekraftig var også relevant å se på for å skape et helhetlig, holdbart konsept.



Figur 1. Nøkkelord som er utgangspunktet for Naturhytta, utarbeidet på workshop 2 i prosjektet Grønn Fjellhageby.

Naturhytta

Konseptet er utviklet ved hjelp av litteratursøk og analyser. Noen kriterier ble vektlagt mer enn andre. Når hver kilo og kvadratmeter teller ble vekt og plassbehov spesielt prioritert. Miljøvennlige løsninger ble også valgt der det var mulig. På bakgrunn av denne analysen ble løsninger valgt og satt sammen til en hytte.

Som fundamenteringsmetode gikk gruppen for en form for pælefundament kalt skruefundament. Dette fundamentet er enkelt å montere, flytte til nytt sted og gir tilnærmet sporløs fundamentering. Skruene monteres med håndholdt utstyr og passer for alle bærende jordtyper. Det er også mulig å endre høyden på de individuelle skruene slik at hytta ikke trenger å stå i planert terreng. Etter skruene er montert kan hytta flys inn med helikopter og festes. Som en følge av vektreduserende løsninger er vekten til hytta under fire tonn, noe som gjør at den kan flyttes med helikopter. Lengden, bredden og høyden til hytta er henholdsvis 6,00 m, 3,25 m og 4,04 m. Dette gjør at den kan flyttes med trailer, på brønntralle uten spesielle tiltak. Hytta har fire sengeplasser.



Figur 2. Visualisering av hytta

Dette er gjort mulig ved bruk av flere integrerte løsninger som hems, kombinert benk/seng og klappbord. Hytta er selvforsynt med strøm ved hjelp av solcellepanel. Den bruker pelletsovn til oppvarming og forbrenningsklosett som toalett.

Behov for forbedringer

Det finnes flere usikkerheter i Naturhytta. Skruefundamentet er lite utprøvd i Norge og det er vanskelig å si hvordan setninger og telehiv vil påvirke det. Hytta og fundamentet er ment for midlertidig opphold og det kan derfor vise seg at dette ikke blir et betydelig problem. Med et bruksareal på 14,7 m² og hems kan det bli i det minste laget for fire personer. Derfor vil det være en fordel å dra på tur med gode venner. Det er trolig at hytten vil være mer egnet i fremtiden av flere grunner. Om materialene blir lettere, solcellepanelene mer effektive og skruefundamentet blir nærmere testet i nordisk klima er det mulig å lage et bedre og mer holdbart konsept. Til tross for utfordringene og begrensningene føler gruppen at konseptet er gjennomførbart og det er mulig å bruke det videre i arbeidet med prosjektet Grønn Fjellhageby.

Gruppen håper at forslaget kan være til nytte for flere aktører, enten det er Nasjonalparken Næringshage, Den Norske Turistforeningen (DNT) eller andre hytteutbyggere. Dette nytenkende konseptet kan være et svar på utfordringene i dagens hyttekultur.

NATURHYTTA

EN MOBIL OG BÆREKRAFTIG HYTTE

The Cabin of Nature – a transportable and sustainable cabin



Figur 1 og 2. Visualisering fra innsiden av hytta. Kombinert benk og sengeplass.

Problemstilling:

«Utvikling av et konsept på en mobil og bærekraftig hytte»

Utfordringer

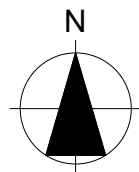
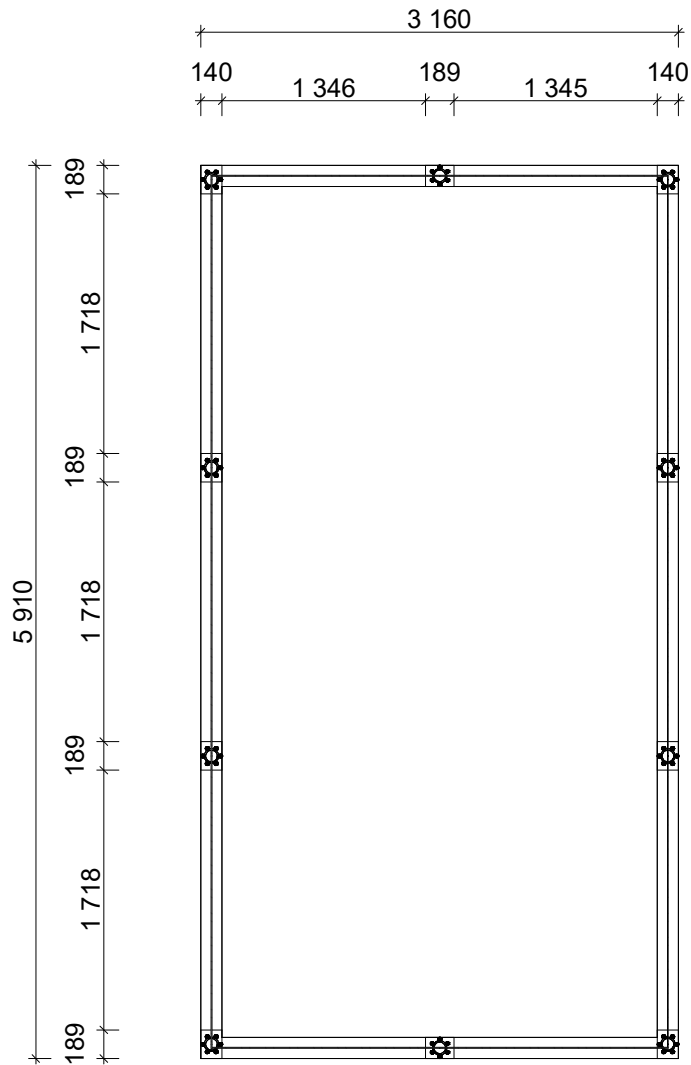
- Hvordan kan sporløs fundamentering løses?
- Hvordan kan en kompakt og mobil hytte utformes?
- Hvilke metoder skal brukes for å frakte hytta?
- Hvilke løsninger kan gjøre hytta bærekraftig?

Løsning

- Hytta bruker skruefundament som er lett å installere og flytte. Det gir minimalt avtrykk i naturen.
- Hytta har et bruksareal på omtrent 15 m² og bruker flere integrerte løsninger for å oppnå fire sengeplasser.
- Trailer med brønntralle og helikopter skal brukes for å frakte hytta fra byggehall til naturen. Størrelse og vekt er tatt hensyn til for å sikre mobilitet.
- Bruk av miljøvennlige materialer og løsninger som solcellepanel gjør hytta bærekraftig.



Figur 3. Visualisering fra utsiden av hytta.



Bacheloroppgave 2019:

Naturhytta



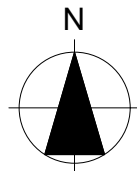
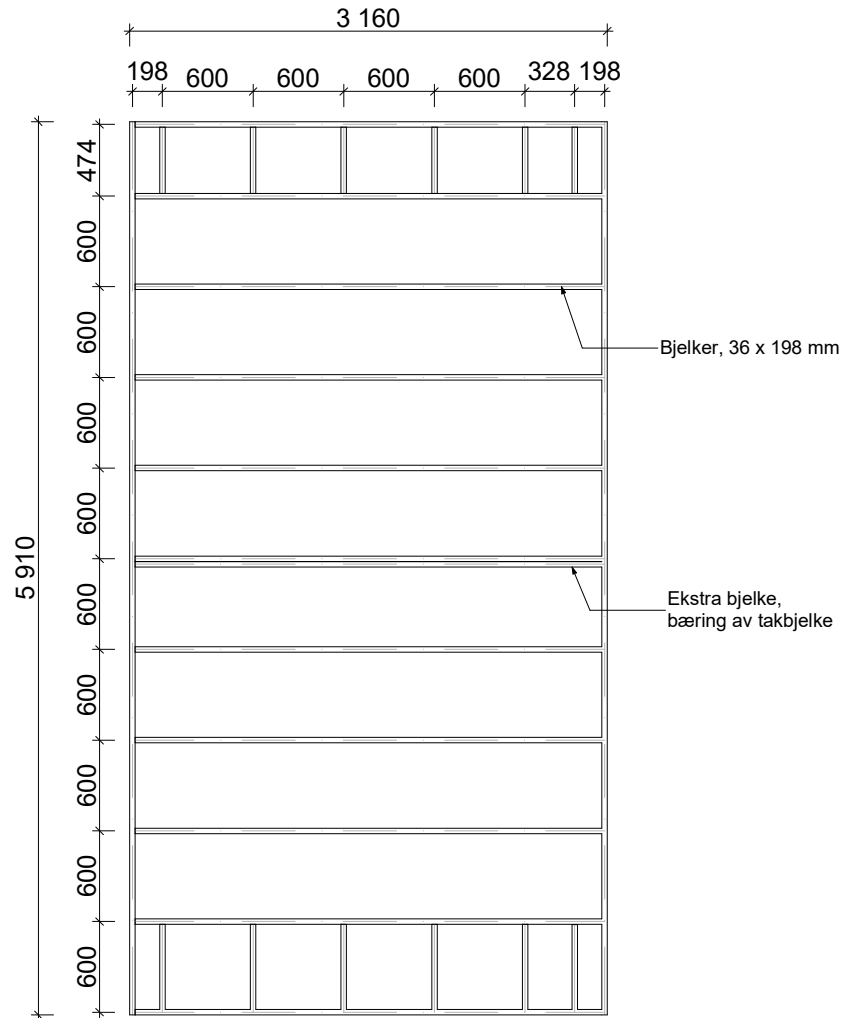
Prosjekterende:
Gruppe 10, NTNU
 Arkitekt Chrities gate 2
 7012 Trondheim

Dato:
02.04.2019

Tegning:
Fundamentplan

Målestokk:
1:50

Tegningsnr.:
A.1.1



Bacheloroppgave 2019:
Naturhytta



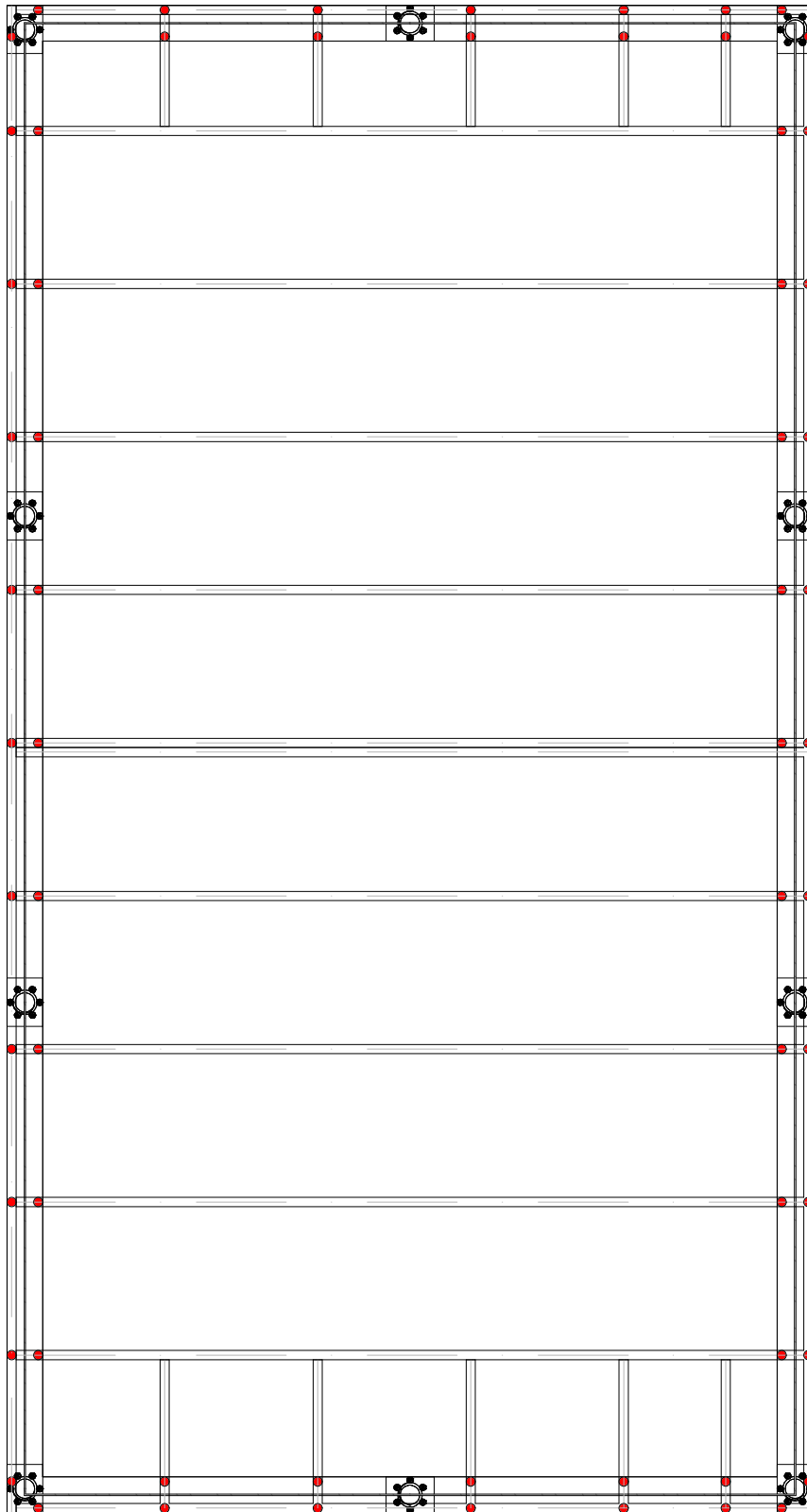
Prosjekterende:
Gruppe 10, NTNU
Arkitekt Chrities gate 2
7012 Trondheim

Dato:
14.05.2019

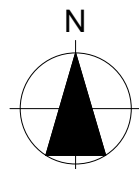
Tegning:
Bjelkelagsplan

Målestokk:
1:50

Tegningsnr.:
A.1.2

**Symbol:**

- Festing mellom fundament og bjelkelag



Bacheloroppgave 2019:

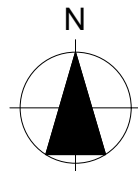
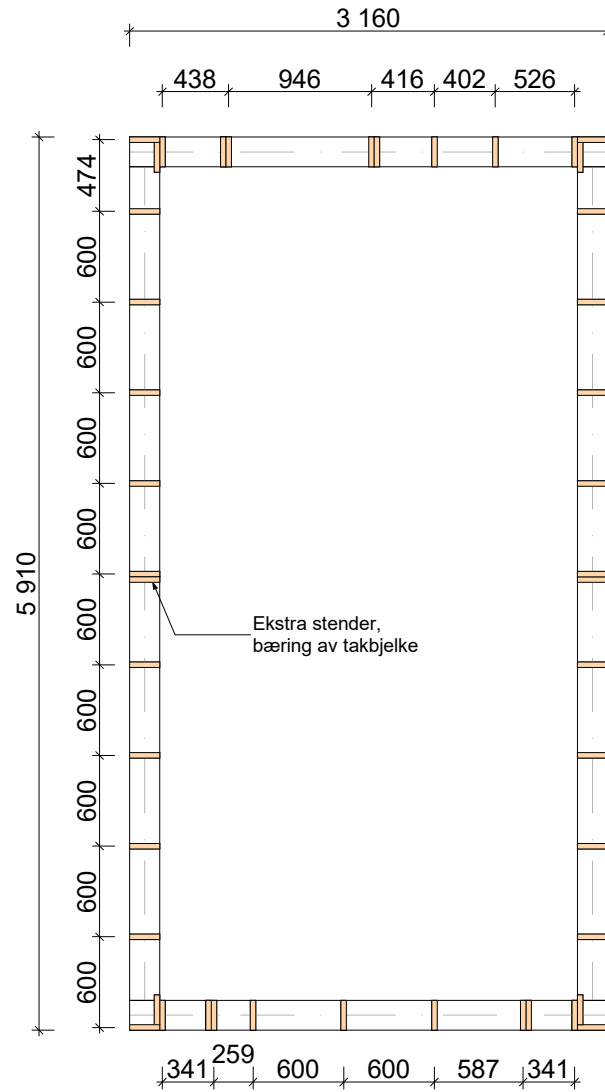
Naturhytta

