

Vestlandsforsking-rapport nr. 3/2020

Klimavurdering av å bygge mindre hytter

*- en vurdering av ulike materialvalg, design og
bruksfasen av hytta*



Vestlandsforskning rapport

| | |
|--|--|
| Tittel Klimavurdering av å bygge mindre hytter - en vurdering av ulike materialvalg, design og bruksfasen av hytta | Rapportnummer 3/2020 Dato 13.02.2020 Gradering åpen |
| Prosjekttittel Framtidas hyttegrend | Antall sider 27 med vedlegg Prosjektnr 6513 |
| Forsker Hans Jakob Walnum | Prosjektansvarlig Torkjel Solbraa |
| Oppdragsgiver Stiv kuling | Emneord Klimakonsekvenser hyttebygging |

Sammendrag

Rapporten går gjennom klimagassutslipp fra å bygge og bruke hytter. Stiv kuling har designa tettbygde hytter med relativt lite areal. I denne rapporten bli to av deres hytte-design sammenligna med en standard nybygd hytte. Opplysninger om materialvalg og mengde materialer som inngår i hyttebygging er gitt fra Stiv Kuling og leverandøren Jatak. Vi har kobla opplysningene om materialvalg og mengder med miljødeklarasjoner/EPD'er (environmental product declaration) for bygg som gir detaljert opplysning om klimagassutslippene fra vugge til grav, det vil si fra råvareuttak til og med avfallshåndtering. Rapporten vurderer at de to hyttetypene Li og Tind kan spare henholdsvis 6,9 tonn og 13,4 tonn CO₂ ekvivalenter i byggefasen sammenligna med den norske nybygde gjennomsnittshytta. Rapporten viser et betydelig sparepotensial i forhold til materialvalg. Velges **materialene med lavest utslipp** målt i CO₂ ekvivalenter kan det gi besparelser **på 55 prosent for hyttetype Li og 61 prosent for hyttetype Tind**. Design og utforming av hytta har betydning og vi finner at design kan redusere klimagassutslipp med 16 prosent ved å sammenligne hyttetypene Li og Tind. Rapporten viser at når vi tar med hele livsløpet og med samme bruksmønster så vil det være en betydelig reduksjon i klimagassutslipp ved å bygge mindre hytter. Den relative besparelsen for hyttetype Tind i forhold til en nybygd gjennomsnittshytte er en reduksjon på 65 prosent klimagassutslipp sett over hyttas levetid på 60 år, mens den relative besparelsen for hyttetype Li i forhold til en gjennomsnitts nybygde hytte er 32,5 prosent over hyttas levetid på 60 år.

Andre publikasjoner fra prosjektet:

Solbraa, T (2019) Hyttedeling- hvorfor eie, når vi kan dele? Vestlandsforskning-notat nr. 3/2019.

Innhold

| | |
|--|----|
| 1.0 Innledning | 5 |
| 2.0 Metode | 5 |
| 2.1 Materialmengder som inngår og produkter som skal sammenlignes | 6 |
| 2.2 Sammenligning med andre hyttetyper | 7 |
| 3.0 Resultat..... | 8 |
| 3.1 Klimagassutslippet fra å bygge hyttetype Li | 8 |
| 3.2 Sammenligning med andre hyttetyper | 10 |
| 3.3 Byggefasen | 11 |
| 3.4 Energibruk fra å bruke hyttene..... | 12 |
| 3.5 Sammenligning av ulike hyttetyper sett over deres totale livsløp | 13 |
| 4.0 Dokumentasjon klimagassutslipp fra materialer | 15 |
| 4.1 Isolasjon | 15 |
| 4.2 Massiv fundamentering | 16 |
| 4.3 Vindbeskyttelse | 17 |
| 4.4 Kledning inne | 18 |
| 4.5 Kledning ute | 18 |
| 4.6 Konstruksjon | 19 |
| 4.7 Vinduer | 19 |
| 4.8 Golv | 19 |
| 5.0 Oppsummering | 20 |
| 6.0 Referanser | 21 |
| Anneks 1 | 22 |
| Innleiing..... | 22 |
| Hyttetype og fundamenteringsprinsipp | 22 |
| Grunnlag for livssyklusanalyse (LCA) | 3 |

Figurliste

| | |
|---|----|
| Figur 1 faser som inngår i EPD. | 5 |
| Figur 2 Illustrasjon hyttetype Li | 6 |
| Figur 3 Illustrasjon av hyttetype Tind..... | 8 |
| Figur 4 Hvilke materialvalg gir størst innvirkning på klimagassutslipp? En sammenligning av materialvalg mellom høyt og lavt scenario oppgitt i prosent for hyttetype Li. | 9 |
| Figur 5 Klimapåvirkning målt i kg CO ₂ ekvivalenter målt i kg fra materialinnsats i ulike hyttetyper høyt scenario. | 10 |
| Figur 6 Avveining mellom økt bruk og gevinst ved besparelse fra å bygge mindre hytter ved bruk 75 dager sett over et livsløp på 60 år. | 12 |
| Figur 7 Avveining mellom økt bruk og gevinst ved besparelse ved å bygge mindre hytter. Bruk av hytta 150 dager sett over et livsløp på 60 år. | 13 |
| Figur 8 forskjell mellom hyttetyperne sett over deres totale livsløp antatt bruk 75 dager per år, antatt høyt utslipp materialbruk og med nordisk elektrisitetsmiks, verdier oppgitt i kg CO ₂ ekv. | 14 |

Figur 9 forskjell mellom hyttetyperne sett over deres totale livsløp antatt bruk 75 dager per år, lavt utslipp materialer og med norsk elektrisitetssmiks verdier oppgitt i kg CO₂ ekv. 14

Tabelliste

| | |
|---|----|
| Tabell 1 Oversikt over antall sengeplasser og areal hyttetype Li | 6 |
| Tabell 2 Oversikt over mengde materialer opplyst i M3 som brukes for å bygge hyttetype Li | 6 |
| Tabell 3 Materialmengder som inngår i ulike fundamenteringsprinsipp | 7 |
| Tabell 4 Materialmengder som brukes i konstruksjon av hyttetype Li | 7 |
| Tabell 5 Tilpasning av materialmengder hyttetype Tind relativt til hyttetype Li | 8 |
| Tabell 6 En sammenligning av høyt og lavt klimagassutslipp oppgitt i kg CO ₂ ekv. fra materialer som inngår i å bygge hyttetype Li | 9 |
| Tabell 7 Klimagassutslipp oppgitt i kg forbundet med materialer som inngår for å bygge hyttetype Tind | 10 |
| Tabell 8 CO ₂ ekvivalenter fordelt på bruksareal og levetid, høyt scenario | 11 |
| Tabell 9 Kg CO ₂ ekvivalenter fordelt på bruksareal (66M ² Li og 29M ² Tind) og levetid 60 år, lavt scenario | 11 |
| Tabell 10 Utslipp oppgitt i kg CO ₂ ekv. for bygging av hyttene | 12 |
| Tabell 11 Oversikt over energibruk per bruksdag sommer og vinter (egen tilpassing etter opplysning fra Asplan Viak om aggregerte verdier) | 12 |
| Tabell 12 Utslippsfaktorer brukt som grunnlag for å beregne utslipp fra fundamentering faktorer oppgitt i CO ₂ ekv. | 16 |
| Tabell 13 Materialmengder brukt i fundamentering | 16 |
| Tabell 14 Klimagassutslipp knyttet til ulike fundamenteringsløsninger oppgitt i kg CO ₂ ekvivalenter | 17 |

1.0 Innledning

Denne rapporten tar for seg klimagassutslippene ved å bygge mindre hytter som står tettere og er mindre arealkrevende. Vi sammenligner dette med en nybygd typisk norsk hytte anno 2018. Rapporten gjør en vurdering av klimakonsekvenser fra ulike byggematerial knyttet til fundamentering, isolasjon, vinduer, gulv, samt kledning inne og ute. Materialvalgene blir vurdert i et livsløpsperspektiv fra uttak av råmaterialer til og med avfallshåndtering. Rapporten bygger i hovedsak på miljødeklarasjoner fra byggevareprodusenter, såkalte EPD'er (environmental product declaration). EPD gir en detaljert oversikt over produkter sitt klimagassutslipp fra produksjon, bruksfase og avfallshåndtering. Vi har i tillegg benyttet oss av LCA (life cycle assessment)-verktøyet SIMAPRO, modelleringsverktøyet OneClick LCA og tidligere studier for å validere egne utregninger.

2.0 Metode

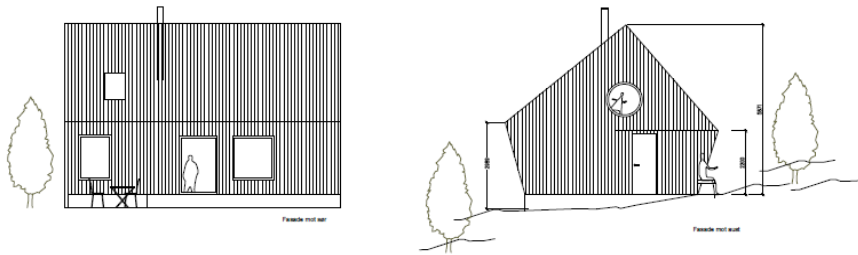
| Systemgrenser (X = inkludert, MID = modul ikke deklart, MIR = modul ikke relevant) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-----------|-------------|---------------------------|--------------------------------|-----------|-------------|------------|--------------|------------|-------------------------|-----------------------|-------------|-----------|---------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

Figur 1 faser som inngår i EPD.

Figur 1 viser hvilke faser som normalt inngår i EPD, produktfasen er delt opp i fasen A1-A3 som inkluderer uttak av råmaterialer (A1), transport fram til produksjonssted (A2) og tilvirkning (A3), fase A4 inkluderer transport fram til konstruksjon og tilvirkingsfase (A5). Fase B1-B7 omhandler bruken. Merk at bruksfasen ikke er så relevant for byggevarer siden levetida for mange av materialene som inngår i byggefasen er satt lik levetida til bygget. Som en standard settes dette til 60 år. C1 til C4 omhandler slutfasen til produktet, mens fase D er gjenvinning etter endt levetid.

