

TITTEL:

Prosjektering av plusshus.

KANDIDATNUMMER(E):

10024, 10032, 10027

DATO:	EMNEKODE:	EMNE: IB303312	DOKUMENT
20/05/2019	IB303312	Bacheloroppgave	TILGANG: Åpen
STUDIUM:		ANT SIDER/VEDLEGG:	BIBL. NR:
Bygg Ingeniør		106/54	

VEILEDER(E) :

Tetje Tvedt

SAMMENDRAG:

Bygninger står for om lag 40% av det totale energiforbruket i verden. Skal vi ha en bærekraftig utvikling så kan ikke vi ignorere byggesektoren.

I vår oppgave har vi sett på tiltak for å redusere energibehovet og energiproduksjon i et plusshus. Vi har gjort lønnsomhetsberegninger av forskjellige kombinasjoner for energiproduksjon, energilagring og overføring. For produksjon av energi ble det sett på geotermisk energi, solkraft og vindkraft.

Vi ser at fremtiden ligger i fornybar energi og i dag er det veldig få bygninger i Norge som bruker selvforsynte fornybare energikilder.

Målet vårt er å finne ut om plusshus kan være lønnsomt i Norge og spesielt på Vestlandet. Vi har også prosjektert et konsept av plusshuset ved hjelp av tegneprogrammer.

Bygningskroppen er prosjektert etter passivhus standarden og oppfyller krav for NS 3700.

Denne oppgaven er en eksamensbesvarelse utført av studenter ved NTNU i Ålesund.

Obligatorisk egenerklæring/gruppeerklæring

<i>Du/dere fyller ut erklæringen ved å klikke i ruten til høyre for den enkelte del 1-6:</i>		
1.	Jeg/vi erklærer herved at min/vår besvarelse er mitt/vårt eget arbeid, og at jeg/vi ikke har brukt andre kilder eller har mottatt annen hjelp enn det som er nevnt i besvarelsen.	<input checked="" type="checkbox"/>
2.	Jeg/vi erklærer videre at denne besvarelsen: <ul style="list-style-type: none">• ikke har vært brukt til annen eksamen ved annen avdeling/universitet/høgskole innenlands eller utenlands.• ikke refererer til andres arbeid uten at det er oppgitt.• ikke refererer til eget tidligere arbeid uten at det er oppgitt.• har alle referansene oppgitt i litteraturlisten.• ikke er en kopi, duplikat eller avskrift av andres arbeid eller besvarelse.	<input checked="" type="checkbox"/>
3.	Jeg/vi er kjent med at brudd på ovennevnte er å <u>betrakte som fusk</u> og kan medføre annullering av eksamen og utestengelse fra universiteter og høyskoler i Norge, jf. Universitets- og høgskoleloven §§4-7 og 4-8 og Forskrift om eksamen §§14 og 15.	<input checked="" type="checkbox"/>
4.	Jeg/vi er kjent med at alle innleverte oppgaver kan bli plagiatkontrollert i Ephorus, se Retningslinjer for elektronisk innlevering og publisering av studiepoenggivende studentoppgaver	<input checked="" type="checkbox"/>
5.	Jeg/vi er kjent med at høgskolen vil behandle alle saker hvor det forligger mistanke om fusk etter høgskolens studieforskrift §31	<input checked="" type="checkbox"/>
6.	Jeg/vi har satt oss inn i regler og retningslinjer i bruk av kilder og referanser på biblioteket sine nettsider	<input checked="" type="checkbox"/>

Publiseringsavtale

Studiepoeng: 20

Veileder: Terje Tvedt

Fullmakt til elektronisk publisering av oppgaven

Forfatter(ne) har opphavsrett til oppgaven. Det betyr blant annet enerett til å gjøre verket tilgjengelig for allmennheten ([Åndsverkloven §2](#)).

Alle oppgaver som fyller kriteriene vil bli registrert og publisert i Brage HiM med forfatter(ne)s godkjennelse.

Oppgaver som er unntatt offentlighet eller båndlagt vil ikke bli publisert.

Jeg/vi gir herved NTNU i Ålesund en vederlagsfri rett til å
gjøre oppgaven tilgjengelig for elektronisk publisering:

ja nei

Er oppgaven båndlagt (konfidensiell)?

ja nei

(Båndleggingsavtale må fylles ut)

- Hvis ja:

Kan oppgaven publiseres når båndleggingsperioden er over?

ja nei

Er oppgaven unntatt offentlighet?

ja nei

(inneholder taushetsbelagt informasjon. [Jfr. Offl. §13/Fvl. §13](#))