Prosjekterende:
Gruppe 10, NTNU
Arkitekt Chrities gate 2
7012 Trondheim

Dato:
16.05.2019

Tegning:
**Festing
fundament/bjelkelag**

Målestokk:
Illustrasjon
Tegningsnr.:
A.1.3



Bacheloroppgave 2019:
Naturhytta



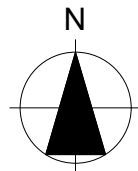
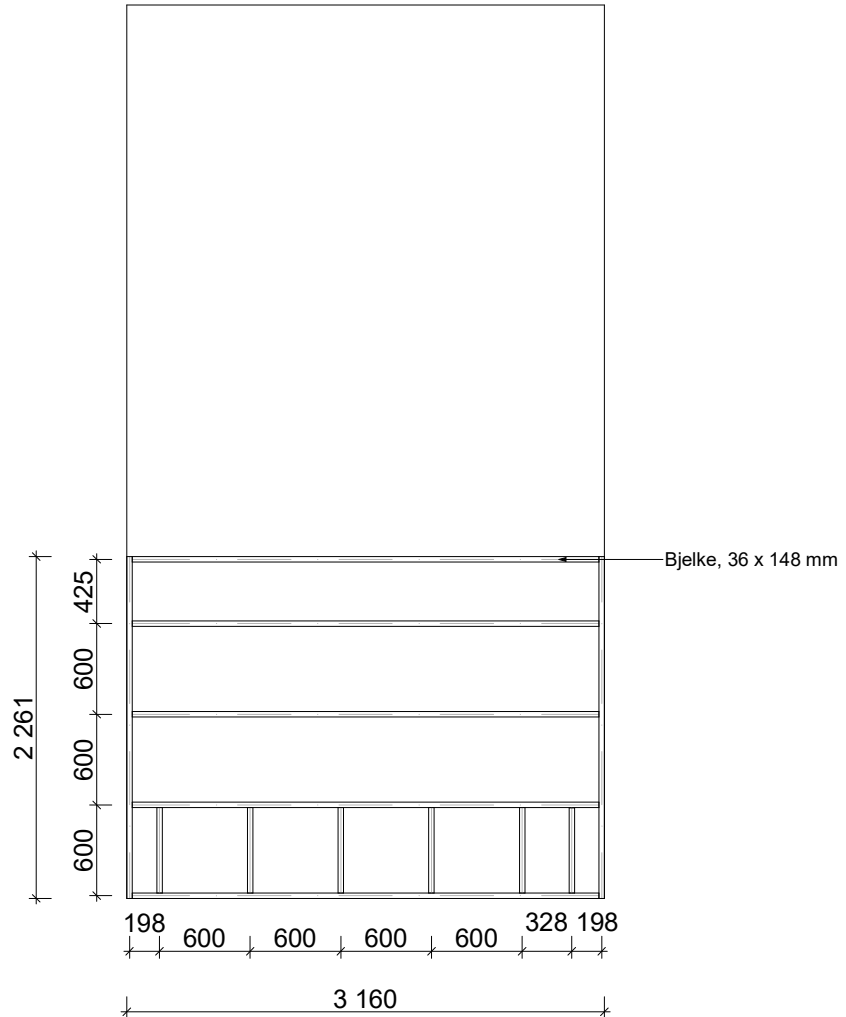
Prosjekterende:
Gruppe 10, NTNU
Arkitekt Chrities gate 2
7012 Trondheim

Dato:
03.04.2019

Tegning:
Stenderplan

Målestokk:
1:50

Tegningsnr.:
A.1.4



Bacheloroppgave 2019:
Naturhytta



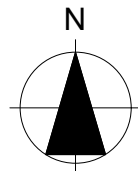
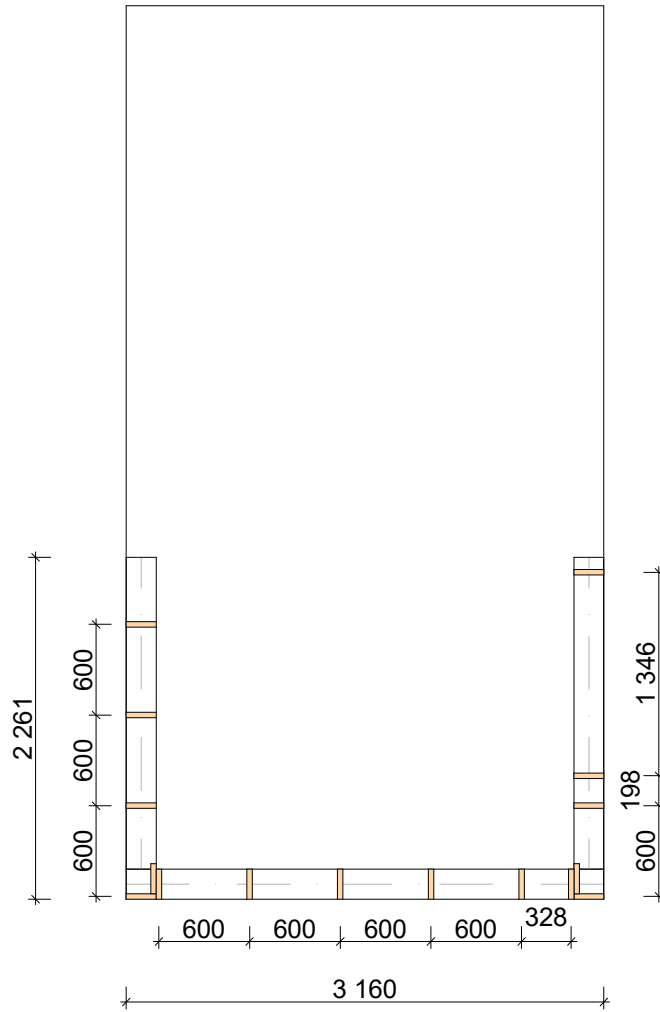
Prosjekterende:
Gruppe 10, NTNU
Arkitekt Chrities gate 2
7012 Trondheim

Dato:
14.05.2019

Tegning:
Bjelkelagsplan, hems

Målestokk:
1:50

Tegningsnr.:
A.1.5



Bacheloroppgave 2019:
Naturhytta



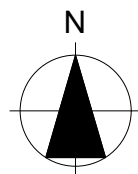
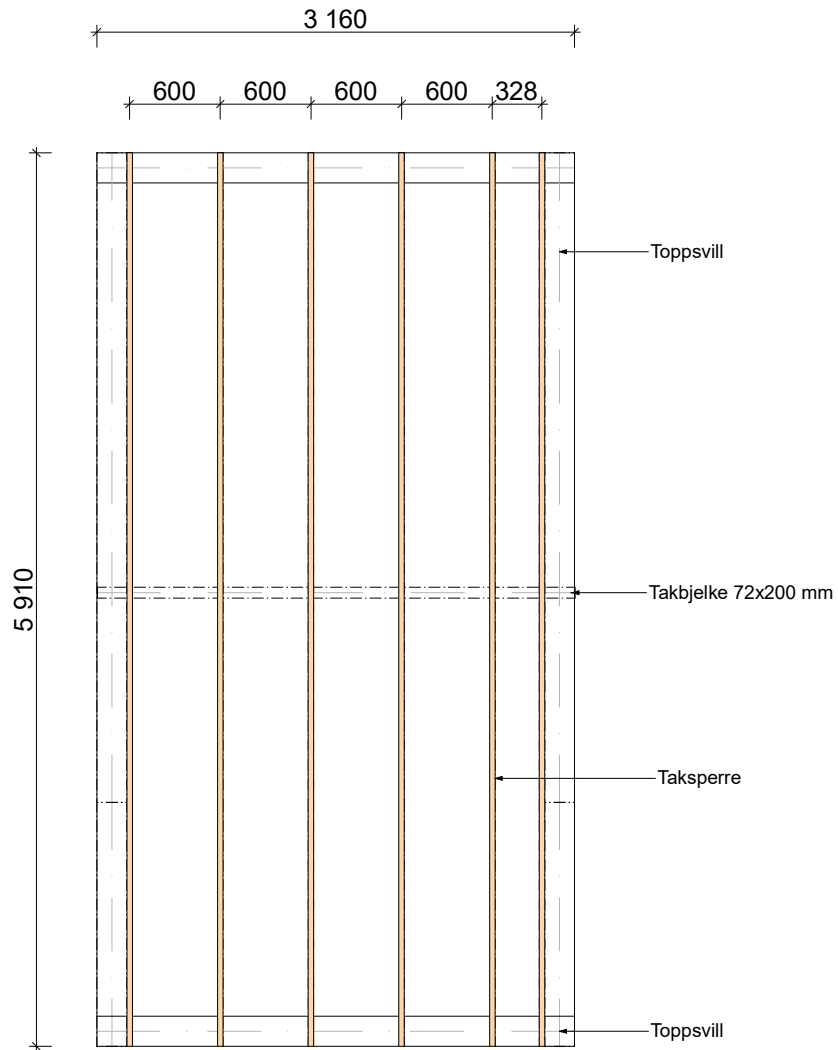
Prosjekterende:
Gruppe 10, NTNU
Arkitekt Chrities gate 2
7012 Trondheim

Dato:
03.04.2019

Tegning:
Stenderplan, hems

Målestokk:
1:50

Tegningsnr.:
A.1.6



Bacheloroppgave 2019:
Naturhytta



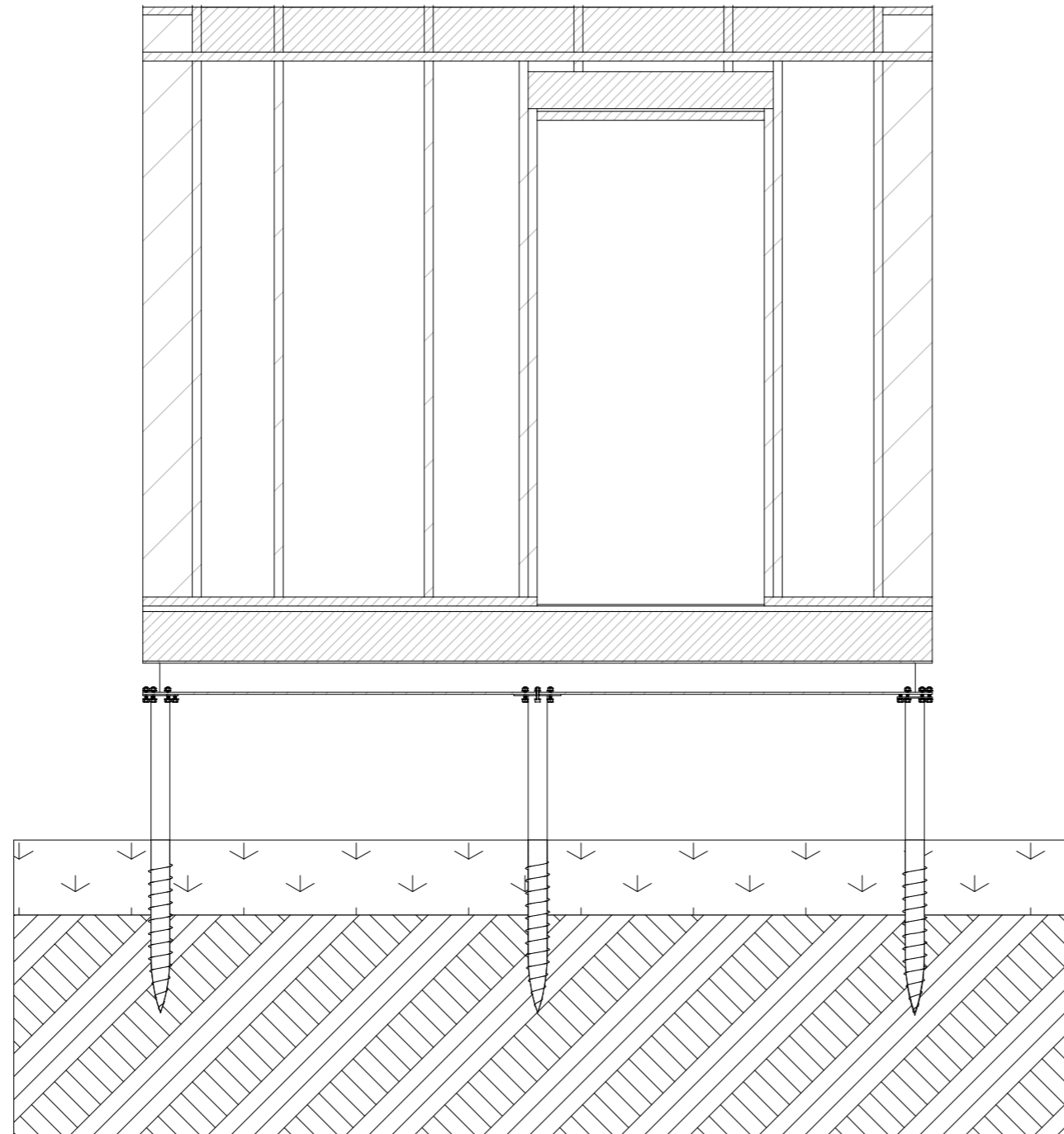
Prosjekterende:
Gruppe 10, NTNU
Arkitekt Chrities gate 2
7012 Trondheim

Dato:
03.04.2019

Tegning:
Takplan

Målestokk:
1:50

Tegningsnr.:
A.1.7



Bacheloroppgave 2019:
Naturhytta



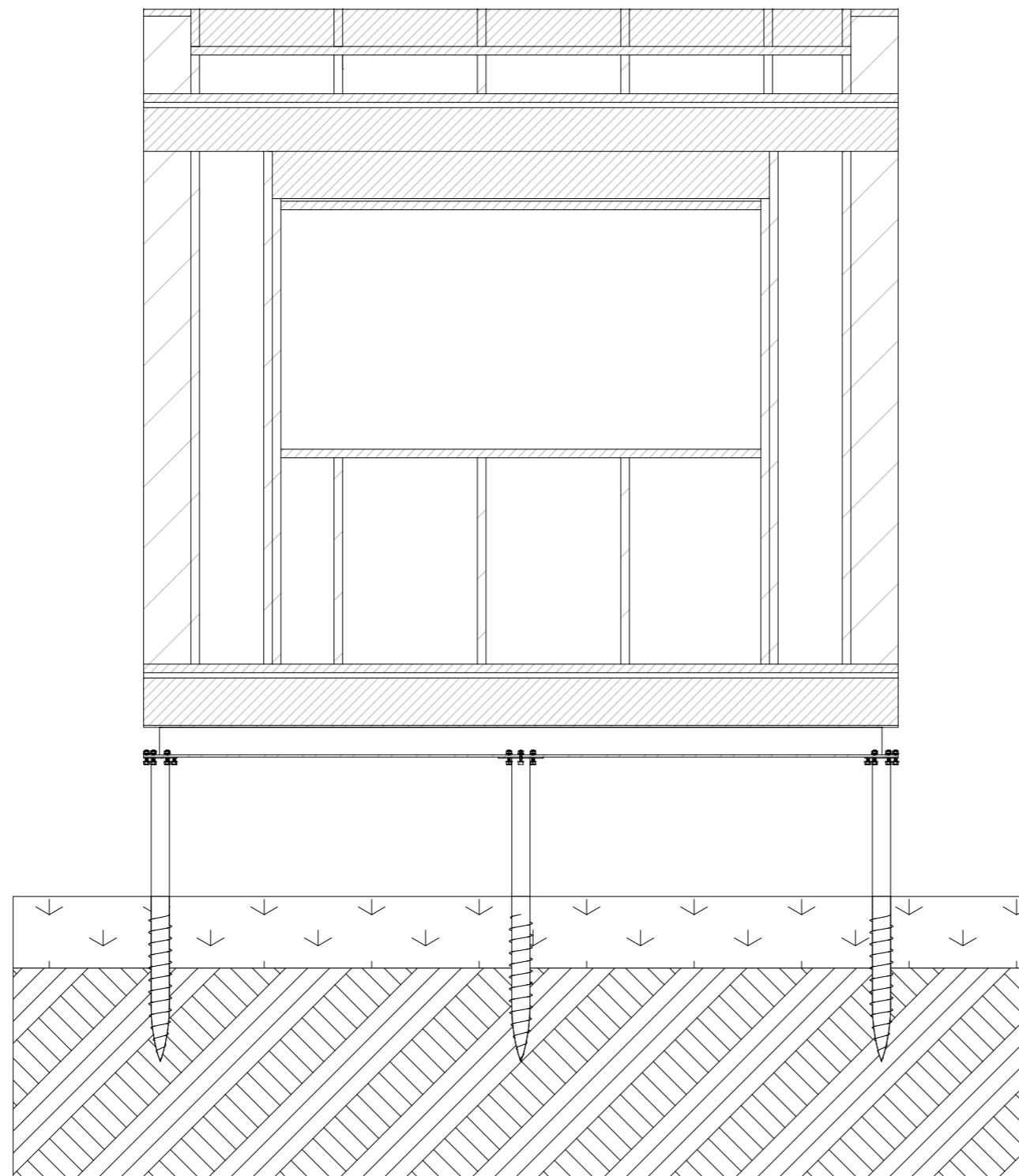
Prosjekterende:
Gruppe 10, NTNU
 Arkitekt Chrities gate 2
 7012 Trondheim