Vi sammenligner produktene hovedsakelig i fase A1 til og med fase C4. Dersom fase D er inkludert i sammenligninga tydeliggjør vi dette. Det er særlig utfordrende å vurdere biogent karbon som er med i de fleste beregninger for tre-produkter. Det er 1,8333 kg biogent karboninnhold per kg tørt trevirke. Dersom bare fase A1-A3 er oppgitt kan dette beregnes som en funksjon av tørt trevirke (Pettersen 2015).

Analysen bygger på opplysninger fra Stiv kuling om materialvalg og mengder. Jatak har gitt opplysninger om innsatsmaterialer i bærende konstruksjon, og Asplan Viak har beregna energibruk. Vår analyse tar utgangspunkt i hyttetype Li som har et bruksareal på 66 M², og som er den største hyttetypen som Stiv kuling har designet i forbindelse med prosjektet Framtidas hyttegrend.



Hyttetype 1
Fotavtryk 51,5 m² inkl. skaprom, bad og uteplass
Sveinbjørn for Sørlandet - 118000 - Skaprom og bad

Figur 2 Illustrasjon hyttetype Li

Tabell 1 Oversikt over antall sengeplasser og areal hyttetype Li

| | Areal |
|----------------|----------|
| BRA Areal | 66 M2 |
| Sengeplasser | 6 STK |
| Golv | 24,4 M2 |
| Golv mot grunn | 27,5 M2 |
| Vegg | 104,1 M2 |
| Tak | 103,9 M2 |
| Glass areal | 34 M2 |
| Dør areal | 4,2 M2 |
| Fotavtrykk | 64,9 M2 |

2.1 Materialmengder som inngår og produkter som skal sammenlignes

Tabell 2 Oversikt over mengde materialer opplyst i M3 som brukes for å bygge hyttetype Li

| Bruksområde | Materialtype | Mengde M3 |
|---|---------------------|-----------|
| Isolasjon | Trefiber | 53,9 |
| Isolasjon | Glassull | 53,9 |
| Vindusrammer (utvendig) | Aluminium | 1 |
| Vindusrammer | Malt tre | 1 |
| Vindbeskyttelse (vegg) | GU-gips | 1,1 |
| Vindbeskyttelse (vegg) | Hunton vindtett | 1,85 |
| Kledning inne/tørre rom (vegg og himling) | Heltrepanel av furu | 4,40 |
| | kryssfinér av gran | 4,74 |
| Kledning ute (vegg og tak) | Malmfuru | 4,42 |
| | Malmfuru brent | 4,42 |
| | Kebony | 4,42 |
| | Møre royal | 4,42 |
| | Accoya | 4,42 |
| Gulv inne/ tørre rom | Tre, gran | 0,5 |

Det er skissert to hovedprinsipp for fundamentering (se annex 1) med fire ulike sammensetninger i materialer, dvs. at det er åtte ulike fundamenteringsløsninger som er foreslått. Materialmengder er vist i

tabell 3 under. Materialmengder som inngår i de fire materialsammensetting er markert med bokstavene A-D.

Tabell 3 Materialmengder som inngår i ulike fundamenteringsprinsipp

| | Fundamenteringsløsning 1 (oppgitt i kg) | Fundamenteringsløsning 2 (oppgitt i kg) |
|--|--|--|
| (A) Betong | 14640 | 23380 |
| (A) Armeringsstål | 460 | 796 |
| (B) Betong | 13680 | 23448 |
| (B) Armeringsstål | 456 | 782 |
| (B) Konstruksjonsstål, søyler | 204 | 79 |
| (B) Konstruksjonsstål, innstøypingsplater | 35 | 22 |
| (C) Betong | 1728 | 6586 |
| (C) Murmørtel og puss | 1162 | 1824 |
| (C) Armeringsstål | 58 | 220 |
| (C) Konstruksjonsstål, søyler | 204 | 79 |
| (C) Konstruksjonsstål, innstøypingsplater | 35 | 22 |
| (C) Lettklinker | 3624 | 10800 |
| (D) Betong | 1728 | 360 |
| (D) Armeringsstål | 58 | 79 |
| (D) Konstruksjonsstål, søyler | 204 | 22 |
| (D) Konstruksjonsstål, innstøypingsplater | 35 | 30492 |
| (D) Natursteinsmur | 33180 | 10800 |

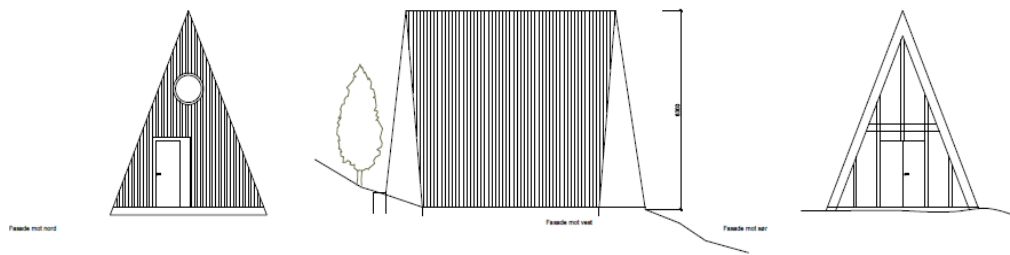
Tabell 4 Materialmengder som brukes i konstruksjon av hyttetype Li

| | Vekt i kg |
|---------------------------------------|-----------|
| Konstruksjonsvirke c24/c30 | 3150 |
| Limtre | 750 |
| 2 Konstruksjonselement av trevirke | 112,8 |

2.2 Sammenligning med andre hyttetyper

Stiv kuling har tegnet fire ulike hyttetyper i prosjektet Framtidas hyttegrennd. Med utgangspunkt i to hoveddesign er det gjort tilpasninger for hver hyttetype. Basert på opplysning fra Stiv kuling kan vi anta at det ikke er vesentlig forskjell i design og materialvalg for hyttetype Li sammenlignet med ei typisk nybygd norsk hytte anno 2018. Ifølge statistisk sentralbyrå var den gjennomsnittlige nybygde hytta i Norge 96M² i 2018¹. Stiv Kuling ville også at hyttetype Tind (lang) med bruksareal på 29M² skulle inngå i vurderinga siden Tind har en annen arealsammensetting av vindu, vegger og tak enn hyttetype Li.

¹ <https://www.ssb.no/bygg-bolig-og-eiendom/faktaside/hytter-og-ferieboliger>



Figur 3 Illustrasjon av hyttetype Tind

Vi bruker arealet for å relativisere materialmengder mellom hyttene Li og Tind. Vi antar for eksempel at glassmengde og tilhørende klimagassutslipp for Tind er 35,3 prosent av Lis klimagassutslipp, mens klimagassutslipp fra gulv for Tind er 66,5 prosent av Lis klimagassutslipp.

Tabell 5 Tilpasning av materialmengder hyttetype Tind relativt til hyttetype Li

| | Li | Tind | Faktor brukt for å tilpasse materialmengde mellom Li og Tind |
|----------------|----------|---------|--|
| BRA Areal | 66 M2 | 29 M2 | 0,439 |
| Sengeplasser | 6 STK | 4 STK | 0,667 |
| Golv | 24,4 M2 | 34,5 M2 | 0,667 |
| Golv mot grunn | 27,5 M2 | | - |
| Vegg | 104,1 M2 | 31 M2 | 0,298 |
| Tak | 103,9 M2 | 90,5 M2 | 0,871 |
| Glass areal | 34 M2 | 9 M2 | 0,353 |
| Dør areal | 4,2 M2 | 2,1 M2 | 0,525 |
| Fotavtrykk | 64,9 M2 | 42,3 M2 | 0,651 |

I kapittel 5 er det gjort en detaljert redegjørelse for hvilke utslippsfaktorer som er brukt, og hva det samla klimautslippene er for hyttetype Li basert på materialinngang.

3.0 Resultat

3.1 Klimagassutslippet fra å produsere hyttetype Li

Basert på en detaljert gjennomgang av opplysninger om materialmengder og mulige materialvalg konstruerer vi to scenario for hyttetype Li, en der alle produktene med høyest utslipp er valgt og ett der det laveste klimagassutslippet er valgt. For fundamentering sammenligner vi samme fundamenteringsløsning i høyt og lavt scenario dvs. vi sammenligner ikke fundamenteringsløsning 1 med 2.

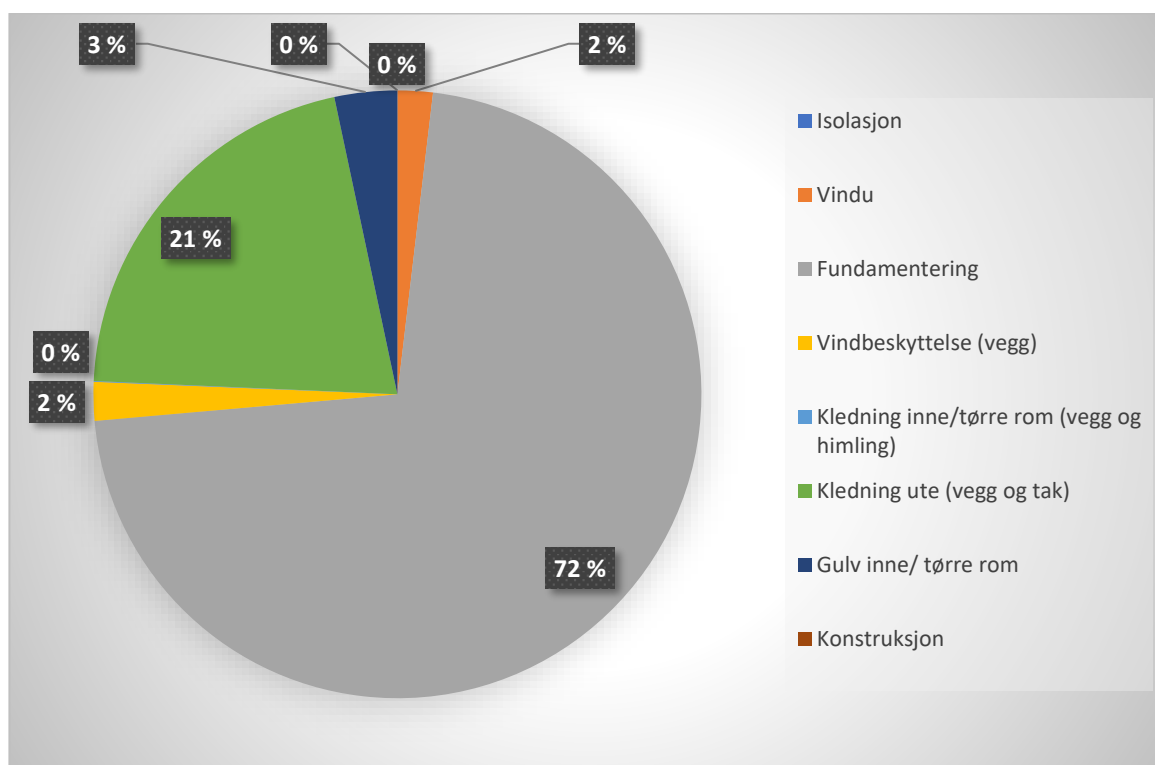
For noen produkter ender vi opp med likt utslipp i de to scenarioene. I noen tilfeller skyldes dette manglende data, som for eksempel kledning inne, mens for isolasjon fant vi ikke dokumentasjon på at det er vesentlig forskjell mellom trefiber og glassull sett i livsløpsperspektiv. I tillegg er konstruksjon satt likt i scenarioene siden vi ikke hadde opplysninger om alternative materialvalg for konstruksjonsvirke, konstruksjonselement og trevirke.