Dato: 20.05.2019

Prosjektering av plusshus



INNHOLD

SAMMENDRAG	9
TERMINOLOGI	10
BEGREPER	10
1. INNLEDNING	11
1.1 PROBLEMSTILLING	11
1.2 BEGRENINGER AV OPPGAVEN	12
2 TEORETISK GRUNNLAG	13
2.1 PLUSSHUS	13
2.2 EKSISTERENDE PLUSSHUS	13
2.3 BARRIERER	13
3 FREMGANGSMÅTEN OG UTSTYR	16
3.1 DATAINNSAMLING	16
3.2 FREMGANGSMETODEN	16
4 ENERGI REDUSERENDE TILTAK:	19
4.1 BYGGE ETTER PASSIVHUSSTANDARD	19
4.1.1 Plassering på tomt	19
4.1.2 Bygningsform	20
4.1.3 Romplanløsning	21
4.2 ISOLASJON	22
Varmeisolasjonsmaterialer	22
4.2.1 Lufttetthet	23
4.2.2 Plassering av damp- og vindsperre	23
4.3 PASSIV SOLVARME	25
4.3.1 Vindu	25
4.3.2 Glassjikt	26
4.4 SOLSKJERMING	26
4.4.1 Nedkjøling og overoppvarming	27
4.5 OPPVARMING	29
4.5.1 Ventilasjon	29
4.5.2 Balansert ventilasjon	29
4.5.3 Vannbårenvarme:	30
4.6 VARMEPUMPE:	31
4.6.1 Luft-luft-varmepumpe	32
4.6.2 Luft-vann-varmepumpe:	32
4.6.3 Avtrekksvarmepumpe:	32
4.7 VÆSKE- VANN VARMEPUMPE OG GEOTERMISK ENERGI.	33
4.8 BIOENERGI	35
4.9 ENERGIPRODUKSJON:	35
4.9.1 Solenergi	36
4.9.2 Solfanger	37
4.9.3 Solceller	39
4.9.4 Solcellepanel:	42
4.10 VINDENERGI	48
4.10.1 Vind om vinteren	48
4.10.2 Kystområder	49
4.10.3 Teknologi	49
4.10.4 Prinsippet	51
4.10.5 Plassering	52
4.10.6 Utvikling	54
4.11 LAGRING AV OVERSKUDDSENERGI	54

4.11.1	<i>Inverter</i>	54
4.11.2	<i>Laderegulator</i>	54
4.11.3	<i>Batteri</i>	55
4.11.4	<i>Plusskunde</i>	57
4.11.5	<i>Solbank</i>	58
4.12	BRANNSIKKERHET I ELEKTRISKE ANLEGG	58
4.12.1	<i>Solceller</i>	58
4.12.2	<i>Batteri</i>	58
4.12.3	<i>Vindturbiner</i>	59
5	RESULTATER	60
5.1	BALANSE 803	60
5.2	BYGNINGSKROPP	60
5.2.1	<i>Romplanløsning, varmeklyt</i>	61
5.2.2	<i>Dagslys og plassering av vindu</i>	62
5.2.3	<i>Brannsikkerhet og lydreduksjon</i>	63
5.3	KLIMASKJERM	64
5.3.1	<i>Valgt løsning</i>	65
5.3.2	<i>Yttervegg</i>	65
5.3.3	<i>Golv på grunnen</i>	66
5.3.4	<i>Tak</i>	67
5.4	OPPVARMING:	68
5.4.1	<i>Løsning 1: luft-til-luft-varmepumpe/ biopellets</i>	68
5.4.2	<i>Løsning 2: Luft-vann-varmepumpe med vannbåren varme</i>	69
5.4.3	<i>Løsning 3: Solfanger med biokjel</i>	69
5.4.4	<i>Løsning 4:</i>	70
5.4.5	<i>Valgt løsning:</i>	71
5.5	SAMTALER MED FAGPERSONER:	73
5.6	EL-PRODUKSJON:	73
5.7	PLUSSKUNDEAVTALE	74
5.7.1	<i>Alternativ 1:</i>	74
5.7.2	<i>Alternativ 2:</i>	75
5.7.3	<i>Valgt løsning</i>	76
5.8	BEREGNING SOLCELLEPANEL	76
5.9	SOLCELLEPRODUKTER:	77
5.10	VINDDATA:	78
5.10.1	<i>Vindturbinavvik:</i>	79
5.10.2	<i>Vindturbinvurdering:</i>	79
5.11	PRODUKSJON TILTAK:	81
5.12	LØSNINGER:	82
5.12.1	<i>Løsning 1: Løsning med solcelletakstein fra Otovo</i>	82
5.12.2	<i>Løsning 2: Løsning for maksimal produksjon</i>	83
5.12.3	<i>Løsning 3: Løsning med Windstar 1000 og solceller 3,72kWp</i>	83
5.12.4	<i>Løsning 4: Solcelleanlegg med 20 moduler</i>	84
5.12.5	<i>Løsning 5: Solcelleanlegg med 30 moduler</i>	84
5.12.6	<i>Løsning 6: Windstar 3000</i>	85
5.12.7	<i>Løsning 7: Windstar 1000 og 16 solcellemoduler</i>	85
5.12.8	<i>Valgt løsning:</i>	85
5.13	LAGRING OG OVERFØRING AV ENERGI.	86
5.14	ØKONOMI	89
6	DRØFTING:	93
6.1	INFORMASJON:	93
6.2	MIDT ENERGI:	93
7	KONKLUSJON	96
8	REFERANSER	98
	VEDLEGG	105

SAMMENDRAG

Bygninger står for om lag 40% av det totale energiforbruket i verden. Skal vi ha en bærekraftig utvikling så kan ikke vi ignorere byggesektoren.