Dato:
05.05.2019

Tegning:
Nordfasade

Målestokk:
1:25

Tegningsnr.:
A.1.8



Bacheloroppgave 2019:
Naturhytta



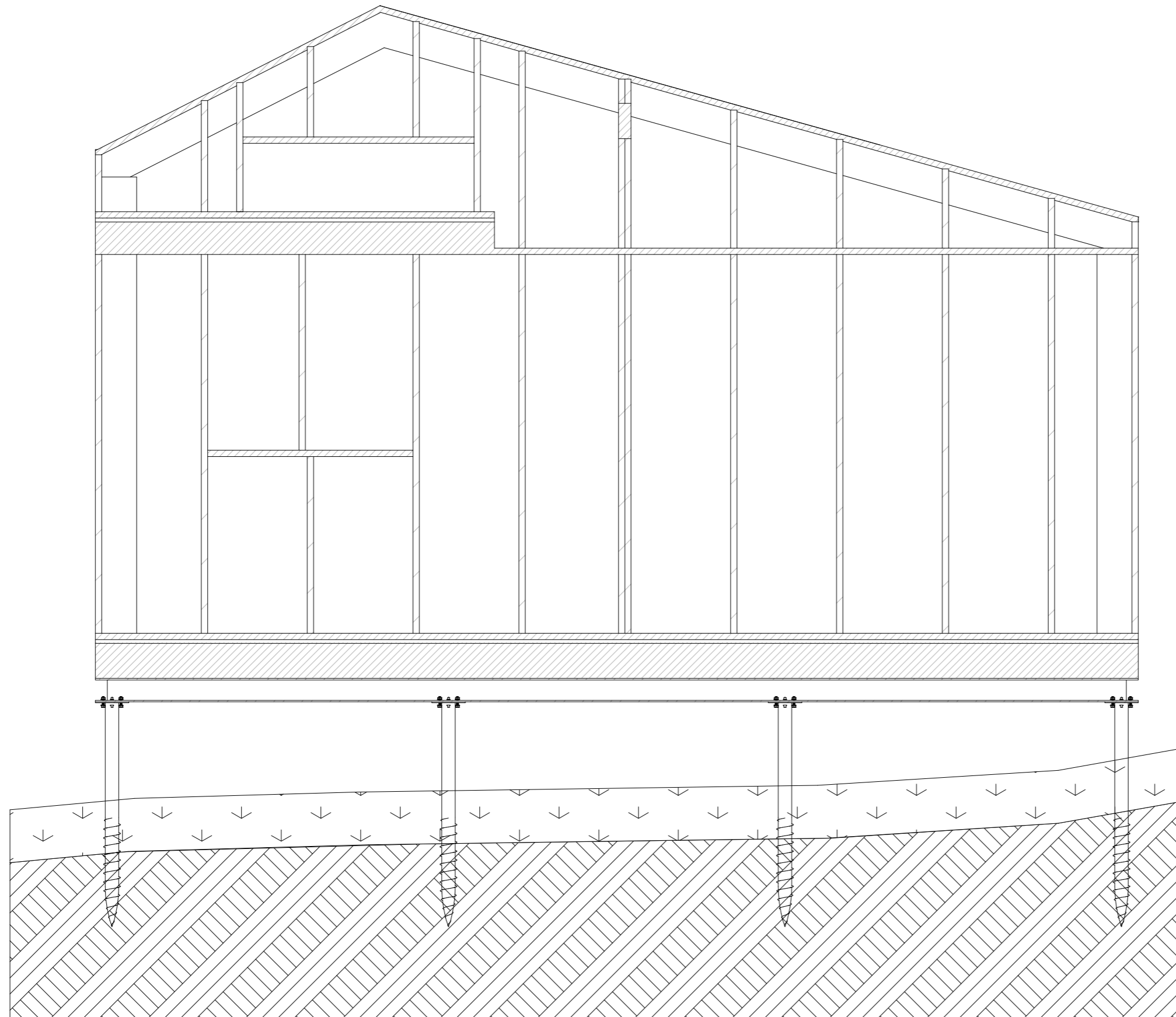
Prosjekterende:
Gruppe 10, NTNU
 Arkitekt Chrities gate 2
 7012 Trondheim

Dato:
05.05.2019

Tegning:
Sørfasade

Målestokk:
1:25

Tegningsnr.:
A.1.9



Bacheloroppgave 2019:
Naturhytta



Prosjekterende:
Gruppe 10, NTNU
 Arkitekt Chrities gate 2
 7012 Trondheim

Dato:
04.04.2019

Tegning:
Østfasade

Målestokk:
1:25

Tegningsnr.:
A.1.10



Bacheloroppgave 2019:
Naturhytta



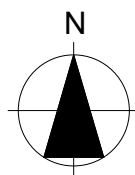
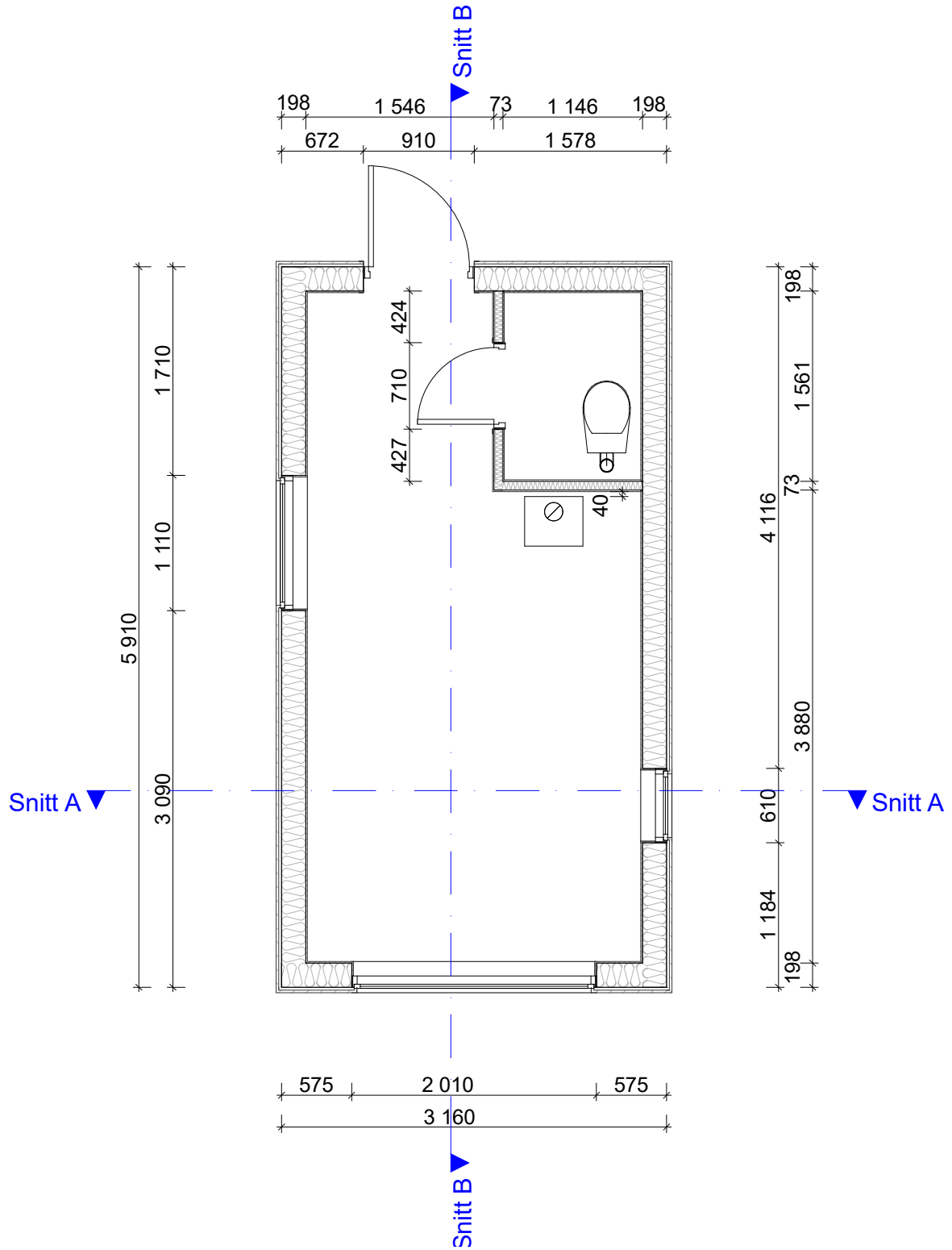
Prosjekterende:
Gruppe 10, NTNU
 Arkitekt Chrities gate 2
 7012 Trondheim

Dato:
04.04.2019

Tegning:
Vestfasade

Målestokk:
1:25

Tegningsnr.:
A.1.11



Bacheloroppgave 2019:
Naturhytta

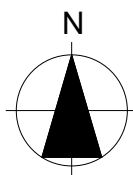
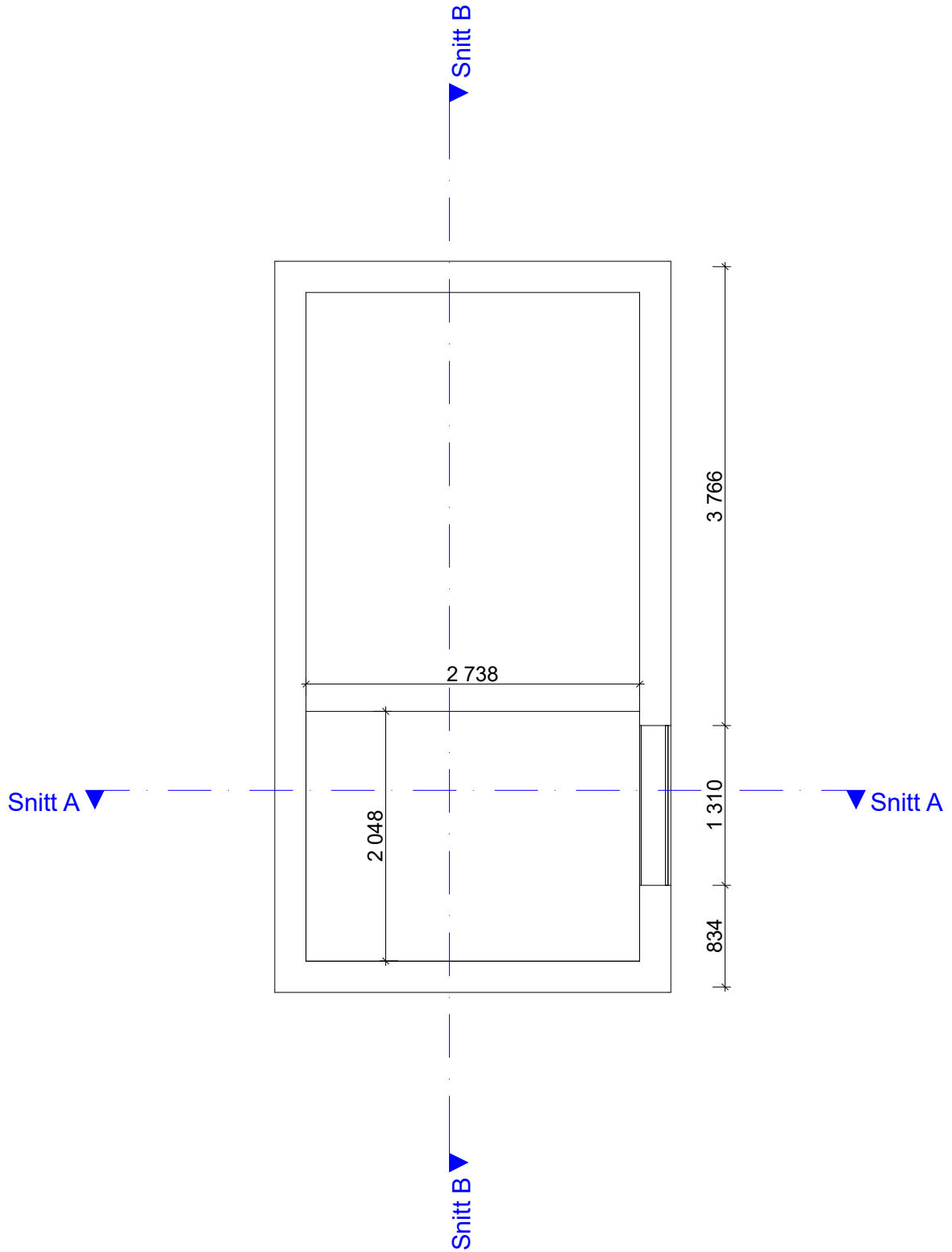


Prosjekterende:
Gruppe 10, NTNU
Arkitekt Chrities gate 2
7012 Trondheim

Dato:
02.04.2019

Tegning:
Arbeidstegning

Målestokk:
1:50
Tegningsnr.:
A.2.1



Bacheloroppgave 2019:
Naturhytta



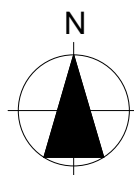
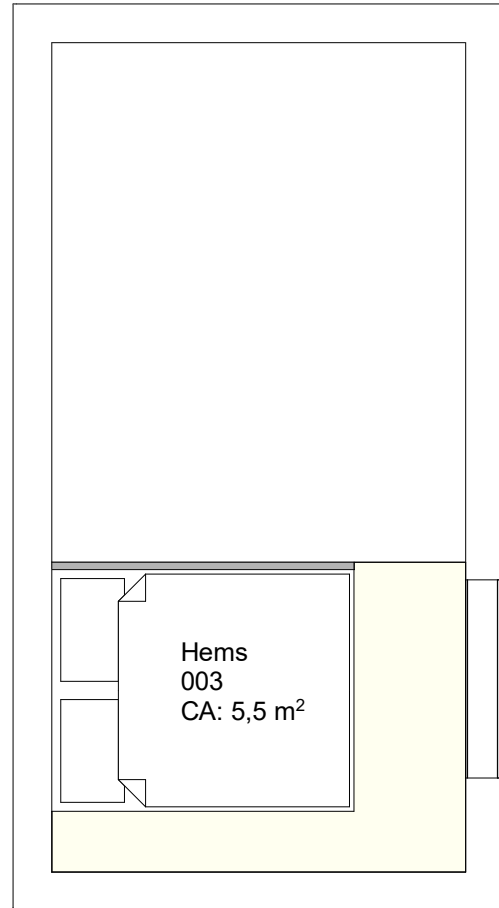
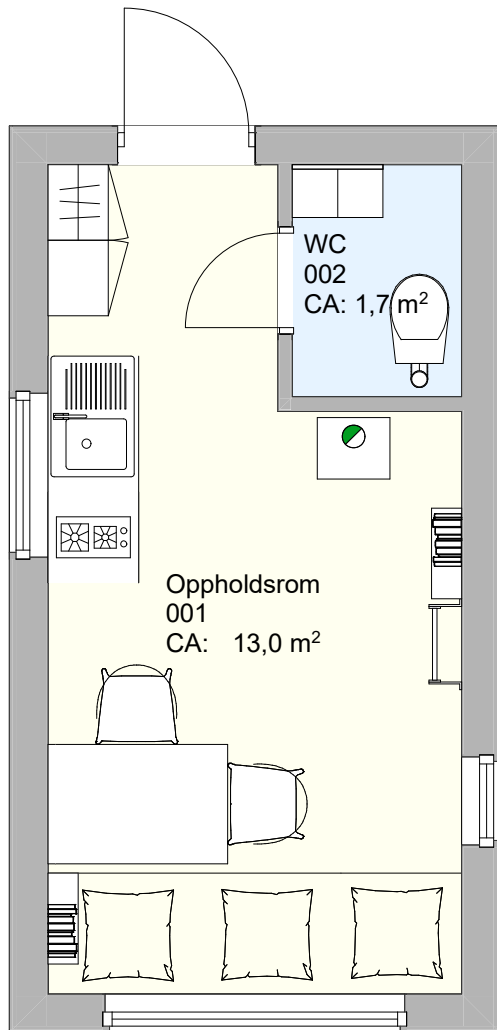
Prosjekterende:
Gruppe 10, NTNU
Arkitekt Chrities gate 2
7012 Trondheim