Tabell 6 En sammenligning av høyt og lavt klimagassutslipp oppgitt i kg CO₂ ekv. fra materialer som inngår i å bygge hyttetype Li

| Bruksområde | Høyt | Lavt |
|---|----------------|---------------|
| Isolasjon | 776,4 | 776,4 |
| Vindu | 2296,7 | 2138,5 |
| Fundamentering | 7712,0 | 1649,8 |
| Vindbeskyttelse (vegg) | 468,2 | 294,5 |
| Kledning inne/tørre rom (vegg og himling) | 433,2 | 436,8 |
| Kledning ute (vegg og tak) | 2218,6 | 446,4 |
| Gulv inne/ tørre rom | 417,0 | 135,5 |
| Konstruksjon | 899,5 | 899,5 |
| Totalt | 15221,6 | 6777,4 |

Resultatene viser at klimagassutslipp kan reduseres med 55 prosent om material med det laveste klimagassutslippet velges.

Figuren under illustrerer hvor det er mest å hente i besparelser. Desidert **størst innvirkning har valg av materialer tilknyttet fundamentering** (som forklarer 72 prosent av forskjellen mellom høyt og lavt scenario). Det er verdt å merke seg natursteinmur kommer dårlig ut sett i klimaperspektiv i forhold til andre løsninger, blant annet med lettklinker. Videre forklarer kledning ute 21 prosent av forskjellen mellom høyt og lavt scenario, der malmfuru fra Norge framstår som et klart bedre klimavalg enn montereyfuru fra New Zealand. Andre materialvalg utgjør ca. 7 prosent eller om lag 617 kg CO₂ ekvivalenter, hvorav halvparten er knyttet til materialvalg i stue inne, der heltregulv av furu framstår som et bedre valg enn sponplater. Vindu utgjør en ganske stor post der vi har antatt trelagsvinduer i begge scenariene, men det er relativt liten forskjell mellom vindu med trekarm og aluminiumskarm. Alle vurderinger og antakelser for materialvurdering og tilhørende utslippsfaktorer er dokumentert i kapittel 4.



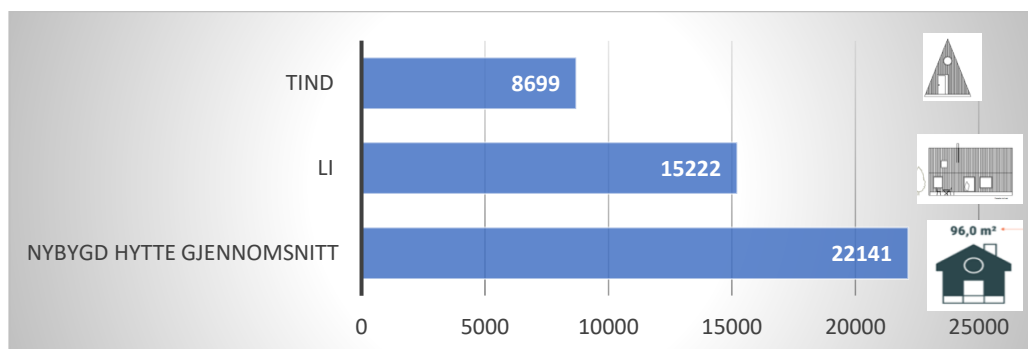
Figur 4 Hvilke materialvalg gir størst innvirkning på klimagassutslipp? En sammenligning av materialvalg mellom høyt og lavt scenario oppgitt i prosent for hyttetype Li.

3.2 Sammenligning med andre hyttetyper

Tabell 7 Klimagassutslipp oppgitt i kg forbundet med materialer som inngår for å bygge hyttetype Tind

| Bruksområde | Høyt | Lavt |
|---|---------------|---------------|
| Isolasjon | 453,5 | 453,5 |
| Vindu | 808,4 | 752,8 |
| Fundamentering | 4780,4 | 874,5 |
| Vindbeskyttelse (vegg) | 273,5 | 172,0 |
| Kledning inne/tørre rom (vegg og himling) | 255,2 | 253,0 |
| Kledning ute (vegg og tak) | 1296,0 | 260,8 |
| Gulv inne/ tørre rom | 276,9 | 90,0 |
| Konstruksjon | 525,4 | 525,4 |
| Totalt | 8669,2 | 3382,0 |

For hyttetype Tind ser vi samme tendenser som for hyttetype Li, men det er litt andre resultat siden materialsammensettinga er ulik. For Tind ser vi at klimagassutslippet kan reduseres med 61 prosent om løsning med lavest klimagassutslipp blir valgt. Av dette potensialet utgjør fundamentering største andel (73,9 prosent) etterfulgt av kledning ute (19,6 prosent).



Figur 5 Klimapåvirkning målt i kg CO₂ ekvivalenter målt i kg fra materialinnsats i ulike hyttetyper høyt scenario.

Det ligger en betydelig besparelse i å bygge mindre hytter siden det absolutte utslippet går ned. Ved å bygge en mindre hytte konstruert som Tind vil det gi en klimagevinst på 61 prosent eller om lag 13 442 kg CO₂ ekvivalenter sammenligna med ei nybygd norsk hytte. Tind gir 43 prosent reduksjon i klimagassutslipp sammenligna med hyttetype Li. Sammenligna med den nybygde gjennomsnittshytta vil Li gi en besparelse i klimagassutslipp på 31 prosent.

Tabell 8 CO₂ ekvivalenter fordelt på bruksareal og levetid, høyt scenario

| Bruksområde | Høyt Li | Høyt Tind |
|---|---------|-----------|
| Isolasjon | 0,20 | 0,26 |
| Vindu | 0,58 | 0,46 |
| Fundamentering | 2,28 | 2,75 |
| Vindbeskyttelse (vegg) | 0,12 | 0,16 |
| Kledning inne/tørre rom (vegg og himling) | 0,11 | 0,15 |
| Kledning ute (vegg og tak) | 0,56 | 0,73 |
| Gulv inne/ tørre rom | 0,11 | 0,16 |
| Konstruksjon | 0,23 | 0,30 |
| Totalt | 4,17 | 4,98 |

Tabell 9 Kg CO₂ ekvivalenter fordelt på bruksareal (66M² Li og 29M² Tind) og levetid 60 år, lavt scenario

| Bruksområde | Lavt Li | Lavt Tind |
|---|---------|-----------|
| Isolasjon | 0,20 | 0,26 |
| Vindu | 0,54 | 0,43 |
| Fundamentering | 0,42 | 0,50 |
| Vindbeskyttelse (vegg) | 0,07 | 0,10 |
| Kledning inne/tørre rom (vegg og himling) | 0,11 | 0,15 |
| Kledning ute (vegg og tak) | 0,11 | 0,35 |
| Gulv inne/ tørre rom | 0,03 | 0,05 |
| Konstruksjon | 0,23 | 0,30 |
| Totalt | 1,71 | 1,94 |

Måler vi per kvadratmeter (med samme levetid) kommer Li noe bedre ut enn hyttetype Tind, og fordeler vi dette på bruksareal og levetid har Li 16 prosent mindre utslipp enn Tind for det høyeste scenarioet, og 12 prosent mindre utslipp for det laveste scenario. Dette viser at sammensetting av hytta har betydning utover materialvalg, og at sammensettinga av Li gir mindre klimagassutslipp i forhold til bruksareal sammenligna med Tind.

Effektiv arealutnytting kan ikke nødvendigvis måles best ved utslipp per M² fordelt over bruksareal og levetid. Et bedre mål kan f.eks. være antall sengeplasser som er vektlagt i designet av hyttetyperne som inngår i framtidens hyttegren. Li har 6-8 sengeplasser og Tind har 4 sengeplasser. Noe som i høyt scenario gir et utslipp per sengeplass på henholdsvis 2 175 kg for Tind (4 sengeplasser), 2 537 kg for Li (antar 6 sengeplasser), og 2 768 kg for den norske gjennomsnittshytta (antar 8 sengeplasser). Måler vi effektivitet etter antall sengeplasser kommer med andre ord Tind best ut, med 17% lavere utslipp enn Li og 27% lavere utslipp enn gjennomsnittshytta per sengeplass.

3.3 Klimagassutslipp fra byggefasen

For å beregne utslippet i forbindelse med byggefasen av hyttene har vi i mangel på mer presise data benyttet oss av gjennomsnittsverdier for Norden for energi- og drivstofforbruk på byggeplasser (OneClick LCA 2019), og vi antar et CO₂ utslipp på 18,44 kg CO₂ ekv. per M².