Dato:
02.04.2019

Tegning:
Arbeidstegning hems

Målestokk:
1:50

Tegningsnr.:
A.2.2



Bacheloroppgave 2019:
Naturhytta

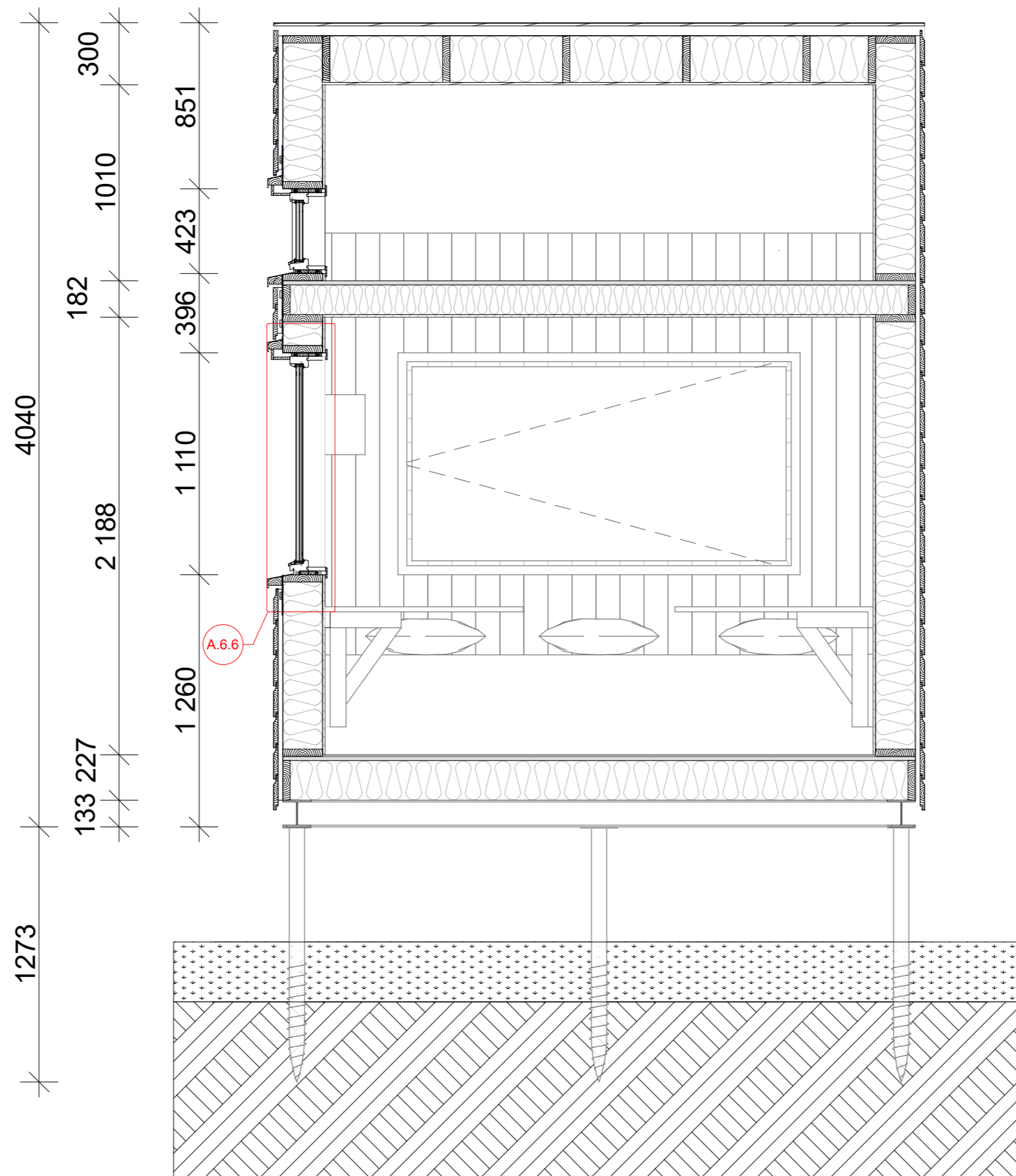


Prosjekterende:
Gruppe 10, NTNU
Arkitekt Chrities gate 2
7012 Trondheim

Dato:
02.04.2019

Tegning:
Møbleringsplan

Målestokk:
1:50
Tegningsnr.:
A.2.3



Bacheloroppgave 2019:
Naturhytta



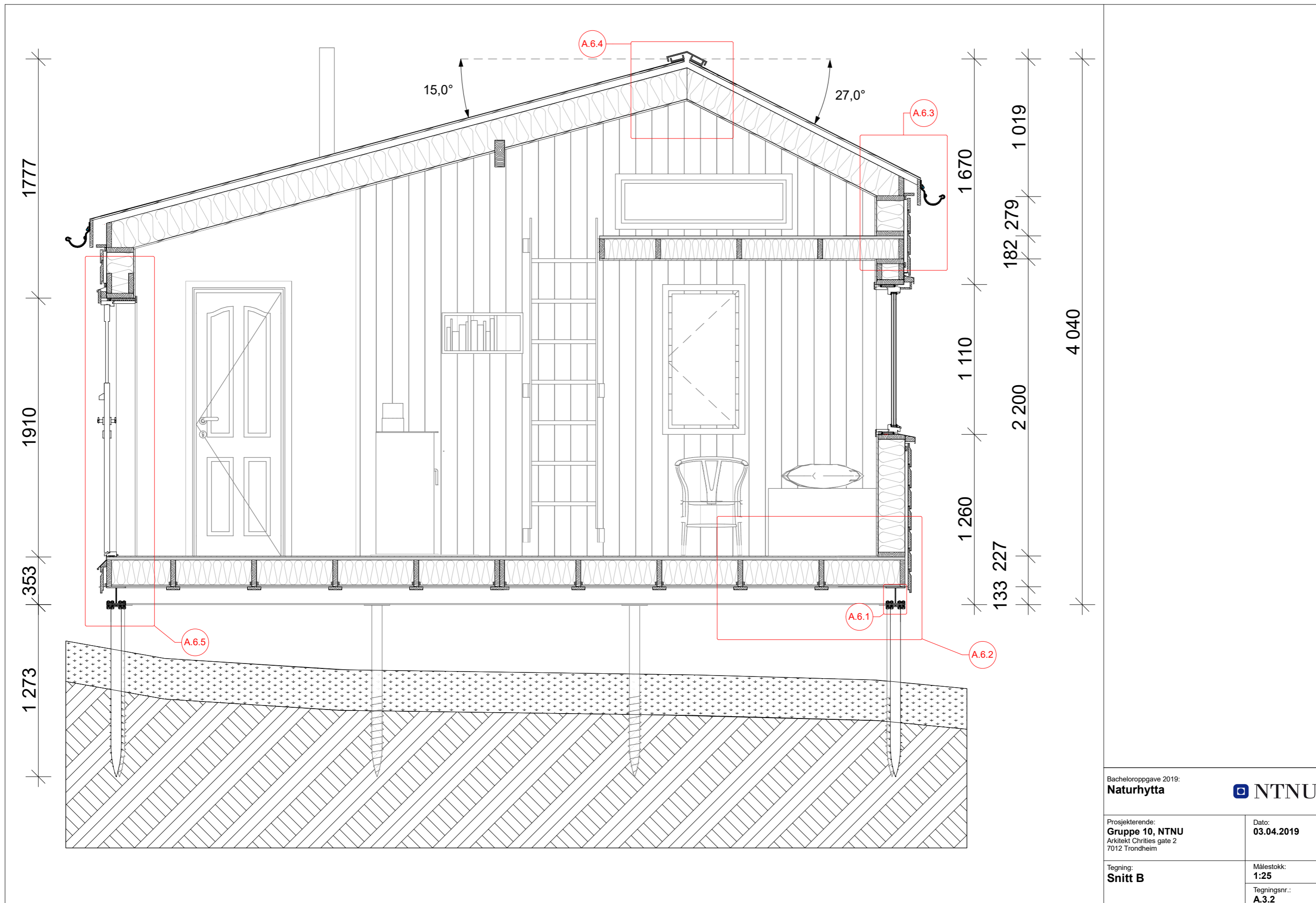
Prosjekterende:
Gruppe 10, NTNU
Arkitekt Chrities gate 2
7012 Trondheim

Dato:
04.04.2019

Tegning:
Snitt A

Målestokk:
1:25

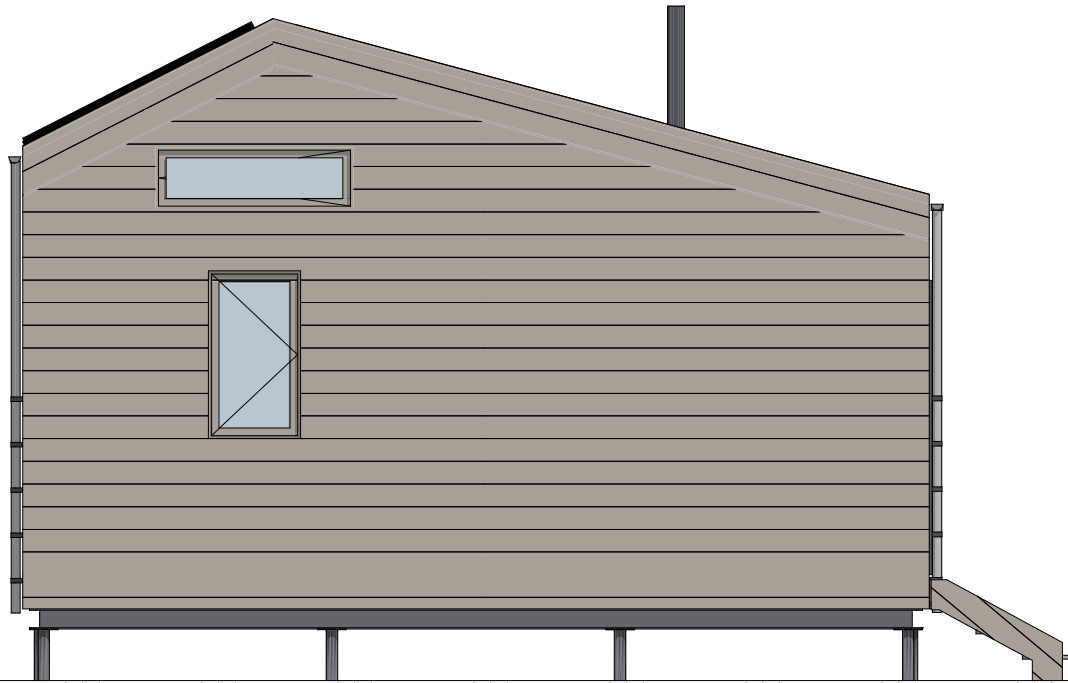
Tegningsnr.:
A.3.1



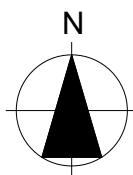
Bacheloroppgave 2019: Naturhytta		
Prosjekterende: Gruppe 10, NTNU Arkitekt Chrities gate 2 7012 Trondheim	Dato: 03.04.2019	
Tegning: Snitt B	Målestokk: 1:25	
	Tegningsnr.: A.3.2	



1:50 Fasade Nord



1:50 Fasade Øst



Bacheloroppgave 2019:
Naturhytta



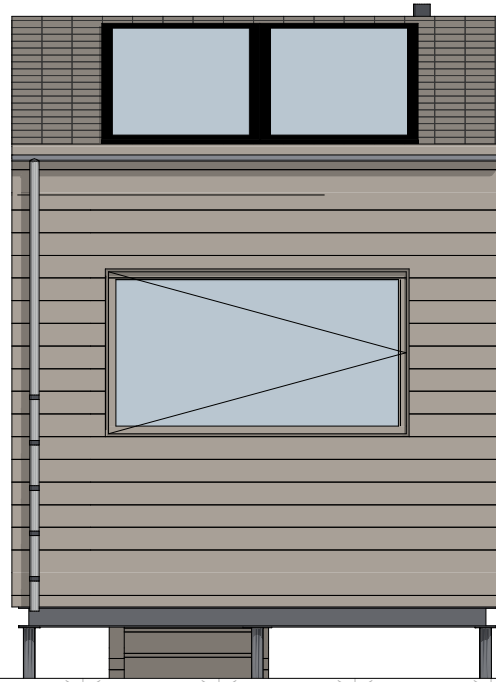
Prosjekterende:
Gruppe 10, NTNU
Arkitekt Chrities gate 2
7012 Trondheim