Tabell 10 Utslipp oppgitt i kg CO₂ ekv. for bygging av hyttene.

| Hyttetype | Antatt CO ₂ ekv. utslipp i kg for å sette sammen hytta |
|--------------------------|---|
| Li | 1 217 |
| Tind | 535 |
| Norsk gjennomsnittshytte | 1 770 |

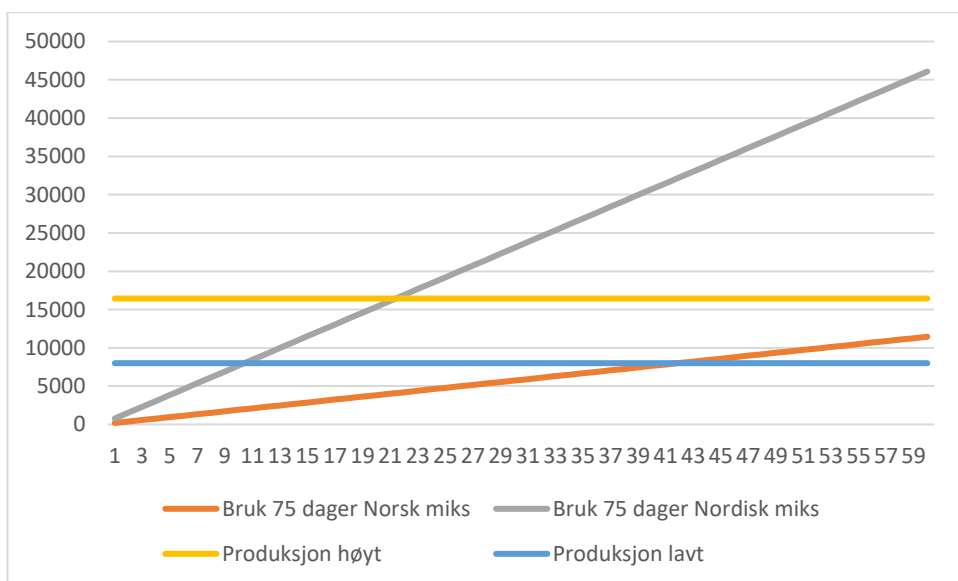
3.4 Energibruk fra å bruke hyttene

Tabell 11 Oversikt over energibruk per bruksdag sommer og vinter (egen tilpassing etter opplysning fra Asplan Viak om aggregerte verdier).

| | Per bruksdag |
|-------------|--------------|
| Li sommer | 28,28 kWh |
| Li vinter | 138,74 kWh |
| Tind sommer | 20,16 kWh |
| Tind Vinter | 67,48 kWh |

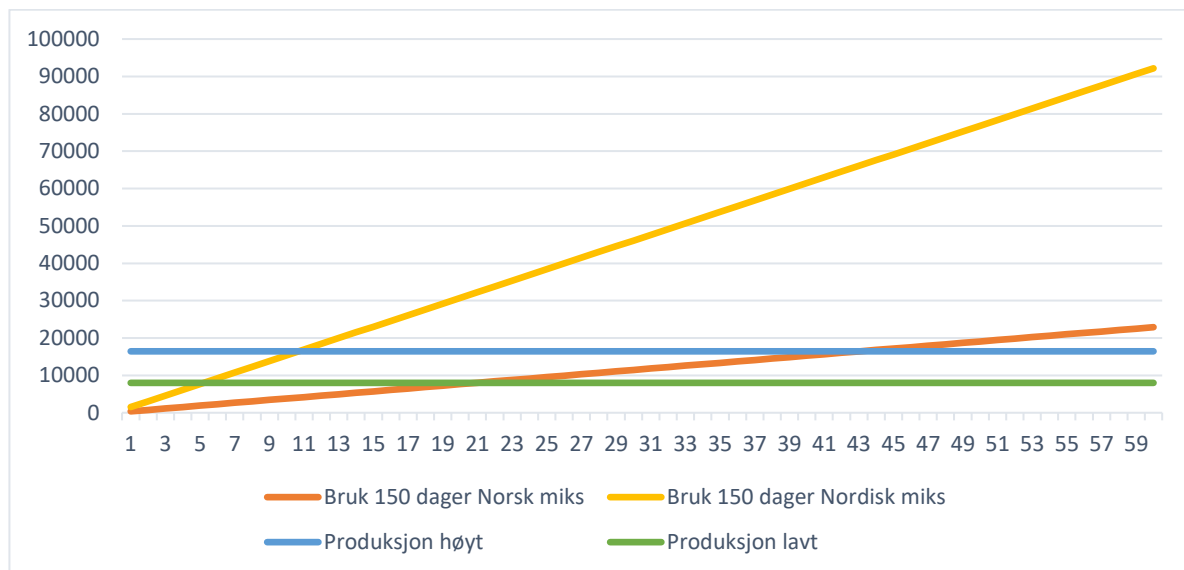
Asplan Viak opplyser at det brukes energi utenom bruksdager, såkalt stand by energi. Denne energien er inkludert i tabellen når vi deler på bruksdager. Vi inkluderer hele livsløpet for elektrisitet med utslipp per kWh på 0,0318 kg CO₂ ekvivalenter for norsk miks lav spenning (Ecoinvent 2019), og 0,128 kg CO₂ ekvivalenter for nordisk miks lav spenning².

Antall bruksdager for hytter er ukjent, og det finnes ulike estimat på antall bruksdager (Thorvaldsen 2019 og Brekke et. al 2018), for ei vanlig norsk hytte oppgis vanligvis mellom 30 og 60 dager. Asplan Viak har i sine kalkulasjoner beregna at hyttene som inngår i framtidens Hyttegrend har 40 bruksdager sommer og 35 bruksdager vinter. Vi ser på hvordan en dobling i bruksdager kan slå ut i forhold til samla klimagassutslipp ved å gjøre en enkel analyse for hyttetypen Li der vi ser på et scenario med 75 bruksdager og et scenario med 150 bruksdager.



Figur 6 Avveining mellom økt bruk og gevinst ved besparelse fra å bygge mindre hytter ved bruk 75 dager sett over et livsløp på 60 år. Y-aksen viser utslipp målt som kg CO₂ ekvivalenter, mens X-aksen viser antall bruksår.

² <https://www.asplanviak.no/aktuelt/2016/02/03/nordisk-stroem-blir-renere/> sist åpnet 05.02.2020.



Figur 7 Avveining mellom økt bruk og gevinst ved besparelse ved å bygge mindre hytter. Bruk av hytta 150 dager sett over et livsløp på 60 år. Y-aksen viser utslipp målt som kg CO₂ ekvivalenter, mens X-aksen viser antall bruksår.

Et av målene med prosjektet Framtidens hyttegrend er å se på muligheten for at hytter kan deles på flere eiere og brukere. En mulig konsekvens kan være at antall bruksdager går opp per hytte siden flere brukere har tilgang til hytta. Figurene over viser at klimagassutslipp for hyttebruken øker vesentlig ved dobling i antall bruksdøgn.

Scenariet med 75 bruksdager viser utslippet fra bruk og produksjonen er omtrent likt etter 42 år med antatt norsk elektrisitetmiks og det laveste utslippet fra materialer, og at ved nordisk miks blir produksjonsutslippet tatt igjen etter 10 år. Ved det høyeste antatte utslipp fra bygging av hyttene tar det hele 86 år før klimagassutslipp fra bruk utligner produksjonsutslippene for norsk elektrisitetmiks, mens det for nordisk elektrisitetmiks tar 21 år.

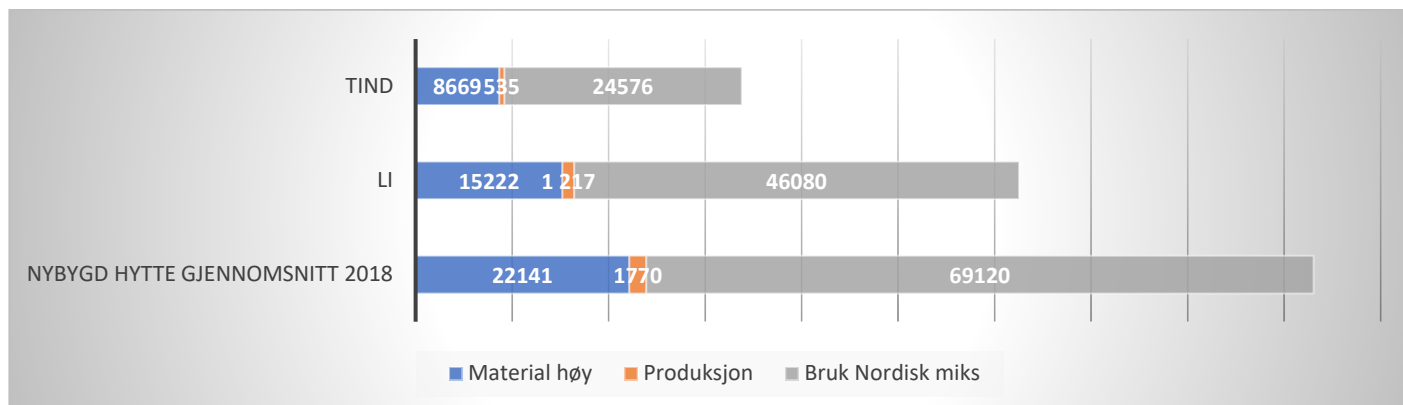
Økes bruksdager til 150 dager så tar utslippet fra bruken igjen utslippet fra produksjon (lavt scenario) av hytta etter 21 år for norsk elektrisitetmiks og 5 år med nordisk elektrisitetmiks. Mens det tar henholdsvis 43 år (norsk elektrisitetmiks) og 11 år (nordisk elektrisitetmiks) om vi antar det høyeste scenario for klimapåvirkning i hyttebygging.

Dette illustrer at om vi ser på hytta isolert³ vil økning i bruksdager være en motvekt til besparelser gjort i materialvalg.