Dato:
02.04.2019

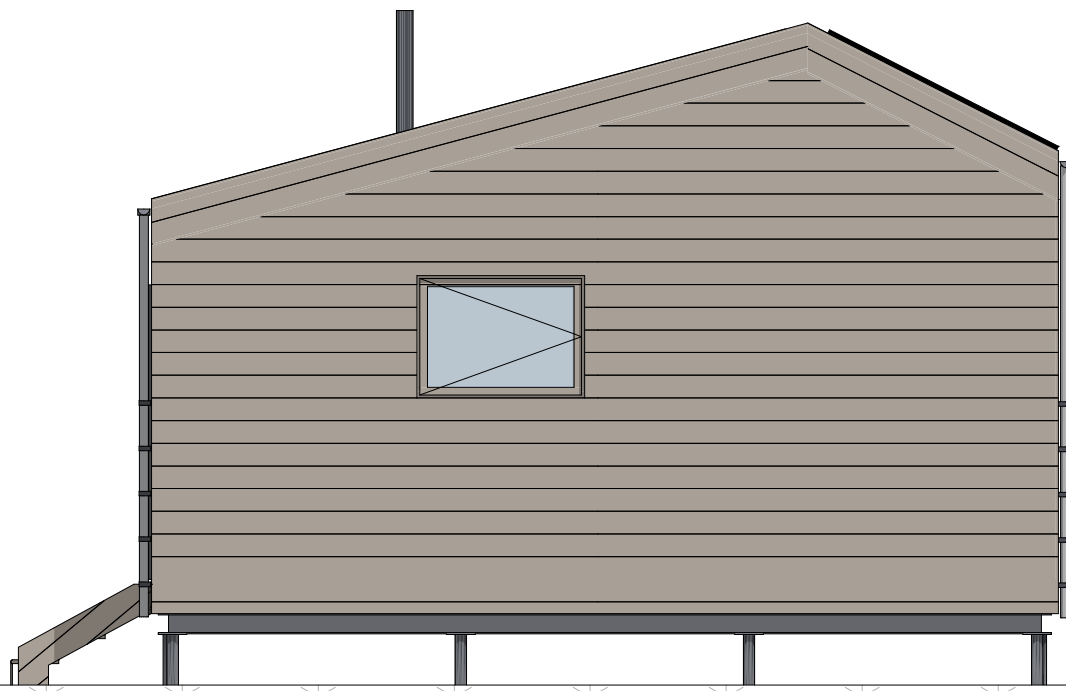
Tegning:
Fasade Nord og Øst

Målestokk:
1:50

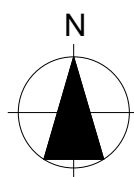
Tegningsnr.:
A.4.1



1:50 Fasade Sør



1:50 Fasade Vest



Bacheloroppgave 2019:
Naturhytta



Prosjekterende:
Gruppe 10, NTNU
Arkitekt Chrities gate 2
7012 Trondheim

Dato:
02.04.2019

Tegning:
Fasade Sør og Vest

Målestokk:
1:50

Tegningsnr.:
A.4.2



Bacheloroppgave 2019:
Naturhytta



Prosjekterende:
Gruppe 10, NTNU
Arkitekt Chrities gate 2
7012 Trondheim

Dato:
02.04.2019

Tegning:
3D Fundamenttegning

Tegningsnr.:
A.5.1



Bacheloroppgave 2019:
Naturhytta



Prosjekterende:
Gruppe 10, NTNU
Arkitekt Chrities gate 2
7012 Trondheim

Dato:
14.05.2019

Tegning:
3D Bindingsverk 1

Målestokk:
Illustrasjon

Tegningsnr.:
A.5.2



Bacheloroppgave 2019:
Naturhytta



Prosjekterende:
Gruppe 10, NTNU
Arkitekt Chrities gate 2
7012 Trondheim

Dato:
14.05.2019

Tegning:
3D Bindingsverk 2

Målestokk:
Illustrasjon

Tegningsnr.:
A.5.3



Bacheloroppgave 2019:
Naturhytta



Prosjekterende:
Gruppe 10, NTNU
Arkitekt Chrities gate 2
7012 Trondheim

Dato:
02.04.2019

Tegning:
3D Innvendig 1

Tegningsnr.:
A.5.4



Bacheloroppgave 2019:
Naturhytta



Prosjekterende:
Gruppe 10, NTNU
Arkitekt Chrities gate 2
7012 Trondheim

Dato:
02.04.2019

Tegning:
3D Innvendig 2

Tegningsnr.:
A.5.5



Bacheloroppgave 2019:
Naturhytta



Prosjekterende:
Gruppe 10, NTNU
Arkitekt Chrities gate 2
7012 Trondheim

Dato:
02.04.2019

Tegning:
3D Innvendig 3

Tegningsnr.:
A.5.6



Bacheloroppgave 2019:
Naturhytta

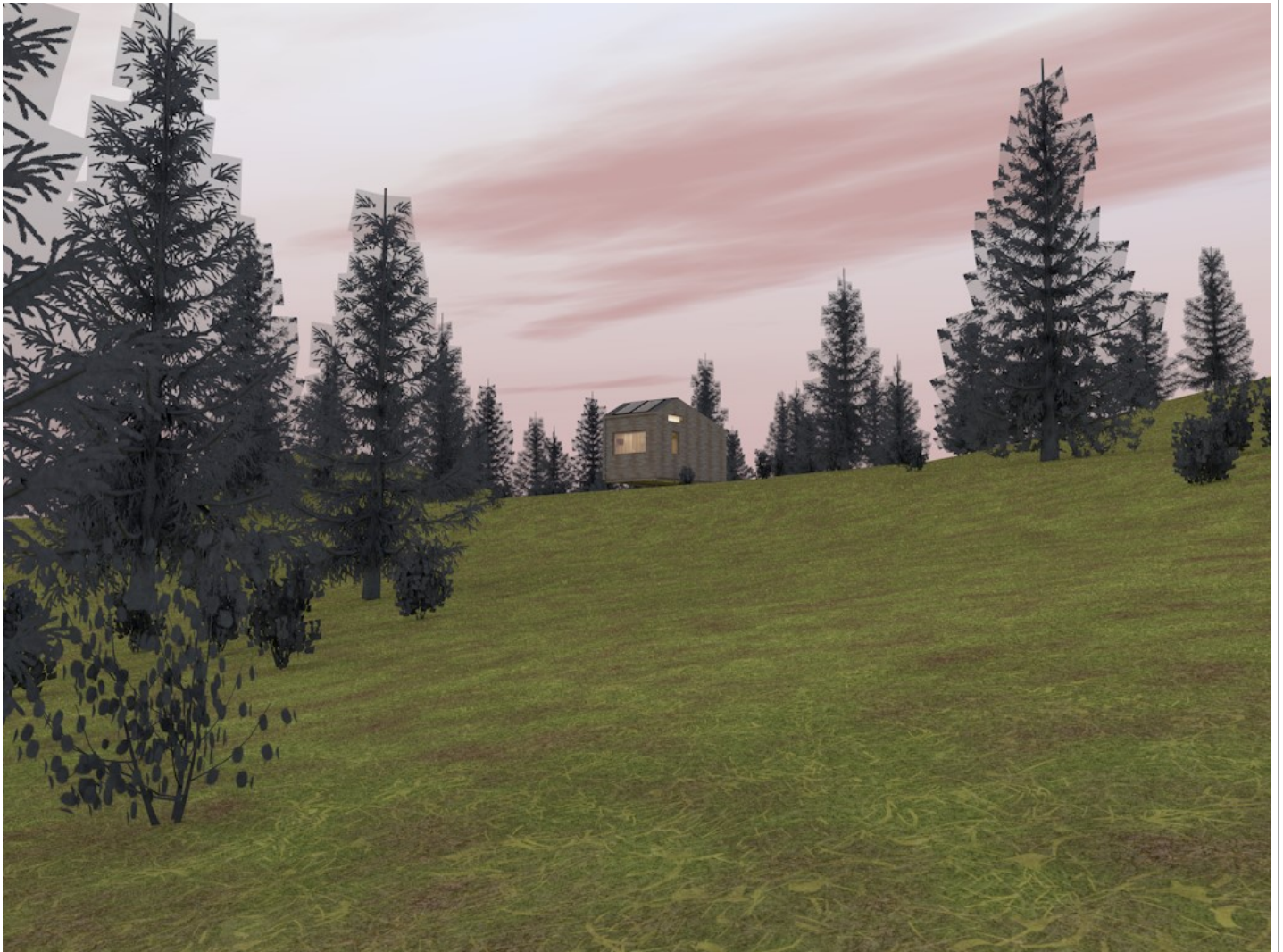


Prosjekterende:
Gruppe 10, NTNU
Arkitekt Chrities gate 2
7012 Trondheim

Dato:
02.04.2019

Tegning:
3D Innvendig 4

Tegningsnr.:
A.5.7



Bacheloroppgave 2019:
Naturhytta

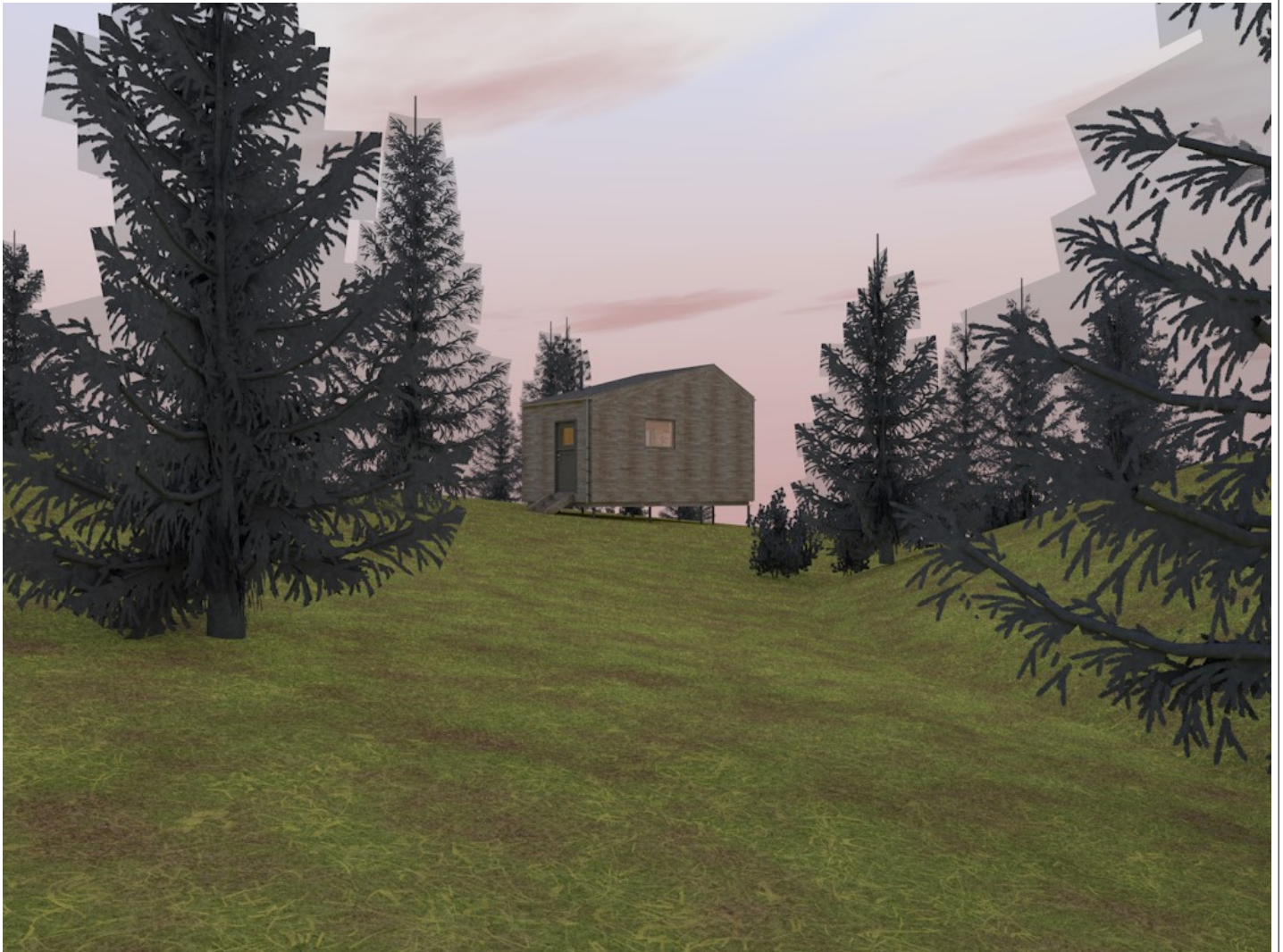