3.5 Sammenligning av ulike hyttetypene sett over deres totale livsløp

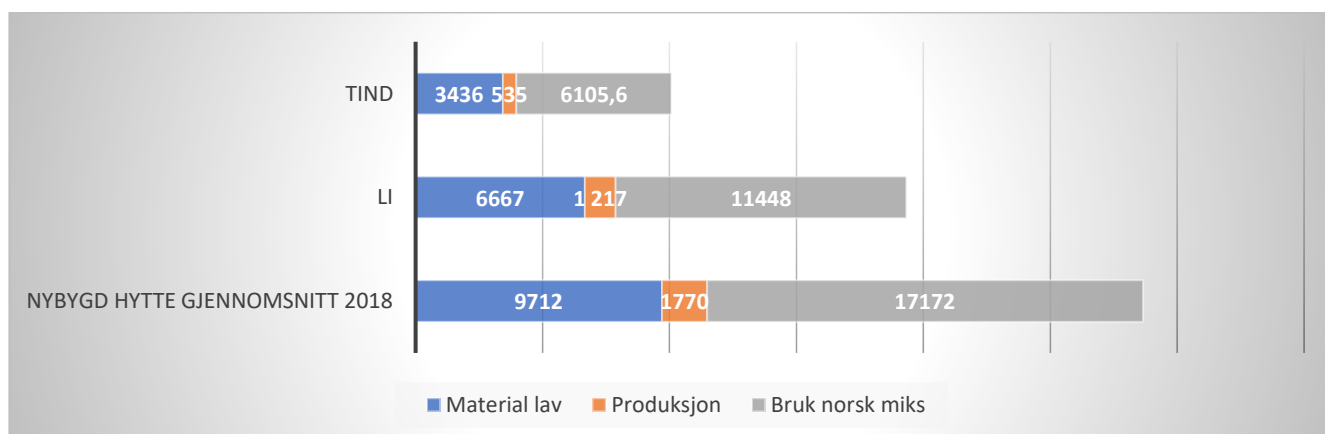
Vi sammenligner de tre hyttetypene over hele deres livsløp med ei antatt levetid på 60 år. Vi gjør denne sammenligninga med en antakelse om at hyttene brukes 75 dager per år. Vi viser to ulike beregninger, en med høyt scenario for materialbruk der vi antar nordisk elektrisitetmiks, og en med lavt scenario for materialvalg og antakelse om norsk elektrisitetmiks.

³ Vi har ikke vurdert transporten til og fra hytta eller hva alternativ energibruk og tilhørende klimagassutslipp for brukere av hytta vil være.



Figur 8 Forskjell mellom hyttetyper sett over deres totale livsløp antatt bruk 75 dager per år, antatt høyt utslipp materialbruk og med nordisk elektrisitetsmiks, verdier oppgitt i kg CO₂ ekv.

Figur 8 viser at for hyttetype Li utgjør valg av materialer om lag 24,3 prosent av utslippene, at bruksfasen utgjør 73,7 prosent av utslippene, mens selve sammensettinga av hytta utgjør kun 2 prosent. Det samme trenden gjelder for Tind og den norske gjennomsnittshytta. Det er med andre ord bruksfasen som betyr mest sett i et 60 års perspektiv når vi antar nordisk energimiks.



Figur 9 Forskjell mellom hyttetyper sett over deres totale livsløp antatt bruk 75 dager per år, lavt utslipp materialer og med norsk elektrisitetsmiks verdier oppgitt i kg CO₂ ekv.

Figur 9 som antar en norsk energimiks og det laveste utslippsscenarioet for materialer finner at materialer utgjør omtrent 34,8 prosent av de samla utslippene, mens bruksfasen utgjør 58,9 prosent av de samla utslippene, mens 7,3 prosent av utslippene er fra byggefasen for hyttetype Li.

Med de samme forutsetningene knyttet til bruken av hytta finner vi at både Tind og Li gir betydelig besparelser sett over hele livsløpet sammenligna med den norske nybygde gjennomsnittshytta. Figur 9 viser at **Tind gir en reduksjon i klimagassutslipp på hele 65 prosent og Li en besparelse på 32,5 prosent klimagassutslipp sammenligna med den norske nybygde gjennomsnittshytta**, mens Tind gir en besparelse på 48 prosent relativ til Li sett over livsløpet til hyttene⁴.

⁴ Besparelser er nokså likt i antakelse med norsk elektrisitetsmiks illustrert i figur 9 og med nordisk elektrisitetsmiks. Legger vi figur 8 til grunn gir Tind en besparelse på 64 prosent og Li en besparelse på 33 prosent i forhold til den norske nybygde gjennomsnittshytta, mens Tind gir en besparelse på 46,5 prosent i forhold til Li.

4.0 Dokumentasjon klimagassutslipp fra materialer

4.1 Isolasjon

Det er to ulike materialvalg som Stiv kuling står over i valg av isolasjon. De kan enten velge glassull eller trefiber.

Det eksisterer en EPD for glava-produktet som Stiv kuling viser til, GLAVA PROFF **34 PLATE** 150X570X1200MM⁵. Det er i EPD oppgitt en levetid på 60 år og produktet som det gjøres en LCA vurdering av i EPD'en er: 1 m² glassull isolasjonsmateriale med 34 mm tykkelse og densitet lik 17,5 kg/m³ som gir en deklarerert termisk motstand lik $R = 1 \text{ m}^2 \text{ K/W}$. Per M² har produktet et CO₂ utslipp på 0,49 kg CO₂.

Stiv kuling oppgir at det skal dekke 53,9 M³, CO₂ utslippet per kg isolasjonsmaterialer er 0,82 CO₂ ekv, så det samla utslippet for **53,9 M³ med glassull er 776,4 kg CO₂**.

Fordeler vi dette over 60 år og per M₂ BRA (66) blir det samla 0,17 CO₂ ekv. per 1 M₂ BRA over 60 år. Og utslippet per 1 M³ er 14,41 kg CO₂eq/m³. Sammenligner vi dette med tidligere EPD⁶ kommer den fram til 21,14 kg CO₂eq/m³. Altså en nedgang på 33 prosent mellom de to EPDene, noe som i hovedsak skyldes at det er brukt ulike elektrisitets mikser knyttet til produksjonen i Norge. Den eldste EPDen brukte en NORDEL-miks med 189 g CO₂ ekv. per kWh, mens det i siste studie ble brukt 29 g CO₂ ekv. per kWh.

I dag eksisterer det ikke EPD for trefiberisolasjon og spesifikt for Hunton nativo trefiberisolasjon som Stiv kuling har pekt på som mulig isolasjonsmateriale. SINTEF⁷ har gjort en miljøvurdering der de har sett trefiberisolasjon opp mot glassull. Her finner de at pga. karbonbinding kan det argumenteres for negative utslipp i produksjonsfasen fra de to trefiberproduktene som ble vurdert, på denne bakgrunn konkluderer de med at trefiber har mindre klimagassutslipp enn glassull. I tillegg kommer trefiber gunstig ut pga. energigjenvinning (ibid. s 21).

Hunton selv har lagt ut en vurdering med samme konklusjoner⁸. Her vises til et høyt og lavt scenario for mineralull på henholdsvis 1,50 og 0,74 (sist nevnte viser til den eldste EPD fra Glava, mens ny verdi med norsk el-miks er 0,49 kg), og at tilsvarende for Nativo trefiberplater produsert på Gjøvik er 0,78 kg CO₂ ekv. Sammenligninga bygger på fase A1-A3, det vil si utslipp som knyttes til utvinning av råvarer, transport av råvarer, produksjonsprosesser til ferdig produkt ferdig til utsendelse fra fabrikk. Inkluderes karbon lagret kommer de fram til et samla negativt utslipp på -2,02 kg CO₂ for fasen A1-A3, men ved C3 og C4 avfallshåndtering går bundet CO₂ tilbake, i tillegg må transporten medregnes. I et scenario der all bundet CO₂ går tilbake ved avfallshåndtering blir det samla CO₂ utslippet 1173 kg for 53,9 M³.

Det er basert på eksisterende kunnskap vanskelig å fastslå hva som er det beste alternativet for isolasjonsmaterialet av trefiber og glassull sett i ett energi- og klimaperspektiv.

⁵ <http://media.byggjeneste.no/media/dokument/643994>

⁶ https://www.epd-norge.no/getfile.php/136240-1469703940/EPDerEPD'er/Byggevarer/Isolasjon/NEPD-221E_Glava_glass_wool.pdf

⁷ http://www.bygningsfysikk.no/NorskBygningsfysikkdag2014/03_Holme.pdf

⁸ https://www.hunton.no/wp-content/uploads/2018/08/isolereoglagreco2_web.pdf

4.2 Massiv fundamentering

For betong har vi lagt til grunn produktet B30 M60 fra ferdigbetong AS⁹ som beskytter mot regn og frost på vertikale flater har det ett samla klimagassutslippet per M³ på 231 kg. Fordeler vi dette over bruksareal og ei levetid på 60 år blir det 0,21 kg CO₂ ekv. per 1 M² BRA over 60 år.

Vi har antatt at skiferstein inngår i naturstein, det finnes utgave både med og uten tykkelses-justering¹⁰ for skifer. Skifer har ei egenvekt på 2,71 tonn per M³, og utslippet per tonn er 209 kg CO₂ ekv. for tykkelsesjustert og 117 kg CO₂ ekv for ikke tykkelsejustert. Per M³ er utslippene henholdsvis 566,4 kg CO₂ ekv. og 317,07. Fordeler vi dette over bruksareal og ei levetid på 60 år blir det henholdsvis 1 kg, og 0,56 kg CO₂ ekv. per 1 M² BRA over 60 år.

Sett i livsløpsperspektiv og med hensyn til klimagassutslipp framstår betong som en bedre løsning enn skifer.

I tillegg benyttes det armeringsstål, konstruksjonsstål søyler, konstruksjonsstål innstøpingsplater, murmørtel og lettklinker. Under er CO₂ ekv. utslippet for disse produktene:

Tabell 12 Utslippsfaktorer brukt som grunnlag for å beregne utslipp fra fundamentering faktorer oppgitt i CO₂ ekv.

| Produkt | Utslippsfaktor |
|----------------------------------|--|
| Armeringsstål ¹¹ | 0,328 CO ₂ ekv per kg |
| Lettklinker | 121,24 kg CO ₂ ekv per M ³ |
| Welded steel tubes ¹² | 0,368 CO ₂ ekv per kg |
| B30 M60 | 231 CO ₂ ekv per tonn |
| Skifer tykkelsesjustert | 209 CO ₂ ekv per tonn |
| Murmørtel ¹³ | 0,153 CO ₂ ekv. per kg |

Med utgangspunkt i hyttetypen Li er det sett på to ulike fundamentløsninger med fire ulike materialvalg (se eget notat grunnlagsdata for fundamentering i anneks 1)

Tabell 13 Materialmengder brukt i fundamentering

| Materialvalgsløsning | Fundamenteringsprinsipp 1 | Fundamenteringsprinsipp 2 |
|----------------------|---------------------------|---------------------------|
| Løsning A | A1 | A2 |
| Betong (kg) | 14640 | 23880 |
| Armeringsstål (kg) | 488 | 796 |
| Løsning B | B1 | B2 |
| Betong (kg) | 13680 | 23448 |
| Armeringsstål (kg) | 456 | 782 |

⁹ https://www.epd-norge.no/getfile.php/1310938-1565781745/EPDerEPD'er/Byggevarer/Ferdig%20betong/NEPD-1833-765_B30-M60

¹⁰ https://www.epd-norge.no/getfile.php/139613-1549537087/EPD'er/Byggevarer/Naturstein/NEPD-1673-671_Naturstein-av-skifer--naturplan-polert-slipt-overfalte--saget-kant--Altaskifer.pdf

¹¹ <https://produktkatalog.norskstaa.no/files/2019/03/Norsk-St%C3%A5l-EPD-Armeringst%C3%A5l-09.09.15.pdf>

¹² https://www.epd-norge.no/getfile.php/137249-1490262986/EPDerEPD'er/Byggevarer/St%C3%A5lkonstruksjoner/NEPD-1300-421_Welded-Steel-Tubes.pdf

¹³ <http://media.byggjeneste.no/media/dokument/259436>

| | | |
|--|-------|-------|
| Konstruksjonsstål, søyler (kg) | 204 | 79 |
| Konstruksjonsstål, innstøypingsplater | 35 | 22 |
| Løsning C | C1 | C2 |
| Betong (kg) | 1728 | 6586 |
| Murmørtel og puss (kg) | 1162 | 1824 |
| Armeringsstål (kg) | 58 | 220 |
| Konstruksjonsstål, søyler (kg) | 204 | 79 |
| Konstruksjonsstål, innstøypingsplater (kg) | 35 | 22 |
| Lettklinker (kg) | 3624 | 4827 |
| Løsning D | D1 | D2 |
| Betong (kg) | 1728 | 10800 |
| Armeringsstål (kg) | 58 | 360 |
| Konstruksjonsstål, søyler (kg) | 204 | 79 |
| Konstruksjonsstål, innstøypingsplater | 35 | 22 |
| Natursteinsmur (kg) | 33180 | 30492 |

Tabell 14 Klimagassutslipp knyttet til ulike fundementeringsløsninger oppgitt i kg CO₂ ekvivalenter

| | Løsning 1 | Løsning 2 |
|--------------------------------|-----------|-----------|
| A. Betong | 3 541,8 | 5 777,4 |
| B. Betong og stål | 3 415,9 | 5 706,1 |
| C. lettklinker, betong og stål | 1 649,8 | 2 889,1 |
| D. naturstein, betong og stål | 7 071,2 | 9 018,8 |

4.3 Vindbeskyttelse

Stiv kuling har oppgitt at to produkter er aktuelle å bruke som vindbeskyttere.

- (1) GU gips¹⁴, Glasroc H Storm /9,5mm som har et klimagassutslipp på 4,04 CO₂ ekv. per M₂. Utslipp per M₃ er 425,6 kg. Stiv kuling opplyser at det trengs om lag 1,1 M³ med vindbeskyttelse noe som gir et total 468,16 kg CO₂ ekvivalenter. Fordeler vi dette over bruksarealet og levetid på 60 år gir det 0,12 kg CO₂ ekv. per 1 M² BRA over 60 år.
- (2) Hunton Vindtett¹⁵ med 12 mm tykkelse, per 1 M² er det oppgitt et utslipp på 1,91 kg CO₂ ekvivalenter for fase A1 til og med C4. Gir et samla utslipp per 1 M³ på 159,2 kg CO₂ ekvivalenter. Stiv kuling opplyser at de vil bruke om lag 1,85 M³ noe som gir et samla utslipp på 294,5 kg CO₂ ekvivalenter. Fordeler vi dette over bruksarealet og levetid på 60 år gir det 0,07 kg CO₂ ekv. per 1 M₂ BRA over 60 år.

Hunton Vindtett framstår i et livsløpsperspektiv som det klart beste alternativet for vindbeskyttelse.

¹⁴ <http://media.byggjeneste.no/media/dokument/474272>

¹⁵ <http://media.byggjeneste.no/media/dokument/463757>

4.4 Kledning inne

For kledning inne er det gjort ei vurdering av av Vänerply kryssfinér av gran¹⁶ sett opp mot med heltrepanel av furu¹⁷. Ser vi på fasen A1 til og med C4 er utslippet på 91,4 kg CO₂ ekvivalenter for produksjon av 1M³ kryssfiner av gran, tykkelsen på produktet er 15 mm¹⁸ dvs. 1 M³ tilsvarer 66,66 M². For heltrepanel av furu kommer vi fram til et utslipp på 1,39 kg per M², tykkelsen på produktet er 14 mm dvs. og 1 M³ tilsvarer 71,43 M², noe som gir et utslipp per M³ på 99,28 kg. Produktene er ikke direkte sammenlignbare knyttet til mengde som kreves siden de har ulik tykkelse, per M² vil det kreve 6,67 prosent mindre volum av heltrepanel av furu sammenlignet med Vänerply kryssfinér av gran¹⁹. Vi antar i vår beregning at det brukes 4,74 M³ av kryssfiner av gran og 4,40 M³ av heltrepanel med furu. Noe som gir et klimagassutslipp på henholdsvis 433,24 kg for Vänerply kryssfinér av gran og 436,83 kg for heltrepanel av furu. For fasene A1 til og med C4 vil Vänerply kryssfinér av gran redusere utslippene med 3,6 kg CO₂ ekvivalenter sammenligna med heltrepanel av furu.

4.5 Kledning ute

Stiv kuling har oppgitt fire alternativer for kledning ute, vi har funnet EPD for alle alternativene:

- (1) Kebony²⁰ 1 M³ har et utslipp på 489,5 kg CO₂ ekvivalenter (energigjenvinning fase D utelatt) med opphavsområde USA, og 407,6 kg CO₂ ekvivalenter med opphavsområde EU. Stiv kuling opplyser at de har behov for 4,42 M³ for i kledning utendørs for hyttetyper Li. Dette gir et samla CO₂ ekv. utslipp på henholdsvis 2 163,6 (USA) og 1801,6 kg CO₂ ekvivalenter. Fordeler vi dette over bruksarealet og levetid på 60 år gir det 0,55 (USA) og 0,45 (EU) kg CO₂ ekv. per 1 M² BRA over 60 år.
- (2) Møreroyal royalimpregnert trelast av furu²¹ har et CO₂ utslipp på 237,2 kg CO₂ ekvivalenter per M³ (energigjenvinning fase D utelatt). Dette gir et utslipp på 1 048,4 kg CO₂ ekvivalenter for hyttetype Li. Fordeler vi dette over bruksarealet og levetid på 60 år gir det 0,26 kg CO₂ ekv. per 1 M² BRA over 60 år.
- (3) Malmfuru²² fra Moeleven har et CO₂ ekvivalent utslipp per M³ på 101 kg CO₂, og det totale utslippet er 446,4 kg CO₂ ekvivalenter for hyttetype Li.
- (4) I EPDen knyttet til Accoya trevirke er det angitt tre ulike tretyper som kan inngå i produksjonen det er montereyfuru, furu og bøk. Hver av de ulike treartene gir ulikt klimagassutslipp per 1M³²³. I EPDen er det fase A1-A3 som er tatt hensyn til, men det opplyses at slutt punktet for fase A1-A3 er ved utsalg fra varehus i Norge dvs. inklusive A4 for sammenlignbare produkter. Det er ikke tatt hensyn til avfallsprosessering og håndtering, men ved hjelp av egenvekta er det mulig å beregne fase C3 og C4 (se metodekapittel). Det opplyses i EPDen fra Accoya trevirke at vekta på montereyfuru er 510 kg per M³, furu 540 kg M³, og bøk 755 kg M³. Vi antar at det er 1,83 kg biogent karboninnhold per kg tørt trevirke (se metodekapittel), og vi ser dette med utslipp oppgitt i fase A1-A3. Utslippet per M³ er 374,1 kg CO₂ ekv. for bøk, 502 kg CO₂ ekv. for montereyfuru, og 249 kg CO₂ ekv. for furu. Det gir et samla utslipp på henholdsvis 1653,5 kg

¹⁶ https://www.epd-norge.no/getfile.php/139413-1538388653/EPDerEPD'er/Byggevarer/Heltreprodukter/NEPD-1579-604_Kryssfiner_1.pdf

¹⁷ <http://media.byggjeneste.no/media/dokument/240187>

¹⁸ <https://www.nobb.no/Vare/54373703>

¹⁹ https://www.epd-norge.no/getfile.php/139413-1538388653/EPDerEPD'er/Byggevarer/Heltreprodukter/NEPD-1579-604_Kryssfiner_1.pdf

²⁰ <http://media.byggjeneste.no/media/dokument/402231>

²¹ <http://media.byggjeneste.no/media/dokument/716801>

²² https://www.epd-norge.no/getfile.php/139808-1548156954/EPD'er/Byggevarer/Heltreprodukter/NEPD-1691-682_Malm100.pdf

²³ <http://media.byggjeneste.no/media/dokument/506446>

CO₂ ekv. for bøk, 2 218,8 kg CO₂ ekv. for montereyfuru fra New Zealand og 1100,5 kg CO₂ ekv. for furu fra Sverige.

Malmfuru fra Moelven framstår som det beste alternativet etterfulgt av Møre Royal.

4.6 Konstruksjon

Jatak har opplyst at de benytter konstruksjonselement av trevirke med 16 spikerplater²⁴, for å produsere ett sett kreves 27,2 kg CO₂ ekv. i fase A1 til og med C4. Vi antar at de trenger to konstruksjonselement og at totalutslippet fra konstruksjonselement er 57,4 kg CO₂ ekv.