Prosjekterende:
Gruppe 10, NTNU
Arkitekt Chrities gate 2
7012 Trondheim

Dato:
02.04.2019

Tegning:
3D Utvendig 1

Tegningsnr.:
A.5.8



Bacheloroppgave 2019:
Naturhytta



Prosjekterende:
Gruppe 10, NTNU
Arkitekt Chrities gate 2
7012 Trondheim

Dato:
02.04.2019

Tegning:
3D Utvendig 2

Tegningsnr.:
A.5.9



Bacheloroppgave 2019:
Naturhytta

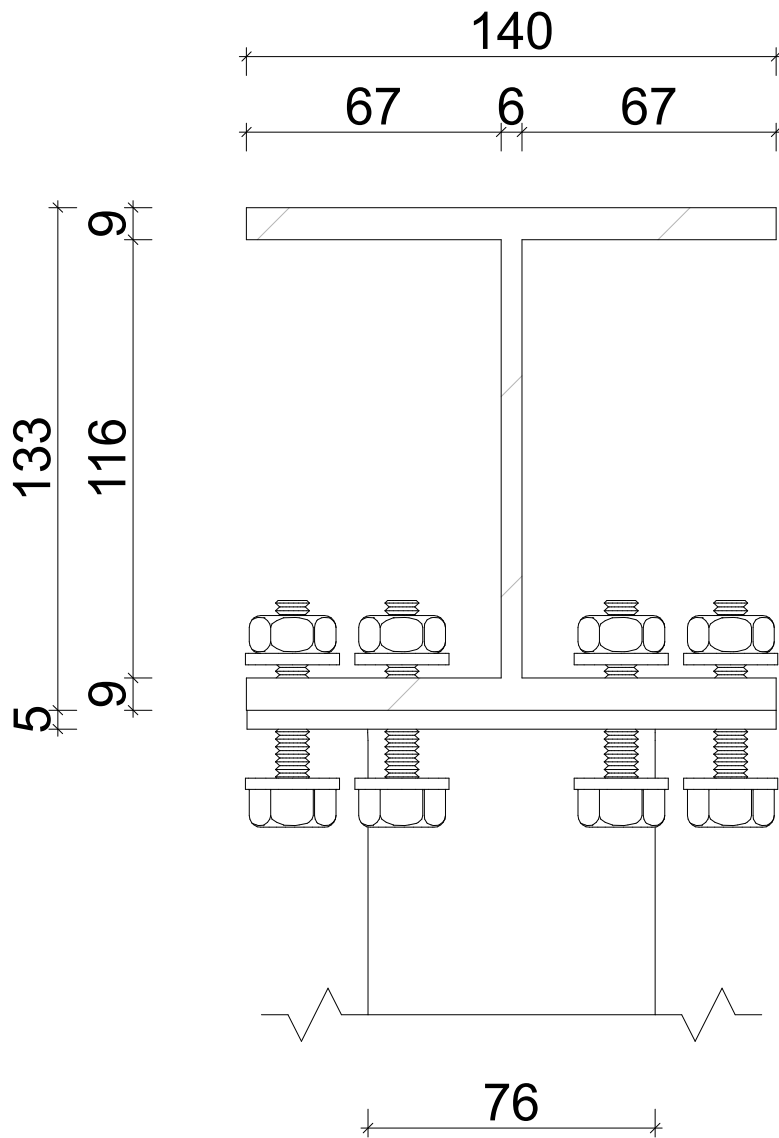


Prosjekterende:
Gruppe 10, NTNU
Arkitekt Chrities gate 2
7012 Trondheim

Dato:
02.04.2019

Tegning:
3D Utvendig 3

Tegningsnr.:
A.5.10



Bacheloroppgave 2019:
Naturhytta

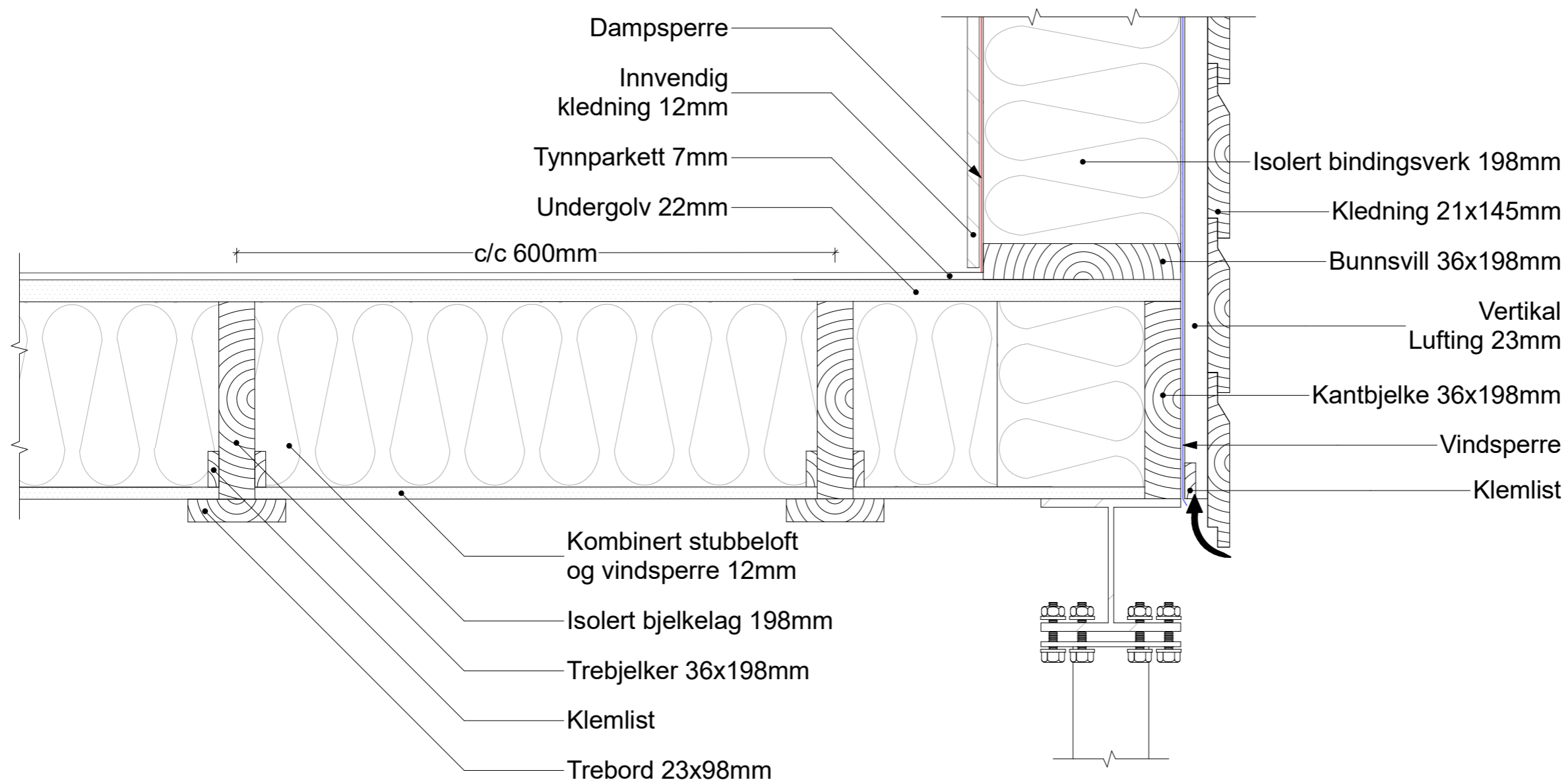


Prosjekterende:
Gruppe 10, NTNU
Arkitekt Chrities gate 2
7012 Trondheim

Dato:
02.04.2019

Tegning:
Fundamentdetalj

Målestokk:
1:2
Tegningsnr.:
A.6.1



Bacheloroppgave 2019:
Naturhytta

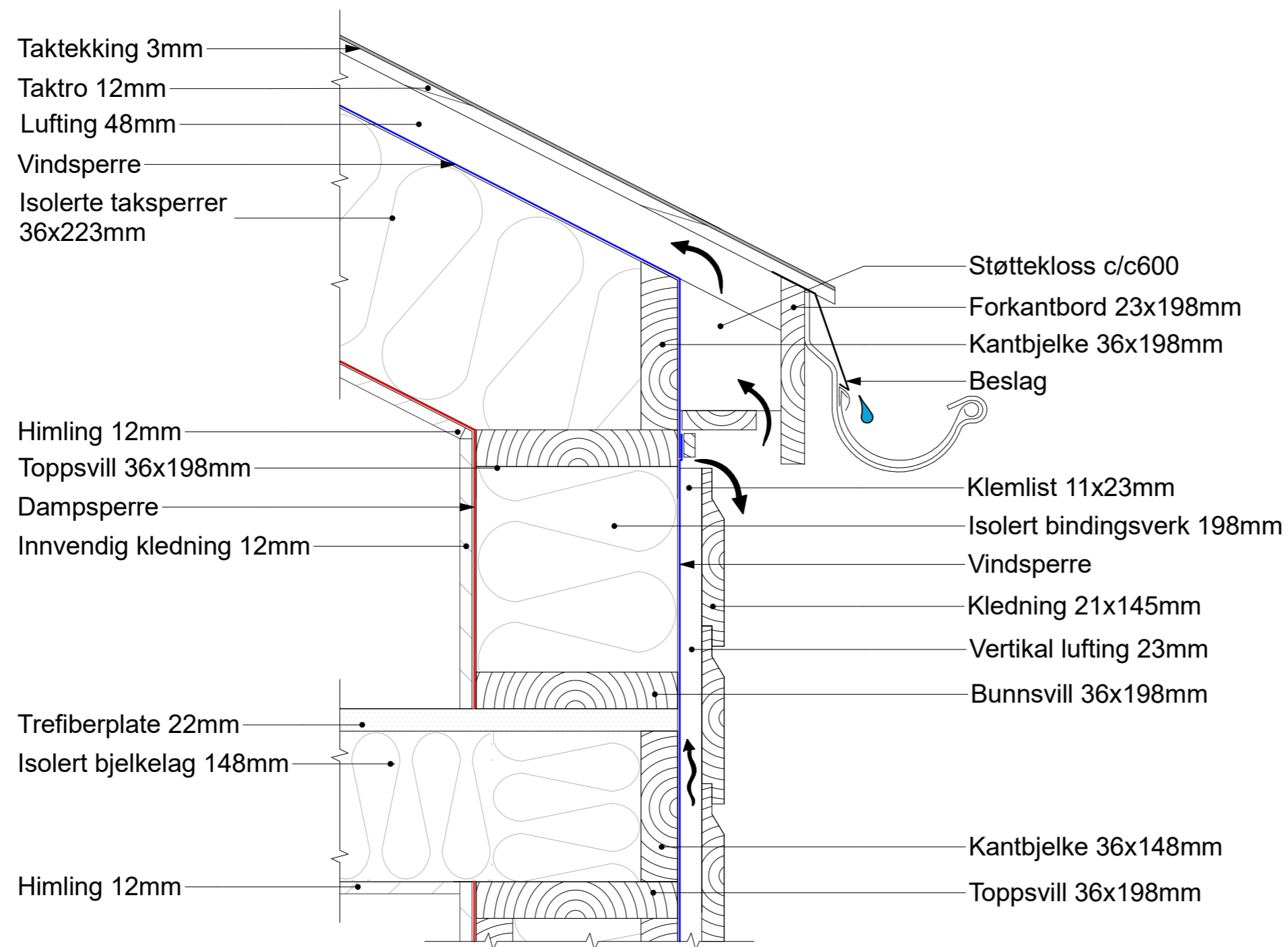


Prosjekterende:
Gruppe 10, NTNU
Arkitekt Chrities gate 2
7012 Trondheim

Dato:
13.05.2019

Tegning:
**Overgang
bjelkelag/yttervegg**

Målestokk:
1:5
Tegningsnr.:
A.6.2



Bacheloroppgave 2019:
Naturhytta

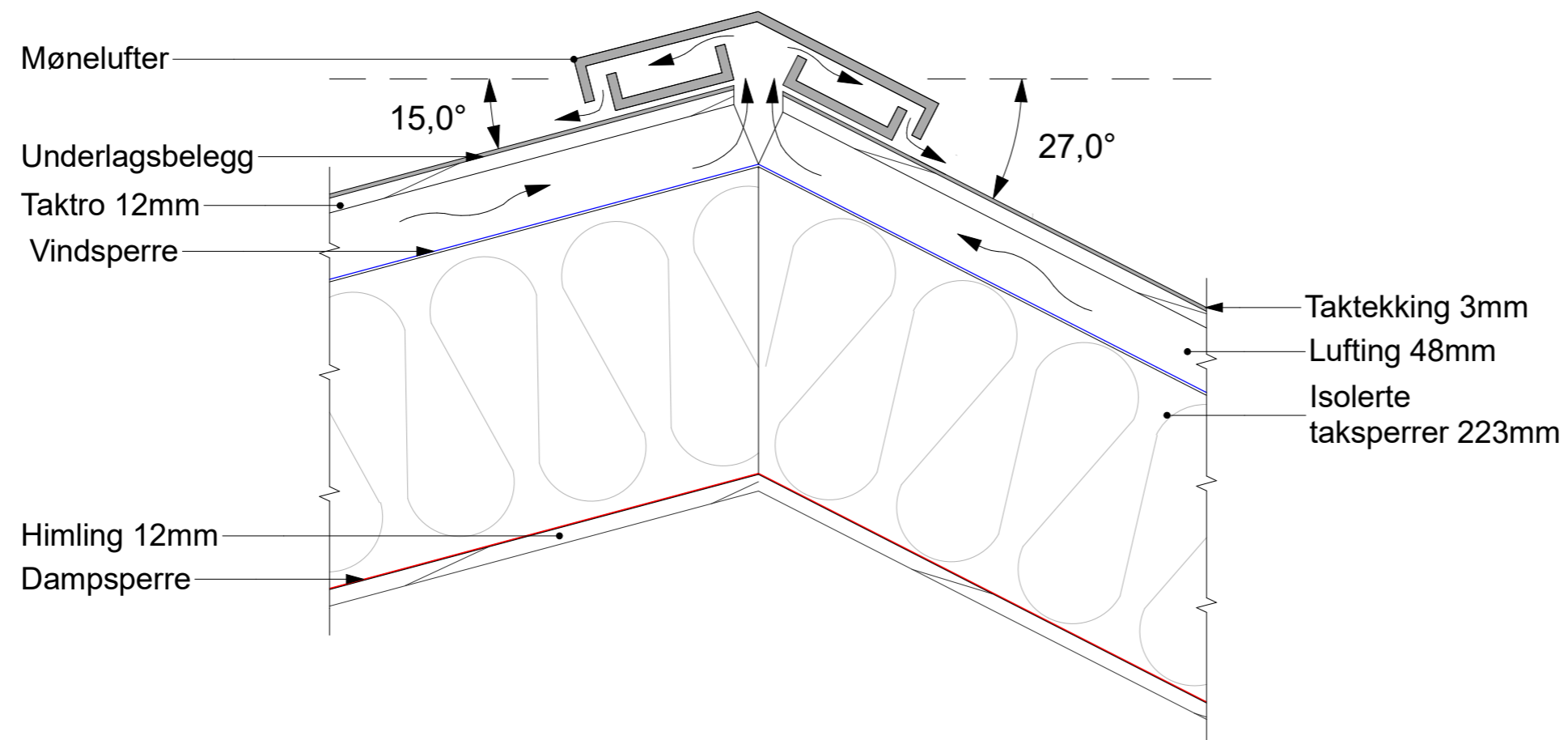


Prosjekterende:
Gruppe 10, NTNU
 Arkitekt Chrities gate 2
 7012 Trondheim

Dato:
03.04.2019

Tegning:
**Overgang
 yttervegg/hems/tak**

Målestokk:
1:5
 Tegningsnr.:
A.6.3



Mønelufter er et ferdigprodukt i samme materiale som taktekingen. Den ivaretar lufting av luftespalte ved bruk av shingelteking.

Bacheloroppgave 2019:
Naturhytta



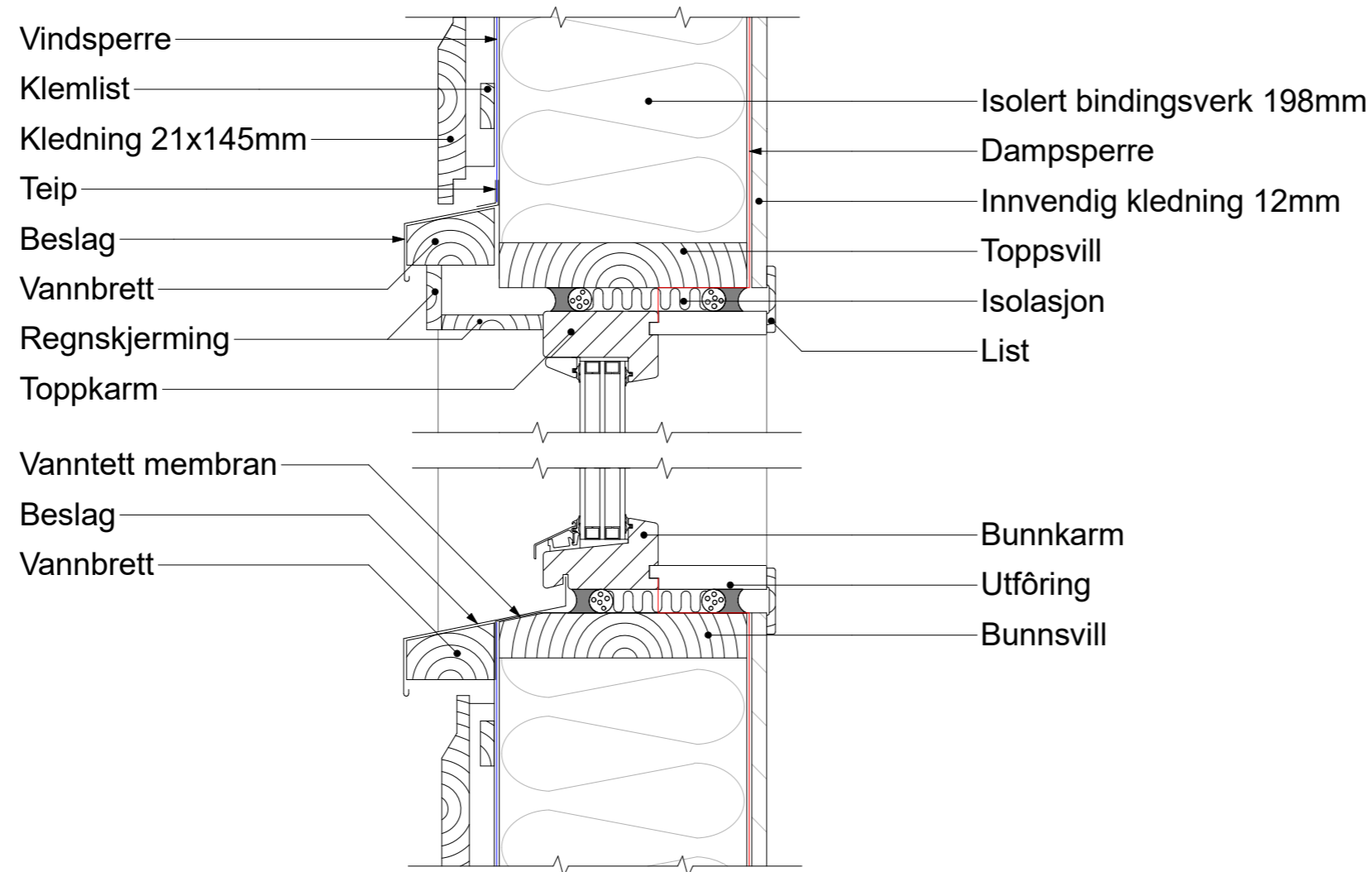
Prosjekterende:
Gruppe 10, NTNU
Arkitekt Chrities gate 2
7012 Trondheim

Dato:
05.05.2019

Tegning:
Mønedetalj

Målestokk:
1:5

Tegningsnr.:
A.6.4



Bacheloroppgave 2019:
Naturhytta



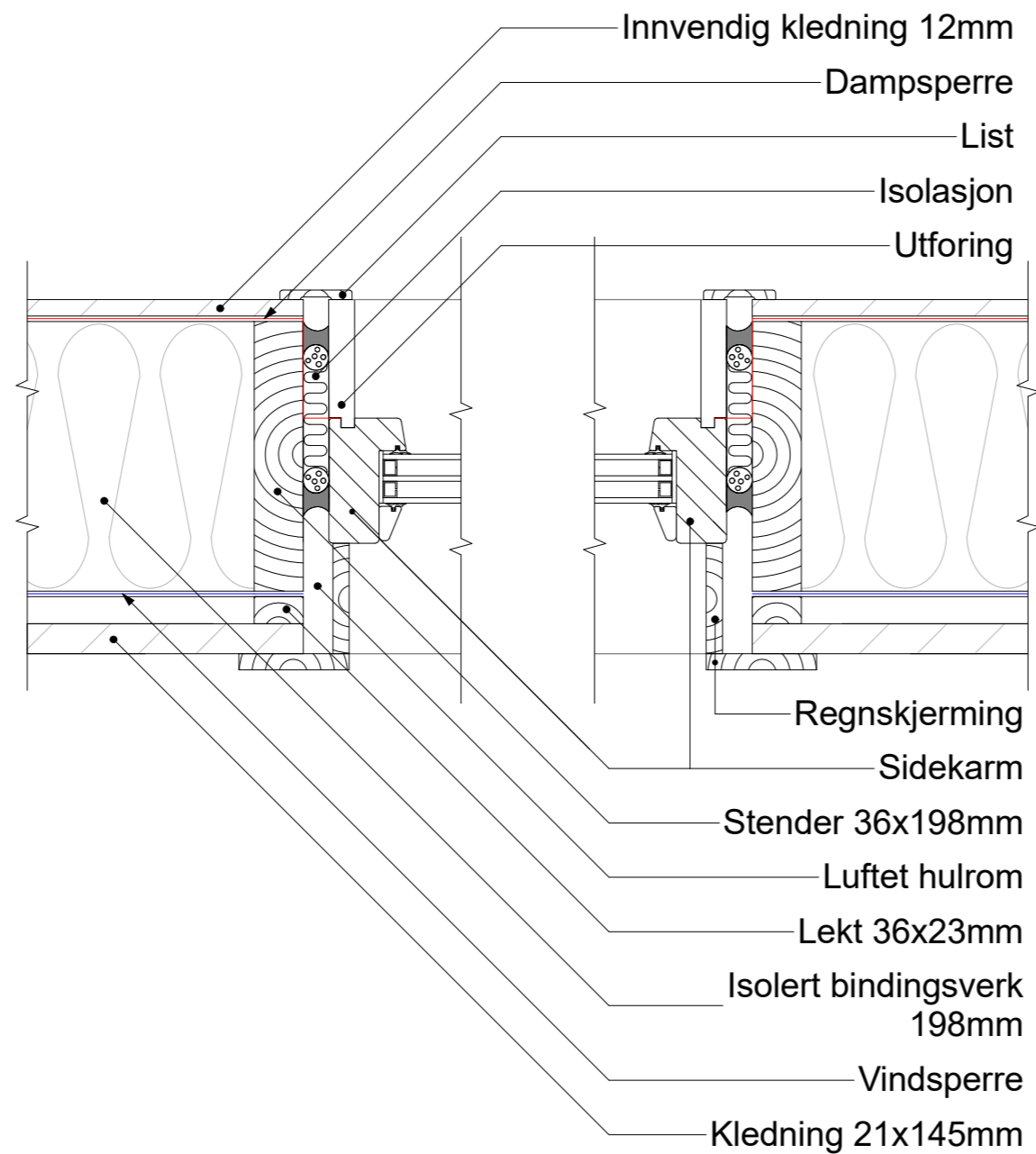
Prosjekterende:
Gruppe 10, NTNU
 Arkitekt Chrities gate 2
 7012 Trondheim