Jatak opplyser at de benytter konstruksjonsvirke av gran og furu²⁵ og oppgir at de benytter om lag 3 150 kg tilknytt hyttetype Li. Utslipp i CO₂ ekv. per M³ for fase A1-C4 er 8,3 M³, vekta per M³ er 420 kg, så totalt vil det kreve 7,5 M³ i konstruksjonsvirke som gir et samla utslipp på 655 kg CO₂ ekv.

I tillegg benyttes om lag 750 kg med Limtrebjelker²⁶ i konstruksjonen. Utslipp per M³ for fase A1-C4 er 106 kg CO₂ ekv, vekta per M³ er 424,85 kg, så totalt vil det kreve 1,765 M³ med limtre som gir et samla utslipp på 187,1 kg CO₂ ekv.

Det samla utslippet fra konstruksjonen er 899,5 kg CO₂ ekv. Fordeler vi dette over bruksarealet og levetid på 60 år gir det 0,23 kg CO₂ ekv. per 1 M² BRA.

4.7 Vinduer

Vi antar at det brukes tre lags vinduer fra Nordvestvindu²⁷ med målene 1,23 m * 1,48 m. De samla utslippene fra å produsere ett vindu med flate 1,82 M² er 140 kg CO₂ ekv. uten aluminiumsbekledning og 240 CO₂ ekv. inklusive aluminiumsbekledning for fase A1-C4. Det opplyses at levetida er forskjellig henholdsvis 40 år og 60 år. Det opplyses at glassarealet er 34 M² for hyttetype LI (pers.komm) som gir et totalutslipp på 2 614,6 (76,9) kg CO₂ ekv. uten aluminiumsbekledning og 4 483,24 (131,86) kg CO₂ ekv. med aluminiumsbekledning. Fordeler vi utslipp på bruksareal og levetida, blir det 0,70 kg CO₂ ekv. med aluminiumsbekledning og 0,61 kg uten aluminiumsbekledning. Tar vi med fase D resirkulering vil aluminiumsvindu være det foretrekte valget 0,58 kg CO₂ ekv. (67,55 kg CO₂ ekv. per M²) vs. 0,54 kg CO₂ ekv (62,89 kg CO₂ ekv. per M²).

4.8 Golv

Vi har ikke funnet noen EPD'er for de spesifikke golvløsningene som Stiv Kuling beskriver. Vi velger derfor å benytte to tilgjengelige EPD'er, en for heltregulv med furu²⁸, og en med sponplater²⁹. Stiv kuling opplyser at gulvarealet til hyttetype Li er på 51,9 M² (herav 27,5 M² mot grunn). Per M² er utslippet 2,61 kg for heltregulv med furu. Vi har beregna et utslipp i CO₂ ekv. på 135,5 kg. Sponplater har et utslipp i CO₂ ekv. på 417 kg CO₂ per M³, det benyttes ca. 1 M³ for hyttetype Li.

²⁴ https://www.epd-norge.no/getfile.php/135771-1468932857/EPDerEPD'er/Byggevarer/Heltreprodukter/NEPD-395-279-NO_Prefabrikkert-konstruksjonselement-av-trevirke-med-spikerplate.pdf

²⁵ <https://www.moelven.com/globalassets/certificates-and-policies/epd/epd-moelvenwood-k-virke-g-f-nepd-308-179-no-konstruksjonsvirke-av-gran-og-furu-gk.pdf>

²⁶ https://www.epd-norge.no/getfile.php/139068-1530528866/EPDerEPD'er/Byggevarer/Heltreprodukter/NEPD-1576-605_Standard-limtrebjelke.pdf

²⁷ https://www.epd-norge.no/getfile.php/135723-1468927329/EPDerEPD'er/Byggevarer/D%C3%B8rer%20og%20vinduer/NEPD-385-265-NO_Nordvestvinduet-Innsl--ende-vindu.pdf

²⁸ https://www.epd-norge.no/getfile.php/139063-1530192999/EPD'er/Byggevarer/Heltreprodukter/NEPD-1578-604_Heltregulv.pdf

²⁹ https://www.epd-norge.no/getfile.php/137415-1575452921/EPD'er/Byggevarer/Bygningsplater/NEPD-1324-428_Arbor-Sponplater-Gulv--Vegg-og-Tak-Standard.pdf

5.0 Oppsummering

- Det er et betydelig besparingspotensial i forhold til materialvalg. Velges materialene med lavest utslipp målt i CO₂ ekvivalenter kan det gi besparelser på inntil 61 prosent.
- Design og utforming av hytta har betydning og vi finner at det kan redusere klimagassutslipp med 16 prosent ved å sammenligne hyttetyper Li og Tind.
- Besparelsen for hyttetype Tind i forhold til en nybygd gjennomsnittshytte er en reduksjon på 65 prosent klimagassutslipp sett over hyttas levetid på 60 år, mens besparelsen for hyttetype Li i forhold til en gjennomsnitts nybygd hytte er 32,5 prosent over hyttas levetid på 60 år.
- Rapporten kan forbedres med å finne enda mer spesifikke opplysninger knytta til materialvalg og relativisere disse til de aktuelle byggeområdene. Vi har f.eks. antatt generiske verdier i produksjonsfase og for transport av materialer.
- Rapporten har bare sett på klimagassutslipp, og vurderinger knyttet til areal har ikke inngått. Vurdering av arealbruk og potensiell biodiversitetspåvirkning i utbyggingsområdet vil være et viktig supplement til denne analysen.
- Rapporten har ikke gjort ei vurdering av alternativ tidsbruk og energibruk for brukere av hyttene.
- Et annet viktig supplement er å kartlegge driveren for hytteutbygging (se eget notat Solbraa 2019), og klimapåvirkninga som transport til og fra hytta har i bruksfasen.

6.0 Referanser

Brekke et. al (2018) Hvor klimavennlig er det å ta med seg hytta på ferie? Et klimagassregnskap for bobiler. Tilgjengelig her:

https://www.ostfoldforskning.no/media/2088/or_25_18_klimagassregnskap_bobiler.pdf Sist åpnet 08.12.2019

EPD Norge (2019) Byggevarer. Tilgjengelig her: <https://www.epd-norge.no/byggevarer/category315.html> sist åpnet 08.12.2019.

NOBB (2019) Byggvaredatabase. Tilgjengelig her: <https://www.nobb.no/> sist åpnet 08.12.2019.

OneClick LCA 2019 Gjennomsnittlig energi og drivstoff bruk i byggeplassen - Norden (per BTA). Tilgjengelig her: <https://www.oneclicklca.com/> sist åpnet 08.12.2019

Pettersen, Trine Dyrstad (2015) Bruksanvisning for EPDer. Power-point presentasjon på konferansen Brød og miljø 11. november 2015. Presentasjonen er tilgjengelig [her](#) sist åpnet 13.02.2019.

Solbraa, T (2019) Hyttedeling- hvorfor eie, når vi kan dele? Vestlandsforskning-notat nr. 3/2019.

Thorvaldsen, Marius B. (2019) *Bærekraftige hytter*. MS thesis. NTNU. Tilgjengelig her: <https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/handle/11250/2624641> Sist åpnet 08.12.2019

Pers.komm. møte med Stiv kuling 21. november 2019.

Anneks 1

Framtidas hyttegrend. LCA (Life Cycle Assessment). Grunnlagsdata for fundamentering

Innleiing

I prosjektet «Framtidas hyttegrend» er det vist fire ulike hyttetypar, og med tanke på fundamentering er det intensjonen at ein skal kunna leggja til grunn eit felles byggeprinsipp som svarar på dei utfordringar ein har ved hyttebygging i varierende terreng og med varierende grunnforhold. Desse utfordringane kan listast opp slik:

Ulik terrenghelling

Ulike massar i grunnen

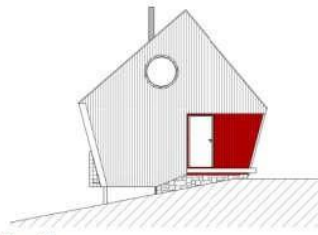
Ulik horisontal lastpåkjenning frå massar i grunnen, frå snølastar og frå vindlastar

Ulik hytteform og hyttevekt med tilhøyrande ulike vertikallaster

I «Framtidas hyttegrend» vert det lagt til grunn at terrenginngrepa skal vera så lite omfattande som mogleg. I det ligg at ein må søka å finna eit fundamenteringsprinsipp som gjer det mogleg å la terrengformasjonane i størst mogleg grad vera urørt, samstundes med at utfordringane nemnt ovanfor vert løyst og vareteke. Det er også ei målsetting at materialbruken skal vera så liten som mogleg.

Hyttetype og fundamenteringsprinsipp

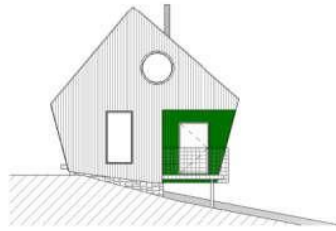
Ein har valt å ta utgangspunkt i hyttetypen Li, og sjå på fundamenteringsløyisingar for materialane betong, betong+stål, lettklinker+betong+stål, naturstein+betong+stål. Dette er ei relativt stor hytte der det kan vera aktuelt med ulike form for fundamentering. Her tek vi føre oss to variantar som vist nedanfor.