Dato:
13.05.2019

Tegning:
Vindusinnsetting vertikal

Målestokk:
1:5

Tegningsnr.:
A.6.5



Bacheloroppgave 2019:
Naturhytta

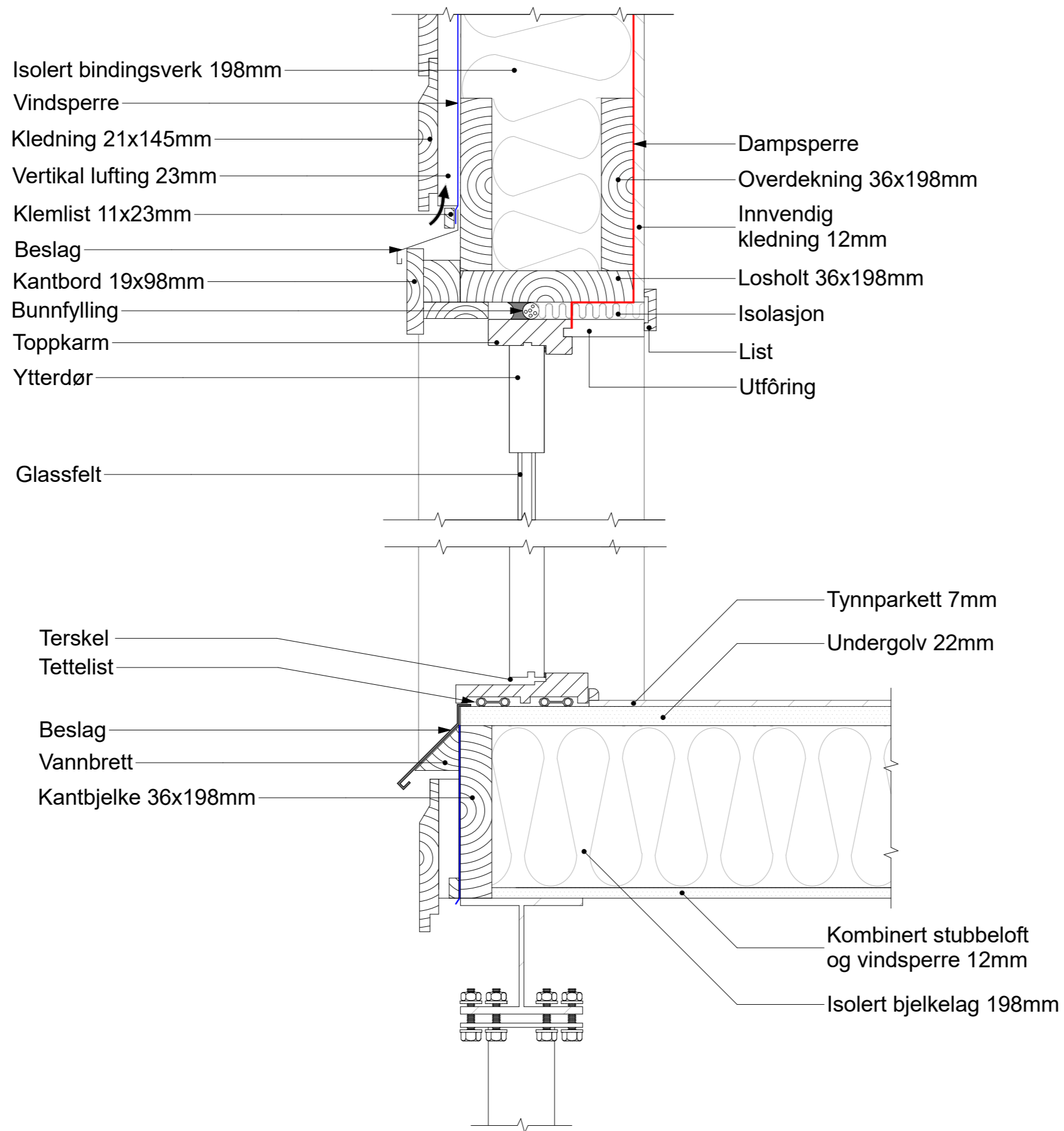


Prosjekterende:
Gruppe 10, NTNU
 Arkitekt Chrities gate 2
 7012 Trondheim

Dato:
13.05.2019

Tegning:
**Vindusinsetting
 horisontal**

Målestokk:
1:5
 Tegningsnr.:
A.6.6



Bacheloroppgave 2019:
Naturhytta



Prosjekterende:
Gruppe 10, NTNU
 Arkitekt Chrities gate 2
 7012 Trondheim

Dato:
14.05.2019

Tegning:
Dørinnssetting

Målestokk:
1:5

Tegningsnr.:
A.6.7

B. Tabeller

1. Kriterier

1. Fundament

<i>Avtrykk</i>	Krever store terrenginngrep	Krever vesentlige terrenginngrep	Krever en del terrenginngrep	Krever lite terrenginngrep	Krever ingen terrenginngrep	
<i>Allsidighet</i>	Egner seg for flatt terreng og gode grunnforhold	Egner seg for flatt terreng og de fleste grunnforhold	Egner seg for kupert terreng og de fleste grunnforhold	Egner seg for bratt/kupert terreng og de fleste grunnforhold	Egner seg for bratt/kupert terreng og alle grunnforhold	
<i>Fuktskader</i>	Vanlig	Nokså vanlig	Av og til	Sjelden	Aldri	
<i>Varmetap</i>	Svært stort	Stort	Middels	Nokså lite	Lite	
<i>Teleskader</i>	Vanlig	Nokså vanlig	Av og til	Sjelden	Aldri	
<i>Miljøvennlig</i>	Ikke fornybart materiale og høyt CO ₂ -utslipp i produksjon	Lite fornybart materiale og moderat CO ₂ -utslipp i produksjon	Delvis fornybar ressurs og moderat CO ₂ -utslipp i produksjon	Fornybar ressurs med lite CO ₂ -utslipp i produksjon	Fornybar ressurs med 100% gjenvinning og lite CO ₂ -utslipp i produksjon	
<i>Mobilitet</i>	Kan ikke flyttes	Krevende å flytte	Kan flyttes uten større problemer	Nokså lett å flytte	Svært lett å flytte	
<i>Vekt</i>	Store mengder betong	Moderate mengder betong	Små mengder betong	Stål	Tre	
<i>Pris</i>	≥ 15 000 kr	14 000-12 000 kr	12 000 kr	10 000-12 000 kr	≤ 10 000 kr	

2. Gulv

<i>Pris</i>	≥ 600 kr/m ²	500-600 kr/m ²	400-500 kr/m ²	300-400 kr/m ²	≤ 300 kr/m ²	
<i>Vekt</i>	≥ 7 kN/m ²	5-7 kN/m ²	3-5 kN/m ²	1-3 kN/m ²	≤ 1 kN/m ²	
<i>Varmemotstand</i>	≥ 0,21 W/(m ² K)	0,18-0,21 W/(m ² K)	U-verdikrav 0,18 W/(m ² K)	0,15-0,18 W/(m ² K)	≤ 0,15 W/(m ² K)	
<i>Miljøvennlighet</i>	Ikke fornybart materiale og høyt CO ₂ -utslipp i produksjon	Lite fornybart materiale og høyt CO ₂ -utslipp i produksjon	Delvis fornybar ressurs og moderat CO ₂ -utslipp i produksjon	Fornybar ressurs med lite CO ₂ -utslipp i produksjon	Fornybar ressurs med 100% gjenvinning og lite CO ₂ -utslipp i produksjon	

3. Yttervegg

<i>Pris</i>	≥ 700,-	600-700,-	500-600,- (Snittpris per m ² fra Norsk Prisbok)	400-500,-	≤ 400,-
<i>Vekt</i>	Densitet ≥ 600 kg/m ³	Densitet = 600 kg/m ³	Densitet = 500 kg/m ³	Densitet = 400 kg/m ³	Densitet ≤ 400 kg/m ³
<i>Varmemotstand</i>	≥ 0,25 W/(m ² K)	0,22-0,25 W/(m ² K)	U-verdikrav 0,22 W/(m ² K) (TEK17)	0,19-0,22 W/(m ² K)	≤ 0,19 W/(m ² K)
<i>Miljøvennlig</i>	Ikke fornybart materiale og høyt CO ₂ -utslipp i produksjon	Lite fornybart materiale og moderat CO ₂ - utslipp i produksjon	Delvis fornybar ressurs og moderat CO ₂ -utslipp i produksjon	Fornybar ressurs med lite CO ₂ - utslipp i produksjon	Fornybar ressurs med 100% gjenvinning lite CO ₂ -utslipp i produksjon






4. Tak

<i>Pris</i>	≥ 900,-	800-900,-	700-800,- (Snittpris per m ² fra Norsk Prisbok)	600-700,-	≤ 600,-
<i>Vekt</i>	Densitet ≥ 600 kg/m ³	Densitet = 600 kg/m ³	Densitet = 500 kg/m ³	Densitet = 400 kg/m ³	Densitet ≤ 400 kg/m ³
<i>Varmemotstand</i>	≥ 0,21 W/(m ² K)	0,18-0,21 W/(m ² K)	U-verdikrav 0,18 W/(m ² K) (TEK17)	0,15-0,18 W/(m ² K)	≤ 0,15 W/(m ² K)
<i>Miljøvennlig</i>	Ikke fornybart materiale og høyt CO ₂ -utslipp i produksjon	Lite fornybart materiale og moderat CO ₂ - utslipp i produksjon	Delvis fornybar ressurs og moderat CO ₂ -utslipp i produksjon	Fornybar ressurs med lite CO ₂ - utslipp i produksjon	Fornybar ressurs med 100% gjenvinning lite CO ₂ -utslipp i produksjon






5. Vindu

<i>Pris</i>	≥ 6500,-	5500 – 6500,-	4500 – 5500,- (4905,- snitt vindu, Norsk Prisbok)	3500 – 4500,-	≤ 3500,-
<i>Vekt</i>	3-lags vindu, forsterket glass	3-lags vindu, vanlig glass	2-lags vindu, forsterket glass	2-lags vindu, vanlig glass	1-lags vindu
<i>Varmemotstand</i>	≥ 1,4 W/(m ² K)	1,2-1,4 W/(m ² K)	U-verdikrav 1,2 W/(m ² K) (TEK17)	1,0-1,2 W/(m ² K)	≤ 1,0 W/(m ² K)

6. Strøm

					
<i>Pris</i>	≥ 11000,-	9000 – 11000,-	7000 – 9000,- (8100,- er gjennomsnitt av el-installasjoner)	5000 – 7000,-	≤ 5000,-
<i>Vekt</i>	≥ 62 kg	48 kg – 62 kg	34 kg – 48 kg (41,4 kg, snitt av strømalternativer)	20 kg – 34 kg	≤ 20 kg
<i>Plassbehov</i>	Veldig problematisk å finne plass	Problematisk å finne plass	Nøytralt å integrere/finne plass	Lett å integrere/finne plass	Naturlig å integrere/finne plass
<i>Miljøvennlig</i>	Ikke-fornybar energi, stort utslipp (fossil energi)	Ikke-fornybar energi, lite utslipp (kjerne)	Semi-fornybar energi (tre, bio)	Fornybar energi, store system (bølge, geometrisk)	Fornybar energi, små system (sol, vind, vann)
<i>Strømutbytte</i>	Veldig lite/ingen strømutbytte	Strøm til kun belysning og stikk	Strøm til mindre apparater	Strøm til større apparater	Strøm til alle behov
<i>Uforutsigbarhet</i>	Avhengig av mange variabler, mye vedlikehold	Avhengig av vind/vær, noe vedlikehold	Avhengig av dagslys, noe vedlikehold	Noe vedlikehold	Lite - ingen vedlikehold
<i>Støynivå</i>	Uutholdelig støy	Problematisk støy	Noe støy	Uproblematiske støy	Ikke støy

7. Oppvarming

					
<i>Pris</i>	≥ 13000,-	10000 – 13000,-	8000 – 10000, (8913,- for ildsted, Norsk Prisbok)	8000 – 5000,-	≤ 5000,-
<i>Vekt</i>	≥ 110 kg	80 kg – 110 kg	60 kg – 80 kg (68,3 kg, snittvekt på alternativer)	30 kg – 60 kg	≤ 30 kg
<i>Plassbehov</i>	Veldig problematisk å finne plass	Problematisk å finne plass	Nøytralt å integrere/finne plass	Lett å integrere/finne plass	Naturlig å integrere/finne plass
<i>Miljøvennlig</i>	Ikke-fornybar energi, stort utslipp (fossil energi)	Ikke-fornybar energi, lite utslipp (kjerne)	Semi-fornybar energi (tre, bio)	Fornybar energi, store system (bølge, geometrisk)	Fornybar energi, små system (sol, vind, vann)
<i>Virkningsgrad</i>	≤ 70 %	70 – 80 %	80 – 90 %	90 – 100 %	≥ 100 %
<i>Varmeregulering</i>	Ingen-/selvregulering	Selvinnstilt tidsregulering	Automatisk system med kun termostat	Automatisk system med sensor	Full, automatisk regulering med styring og overvåkning

8. Klosett

<i>Pris</i>	≥ 15500,-	13500 – 15500,-	11500 - 13500,- (12500 for klosett, Norsk Prisbok)	9500 – 11500,-	≤ 9500,-
<i>Vekt</i>	≥ 42 kg	35 kg – 42 kg	27 kg – 35 kg (31,5 kg er snittvekt på klosett)	20 kg – 27 kg	≤ 20 kg
<i>Plassbehov</i>	Veldig problematisk å finne plass	Problematisk å finne plass	Nøytralt å integrere/finne plass	Lett å integrere/finne plass	Naturlig å integrere/finne plass
<i>Miljøvennlig</i>	Ikke-fornybar energi, stort utslipp (fossil energi)	Ikke-fornybar energi, lite utslipp (kjerne)	Semi-fornybar energi (tre, bio)	Fornybar energi, store system (bølge, geometrisk)	Fornybar energi, små system (sol, vind, vann)
<i>Drift</i>	Mye vedlikehold, ofte tømning	Relativt mye vedlikehold, ofte tømning	Noe vedlikehold/tømning	Lite vedlikehold, relativt sjelden tømning	Minimalt/ingen vedlikehold, sjelden tømning
<i>Lukt</i>	Sterk innvendig og utvendig lukt	Relativt sterk innvendig og/eller utvendig lukt	Noe innvendig og/eller utvendig lukt	Litt innvendig og/eller utvendig lukt	Ingen lukt
<i>Kapasitet</i>	≤ 2 personer	3 personer	4 personer	5 personer	≥ 6 personer

9. Fra byggehall til utvalgt område

<i>Pris</i>	≥ 10 000,-	9000-10 000,-	8000-9000,- (For hele strekningen med av- og pålesing)	7000-8000,-	≤ 7000,-
<i>Fleksibilitet</i>	Kun 1 leverandør og veldig begrenset lastprofil	Få alternativ til leverandør og begrenset lastprofil	Flere alternativ til leverandør og begrenset lastprofil	Mange leverandører og fleksibel lastprofil	Mange leverandører og ingen begrensninger til lastprofil
<i>Miljøvennlig</i>	≥ 140	100-140	60-100 (Utslipp av CO ₂ -ekvivalenter per tonnkm, SSB.no)	20-60	≤ 20

CO₂-utslipp, kilde: https://www.ssb.no/a/publikasjoner/pdf/rapp_200849/rapp_200849.pdf

Pris for frakting: Otts Transport i Trondheim (mail) 8100,- med kranbil.

2. Produkter

1. Strøm

Type	Navn	Vekt	Pris	Kilde
<i>Solcellepanel</i>	SCCS Sunpower 360W X22	18,6 kg	4149,-	https://solcellespesialisten.no/media/productattach/d/s/ds-x22-series-360-residential-solar-panels.pdf
	Sunpower 327W E20	18,6 kg	3099,-	https://solcellespesialisten.no/nettbutikk/solcellepanel/sunpower-327w.html
	SCCS IBC MonoSol 200 CS	15,5 kg	1799,-	https://solcellespesialisten.no/nettbutikk/solcellepanel/ibc-monosol-200-cs.html
<i>Vindturbin</i>	Vindmølle X400 – 24 volt	7,8 kg	14 990,-	https://www.sunwind.no/product/show/?id=2393&Vindmølle-X400---24-volt
	LE-600 Vindturbin	19,5 kg	15 999,-	https://www.finn.no/bap/webstore/ad.html?finnkode=37735404
	Primus Windpower Air 40 vindgenerator 12V	5,9 kg	12 490,-	https://strømløs.no/primus-windpower-air-40-vindgenerator-12v.html
<i>Aggregat</i>	Honda EU 10i	13 kg	13 490,-	http://berema.no/Aggregater/Stromaggregater/EU/EU-10i.aspx
	Sierra Diesellaggregat 5000 Watt EL-Start	120 kg	8391,-	https://www.norsat.no/sierra-diesellaggregat-5000-watt-elstart-p-733.html
	Strømaggregat 5,0 kW - bensin	81 kg	6870,-	https://www.p-lindberg.no/verksted/stroemaggregat/detaljer/stroemaggregat--5-0kw-bensin

2. Oppvarming

Type	Navn	Vekt	Pris	Kilde
<i>Vedovn</i>	Nordpeis Orion	72 kg	8200,-	http://nordpeis.no/Produkter/Ovn/Orion
	Jøtul F 100 SE	97 kg	9390,-	https://ildstedet.no/produkter/jotul-f-100-se
	Jøtul F 220	101 kg	14 690,-	https://ildstedet.no/produkter/jotul-f-220
<i>Pelletsovn</i>	Heta Greenfire 100	121 kg	23 900,-	https://www.varmeshop.no/products/heta-green-100
	Aduro H1	135 kg	34 995,-	https://www.hotmegastore.no/produkt/1-pellets/aduro-1/aduro-h1
	Nordica Luisella Nero Pelletsovn	64 kg	18 990,-	http://www.dokka.no/produkt/varme/peisvedovner-utstilt-i-butikk/pelletsovn/nordica-luisella-nero-pelletsovn
<i>Gassovn</i>	Gassovn Infravarmer Windflame 4,2kW - Sunwind	11 kg	899,-	https://www.byggmakker.no/varme-og-ventilasjon/gassovn/gassovn-infravarmer-windflame/
	Vera infrarød gassovn 4100W	11,5 kg	990,-	https://www.hyttetorget.no/vera-infrarod-gassvarmeovn
	Gassovn Sunwind Mini flame	2,7 kg	750,-	https://www.sunwind.no/product/show/?id=2268&Gassovn-Miniflame-V16

3. Klosett

Type	Navn	Vekt	Pris	Kilde
<i>Tørrklosett</i>	Vera Bionova u/strøm	25 kg	11 990,-	https://www.hyttetorget.no/bionova?variant=11767
	Vera Pioner u/strøm	32 kg	11 450,-	https://www.hyttetorget.no/vera-pioner?variant=11769
	Vera Mini u/strøm	22 kg	8450,-	https://www.hyttetorget.no/vera-mini?variant=11777
<i>Forbrenningsklosett</i>	Cinderella Classic	34 kg	30 990,-	https://www.hyttetorget.no/vm-cinderella?variant=10229
	Cinderella Gas	34 kg	36 990,-	https://www.hyttetorget.no/cinderella-gas-1-2?variant=10231
	Incinolet 2000W hvit	42 kg	27 990,-	https://www.hyttetorget.no/incinolet?variant=10370

4. Øvrige produkter

Type	Navn	Vekt	Pris	Kilde
<i>Dører</i>	Innerdør	20 kg	1690,-	https://www.gaus.no/produkter/45383380-dorblad-harald-ubehandlet-70x200/
	Ytterdør	40 kg	6290,-	https://www.gaus.no/produkter/49346144-ytterdor-gausdal-hvit-90x190-h/
<i>Innventar</i>	Kjøkkenbenk	28 kg	1845,-	https://www.ikea.com/no/no/p/knoxhult-benkeskap-med-dorer-og-skuff-gra-20326795/
	Koketopp og vask	4 kg	2499,-	https://seatronic.no/dometic-hs2460l-koketopp-og-vask
	Enkel madrass	5 kg	249,-	https://www.ikea.com/no/no/p/joemna-polyetermadrass-lys-gra-90227339/
	Dobbel madrass	4 kg	649,-	https://www.ikea.com/no/no/p/moshult-polyeter-skummadrass-fast-hvit-80272327/
	Skap, bad	18 kg	999,-	https://www.ikea.com/no/no/p/hemnes-åpen-garderobe-hvitbeiset-80379620/
	Skap, opphold	26 kg	2699,-	https://www.ikea.com/no/no/p/hemnes-garderobe-m-2-skyvedorer-hvit-beis-50251270/
	Stol	5 kg	245,-	https://www.ikea.com/no/no/p/ivar-stol-furu-90263902/
	Klaffebord	9 kg	299,-	https://www.ikea.com/no/no/p/norberg-veggmontert-klaffebord-hvit-30180504/
	Seng	70 kg	2290,-	https://www.ikea.com/no/no/p/slaekt-seng-med-underseng-og-oppbevaring-hvit-s89227731/
	Stige	7 kg	3267,-	https://byggeshop.no/stige-tre-enkel-hems-2-6-m
	Pipe	35 kg	6390,-	https://www.hytteogbolig.no/products/kota-skorsteinspakke-komplett-25-m-120125-mm2
	Batteri solcelle	63 kg	4597,-	https://altitec.no/12v-200ah-agm-batteri-for-backup-start-forbruk.html
<i>Fundament</i>	Stålramme	25 kg	280,-/m	https://www.byggevarer.net/stalbjelker.stor/stalbjelker.stor.htm
	Skruer	8 kg	1378,-	Se vedlegg D.1

C. Beregninger

1. Prisberegning

Tabell 1: Pris på ulike bygningsdeler pr. areal hentet fra Norsk Prisbok 2018.

Bygningsdel	Pris pr. areal (kr/m²)
Bjelkelag isolert, gulv og hems	434
Bindingsverk isolert, yttervegg	450
Bindingsverk isolert, innervegg	378
Taksperre isolert	760
Energiglass, 3 lags	6 500

Tabell 2: Areal av ulike bygningsdeler hentet fra materialister på Archicad.

Bygningsdel	Areal (m²)
Bjelkelag isolert, gulv og hems	25,11
Bindingsverk isolert, yttervegg	40,03
Bindingsverk isolert, innervegg	5,75
Taksperrer isolert	21,22
Energiglass, 3 lags	3,24

Tabell 3: Pris på øvrige komponenter hentet fra leverandører. Se vedlegg B.2.4.

Komponenter	Pris (kr)
Ytterdør	6 290
Innerdør	1 690
Pelletsovn	18 990
Forbrenningstolett	36 990
Kjøkkenbenk 3.stk	5 535
Solceller 2.stk	8 298
Batteri solcelle	4 597
Skruer til fundament 10.stk	13 780
Stålramme 18,5 m	5 180
SUM 1	101 350

Overslag

Bjelkelag isolert, gulv og hems: $434 \text{ kr/m}^2 * 25,11 \text{ m}^2 = \underline{10\ 898 \text{ kr}}$

Bindingsverk isolert, yttervegg: $450 \text{ kr/m}^2 * 40,03 \text{ m}^2 = \underline{18\ 014 \text{ kr}}$

Bindingsverk isolert, innervegg: $378 \text{ kr/m}^2 * 5,75 \text{ m}^2 = \underline{2\ 174 \text{ kr}}$

Taksperrer isolert: $760 \text{ kr/m}^2 * 21,22 \text{ m}^2 = \underline{16\ 127 \text{ kr}}$

Energiglass, 3 lags: $6\ 500 \text{ kr/m}^2 * 3,24 \text{ m}^2 = \underline{21\ 060 \text{ kr}}$

SUM 2: 68 273 kr

Total sum: SUM 1 + SUM 2 = 101 350 kr + 68 273 kr = 169 623 kr

2. Vektberegning

Tabell 1: Massetettheten til ulike bygningsmaterialer hentet fra SINTEF Byggforsk, blad 471.031 *Egenlaster for bygningsmaterialer, byggevarer og bygningsdeler*, 571.803 *Plastmaterialer i bygg. Typer og egenskaper*, 571.050 *OSB-plater. Typer og egenskaper* og heftet *Fokus 43 – Konstruksjonsvirke* som er utarbeidet av Treteknisk.

Bygningsmateriale	Vekt pr. volum (kg/m³)
Konstruksjonstrevirke (C18)	320
Konstruksjonstrevirke (C30)	380
Glassull	20
Kryssfiner av gran/furu	500
Dampsperre (polyetylen)	910
Vindsperre	60
Parkett	1143
OSB-plater	550
Asfaltshingel	1667
Energiglass, 3-lags	3000

Tabell 2: Volum av ulike bygningsdeler og bygningsmaterialer hentet fra materialister på Archicad.

Bygningsdel/bygningsmateriale	Volum (m³)
Bindingsverk isolert (yttervegg + innervegg)	8,48
Bjelkelag isolert (gulv + hems)	3,86
Sperre isolert	4,61
Kryssfinerplater	1,09
Dampsperre	0,06
Vindsperre	0,06
Lufting i vegger og tak	1,97
Trebord	0,90
Parkett	0,14
OSB-plater	0,43
Asfaltshingel	0,06
Energiglass, 3 lags	0,03

Tabell 3: Vekt på øvrige komponenter hentet fra leverandører. Se vedlegg B.2.4.

Bygningsdel	Vekt (kg)
Stålramme	463
Innerdør	20
Ytterdør	40
Solceller 2. stk	37
Pelletsovn	121
Forbrenningstolett	34
Kjøkkenbenk 3. stk	84
Koketopp og vask	4
Enkel madrass 2. stk	10
Dobbelmadrass	8
Skap, bad	18
Skap, opphold	26
Stol 2. stk	10
Klaffebord	9
Seng	70
Stige	7
Pipe 2. stk	70
Batteri solcelle	63
SUM 1	1094

Overslag vekt

Regner med at isolert bindingsverk, bjelkelag og sperretak har en treandel på 13 % forutsatt at romhøyden er 2,4 meter og bjelkene er 36 mm tykke. For lufting i vegger og tak regnes det med at treandelen er 9 %. Verdiene er hentet fra SINTEF Byggforsk, blad 471.401 U-verdier. *Vegger over terreng med bindingsverk av tre med gjennomgående stendere.*

Bindingsverk isolert:

$$\text{Trestender (C18): } 8,48 \text{ m}^3 * 0,13 * 320 \text{ kg/m}^3 = 352,8 \text{ kg}$$

$$\text{Glassull: } 8,48 \text{ m}^3 * 0,87 * 20 \text{ kg/m}^3 = 147,6 \text{ kg}$$

$$\text{Sum bindingsverk: } 352,8 \text{ kg} + 147,6 \text{ kg} = \underline{500,4 \text{ kg}}$$

Bjelkelag isolert:

$$\text{Trebjelke (C30): } 3,86 \text{ m}^3 * 0,13 * 380 \text{ kg/m}^3 = 190,7 \text{ kg}$$

$$\text{Glassull: } 3,86 \text{ m}^3 * 0,87 * 20 \text{ kg/m}^3 = 67,2 \text{ kg}$$

$$\text{Sum bjelkelag isolert: } 190,7 \text{ kg} + 67,2 \text{ kg} = \underline{257,9 \text{ kg}}$$

Sperre isolert:

$$\text{Tresperre (C30): } 4,61 \text{ m}^3 * 0,13 * 380 \text{ kg/m}^3 = 227,7 \text{ kg}$$

$$\text{Glassull: } 4,61 \text{ m}^3 * 0,87 * 20 \text{ kg/m}^3 = 80,2 \text{ kg}$$

$$\text{Sum sperre isolert: } 227,7 \text{ kg} + 80,2 \text{ kg} = \underline{307,9 \text{ kg}}$$

$$\text{Kryssfinerplater: } 1,09 \text{ m}^3 * 500 \text{ kg/m}^3 = \underline{545 \text{ kg}}$$

$$\text{Dampsperre: } 0,06 \text{ m}^3 * 910 \text{ kg/m}^3 = \underline{54,6 \text{ kg}}$$

$$\text{Vindsperre: } 0,06 \text{ m}^3 * 60 \text{ kg/m}^3 = \underline{3,6 \text{ kg}}$$

$$\text{Parkett: } 0,14 \text{ m}^3 * 1143 \text{ kg/m}^3 = \underline{160,0 \text{ kg}}$$

$$\text{Lufting i vegger og tak: } 1,97 \text{ m}^3 * 0,09 * 500 \text{ kg/m}^3 = \underline{88,7 \text{ kg}}$$

$$\text{Utvendig kledning: } 0,90 \text{ m}^3 * 500 \text{ kg/m}^3 = \underline{406 \text{ kg}}$$

$$\text{OSB-plater: } 0,43 \text{ m}^3 * 550 \text{ kg/m}^3 = \underline{236,5 \text{ kg}}$$

$$\text{Asfaltshingel: } 0,06 \text{ m}^3 * 1667 \text{ kg/m}^3 = \underline{100,0 \text{ kg}}$$

$$\text{Energiglass 3-lags: } 0,03 \text{ m}^3 * 3000 \text{ kg/m}^3 = \underline{90,0 \text{ kg}}$$

$$\text{SUM 2: } \underline{2\ 750,6 \text{ kg}}$$

$$\text{Total sum: } \text{SUM 1} + \text{SUM 2} = 2\ 750,6 \text{ kg} + 1094 \text{ kg} = \underline{3\ 844,6 \text{ kg}}$$

D. Diverse

1. E-post fra QPS Trading AS (importør av skruefundamentet)

Hei.

Tar meg den frihet til å legge ved noen priser også.

Jeg har sett på tegningen.

Trenger dere stålbjerkene?

Jeg skjønner at dette stiver opp veldig, men blir de overflødige?

Hvis dere setter skruer pr 2. meter, så holder det lenge.

Jeg ville satt 4 skruer på sidene og 2 i midten.

Her ville jeg brukt KSF F 76x1300-R med adapter for høydejustering.

1378,- pr skruer, adapter for høydejustering 360,-

Elektronisk drager, er småverktøy for montering, se bilde. Her er også vater integrert. Viktig å forbore med slagbor eller lignende. Hullet blir styrehull for skruen, så man må passe på at dette er i vater.



Denne kan leies av oss for 100,- pr skruer. + frakt

Eventuelt, kan man benytte skruer uten høydejusteringer. Da er man avhengig av å få satt de riktig, med rett høyde. Det er ikke noe problem å gjøre dette, men kanskje litt vanskelig for de som gjør dette første gang. For eksempel KSF M 89x1300-M24 Den har også et senterhull som er gjenget på M24 størrelse. Pris pr skruer der er 1325,-

Alle priser er eks mva.

Dette er priser pr nå, men prisen justerer seg i forhold til Euroen, årlig.

2. Skisse av innovasjonsfundamentet