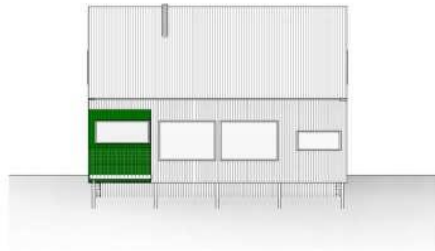
"Aust"
1 : 100



"Nord"
1 : 100

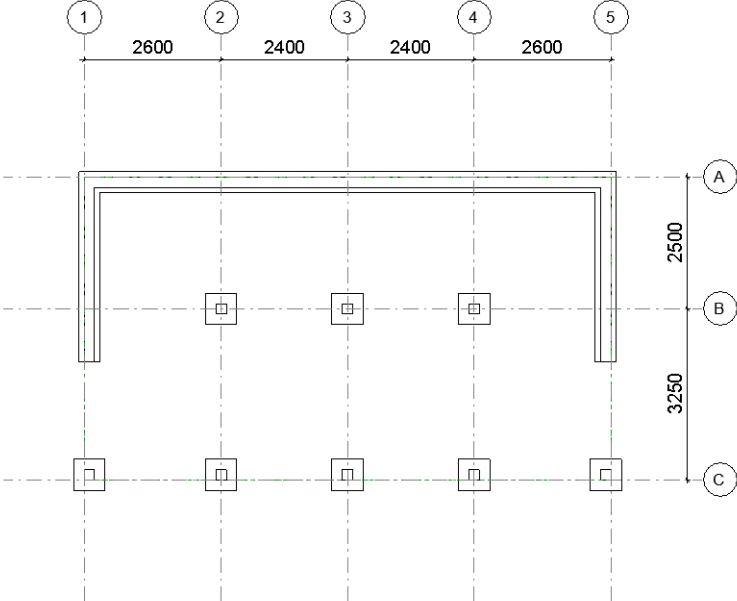


"Vest"
1 : 100

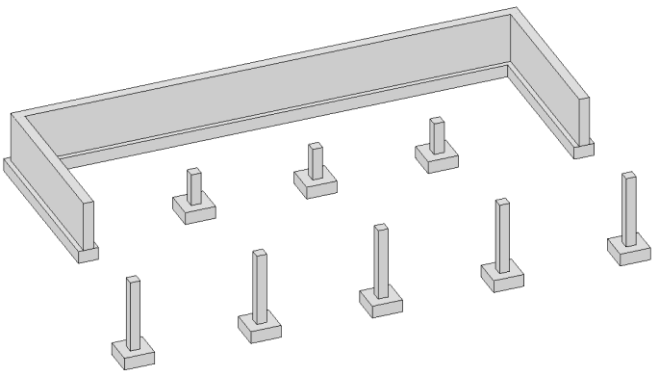
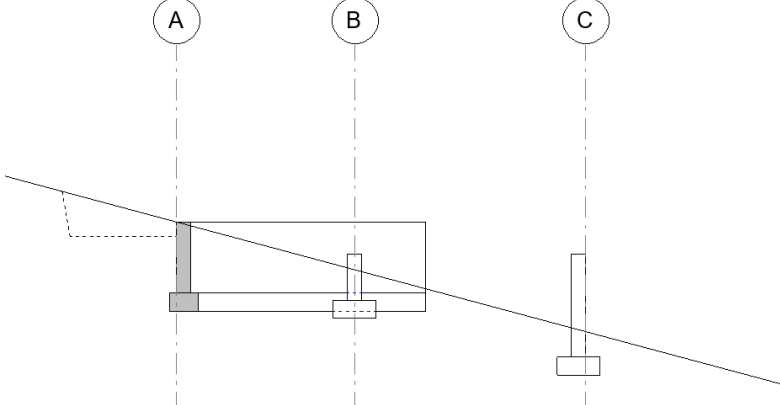


"Syd"
1 : 100

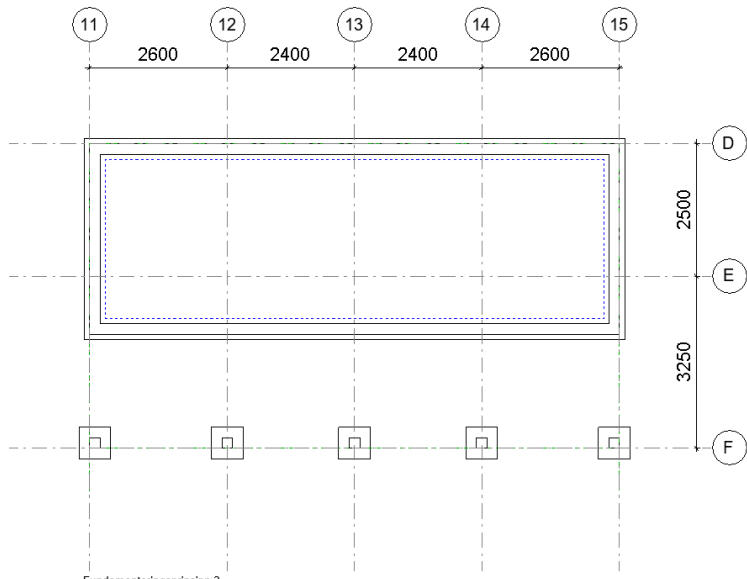
Fundamenteringsprinsipp 1



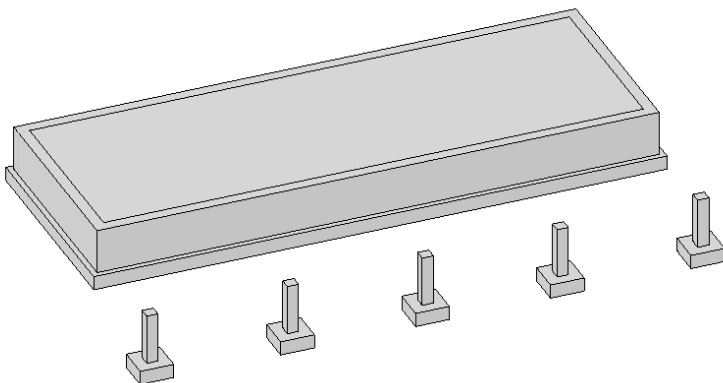
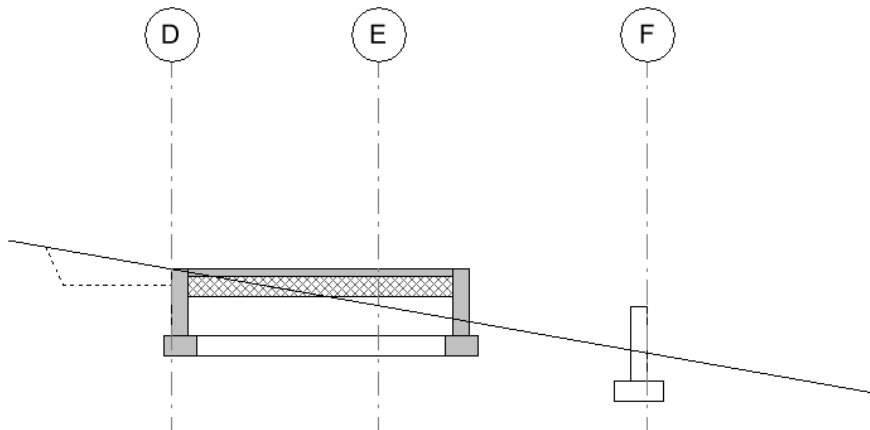
Fundamenteringsprinsipp 1
Betong, god byggegrunn av lausmassar, terrenghelling 15 grader



Fundamenteringsprinsipp 2



Fundamenteringsprinsipp 2
Betong, god byggegrunn av lausmassar, terrenghellning 10 grader



Grunnlag for livssyklusanalyse (LCA)

I tabell vist nedanfor er det vist utrekna volum og vekt for ulike materialar knytt til dei to fundamenteringsprinsippa omtala ovanfor (isolasjon i golv ikkje medteke).

Utføring med betong

| Materialspefifikasjon | Fundamenteringsprinsipp 1 | | | Fundamenteringsprinsipp 2 | | |
|-----------------------|---------------------------|--------------------|------------|---------------------------|--------------------|------------|
| | Volum m3 | Eigenvekt kg/m3 | Vekt kg | Volum m3 | Eigenvekt kg/m3 | Vekt kg |
| Betong | 6,10000 | 2400 | 14640 | 9,95000 | 2400 | 23880 |
| Armeringsstål | | | 488 | | | 796 |

Utføring med betong og stål

| Materialspefifikasjon | Fundamenteringsprinsipp 1 | | | Fundamenteringsprinsipp 2 | | |
|---------------------------------------|---------------------------|--------------------|------------|---------------------------|--------------------|------------|
| | Volum m3 | Eigenvekt kg/m3 | Vekt kg | Volum m3 | Eigenvekt kg/m3 | Vekt kg |
| Betong | 5,70000 | 2400 | 13680 | 9,77000 | 2400 | 23448 |
| Armeringsstål | | | 456 | | | 782 |
| Konstruksjonsstål, søyler | 0,02600 | 7850 | 204 | 0,01000 | 7850 | 79 |
| Konstruksjonsstål, innstøypingsplater | 0,00440 | 7850 | 35 | 0,00275 | 7850 | 22 |

Utføring med lettklinker, betong og stål

| Materialspefifikasjon | Fundamenteringsprinsipp 1 | | | Fundamenteringsprinsipp 2 | | |
|---------------------------------------|---------------------------|--------------------|------------|---------------------------|--------------------|------------|
| | Volum m3 | Eigenvekt kg/m3 | Vekt kg | Volum m3 | Eigenvekt kg/m3 | Vekt kg |
| Betong | 0,72000 | 2400 | 1728 | 2,74400 | 2400 | 6586 |
| Murmørtel og puss | 0,48400 | 2400 | 1162 | 0,75988 | 2400 | 1824 |
| Armeringsstål | | | 58 | | | 220 |
| Konstruksjonsstål, søyler | 0,02600 | 7850 | 204 | 0,01000 | 7850 | 79 |
| Konstruksjonsstål, innstøypingsplater | 0,00440 | 7850 | 35 | 0,00275 | 7850 | 22 |
| Lettklinker | 6,04000 | 600 | 3624 | 8,04500 | 600 | 4827 |

Utføring med naturstein, betong og stål

| Fundamenteringsprinsipp 1 | Fundamenteringsprinsipp 2 |
|---------------------------|---------------------------|
|---------------------------|---------------------------|

| Materialspesifikasjon | Volum m3 | Eigenvekt kg/m3 | Vekt kg | Volum m3 | Eigenvekt kg/m3 | Vekt kg |
|--------------------------------------|---------------------|----------------------------|--------------------|---------------------|----------------------------|--------------------|
| Betong | 0,72000 | 2400 | 1728 | 4,50000 | 2400 | 10800 |
| Armeringsstål | | | 58 | | | 360 |
| Konstruksjonsstål, søyler | 0,02600 | 7850 | 204 | 0,01000 | 7850 | 79 |
| Konstruksjonsstål, innstøpingsplater | 0,00440 | 7850 | 35 | 0,00275 | 7850 | 22 |
| Natursteinsmur | 11,85000 | 2800 | 33180 | 10,89000 | 2800 | 30492 |