I vår oppgave har vi sett på tiltak for å redusere energibehovet og energiproduksjon i et plusshus. Vi har gjort lønnsomhetsberegninger av forskjellige kombinasjoner for energiproduksjon, energilagring og overføring. For produksjon av energi ble det sett på geotermisk energi, solkraft og vindkraft.

Vi ser at fremtiden ligger i fornybar energi og i dag er det veldig få bygninger i Norge som bruker selvforsynte fornybare energikilder.

Målet vårt er å finne ut om plusshus kan være lønnsomt i Norge og spesielt på Vestlandet. Vi har også prosjektert et konsept av plusshuset ved hjelp av tegneprogrammer.

Bygningskroppen er prosjektert etter passivhus standarden og oppfyller krav for NS 3700.

TERMINOLOGI

Begreper

Dampsperre: Monteres på innsiden av yttervegg og tak for å hindre vanndamp fra å trekke inn i konstruksjonen.

Klimaskjerm: Beskytter et bygg fra vind, solstråling og nedbør.

Lekkasjetall: Betegnelsen til å angi bygningens lufttetthet, antall luftveksling ved 50Pa

Passivhus: Et passivhus er et hus som er godt isolert og som har få luftlekkasjer, slik at energibehovet til oppvarming blir vesentlig lavere sammenlignet med et vanlig hus. Det kan oppnås ved at vinduer, takk, yttervegg og golv på grunn blir ekstra godt isolert. NS 3700 er norsk standard for passivhus og lavenergibygging.

Plusshus: Generelt kan man si at et plusshus er en bygning som gjennom driftsfasen produserer mer fornybar energi enn det som ble brukt til produksjon av byggematerialer, oppføring, drift og avhending av bygningen. Definert i Byggforskserien 473.003

Solcelle: Omdanner solenergi til elektrisitet ved hjelp av fotovoltaisk effekt.

Solfanger: Absorberer strålingsenergi fra solen og omdanner energien til varme.

Termisk masse: Materialets evne til å absorbere energi, oppbevare den og frigi den ved senere tidspunkt.

U-verdi: Betegnelsen for varmegjennomgangstallet for en bygningsdel.

Varmetap: Tap av varme fra et bygg til ytre omgivelser.

Vindturbin: Omdanner den kinetiske energien til vinden til elektrisitet.

Vindsperre: Monteres på utsiden av yttervegg og tak for å hindre inntrengning av kaldluft i isolasjonen og/eller konstruksjonen.

1. INNLEDNING

Oppdragsgiver

Byggmann er en av Norges største boligkjeder, og bygger boliger over hele Norge. De har over 100 forhandlere over hele landet og leverer over tusen nye hjem hvert år. De leverer boliger i trekonstruksjoner og har egne prefabrikker. De har utført større leilighetskomplekser, men fokuserer mest på eneboliger, hytter, garasjer. De har hovedkontor på Vigra utenfor Ålesund.

Innledning:

Det har vært mye oppmerksomhet rundt global oppvarming i senere tider, kloden har i nyere tider blitt betydelig varmere med mer ekstremvær. Klimaendringene er et følge av klimagassutslipp. Bygninger står for om lag 40% av energiforbruket i verden, og vi skal se på hvordan vi kan redusere miljøbelastningene fra bygg. Vi skal i vår oppgave se på hvordan vi kan redusere energiforbruket i bygninger og se på om det er noen gunstige løsninger for å få fornybar energiproduksjon for å få dekket dette behovet selv.

Bygg som produserer mer energi enn de forbruker kan betegnes som plusshus. Plusshus har ingen standard, og kan defineres på flere måter, men Byggforskserien definerer det som «Generelt kan man si at et plusshus er en bygning som gjennom driftsfasen produserer mer fornybar energi enn det som ble brukt til produksjon av byggematerialer, oppføring, drift og avhending av bygningen.» Siden 80% av energibruken forekommer i driftsfasen til bygget så ser vi hovedsakelig på den fasen.

Vi har angrepet denne oppgaven på en tosidig måte, først har vi sett på å få senket energibehovet i bygningen, da har vi satt oss selv tilleggskravet å oppfylle passivhusstandarden. Når vi ser på energiforsyning så har vi sett på standard om bygningers energiytelse Norsk Standard 3031. Når vi så på bygningers energiproduksjon så valgte vi å basere oss på annet en ren solproduksjon, her kom det inn kombinasjonsløsninger, som vindturbiner og solceller.

1.1 Problemstilling

Vår problemstilling går ut på å få bevist at plusshus kan fungere i Norge, og som en del av det skal vi prosjektere et plusshus. I dette skal vi se på om bygget får produsert nokk energi til å dekke eget behov i det norske klimaet. Det er et ordtak innen byggenæringen som lyder «Den grønneste kilowattimen er den som aldri blir brukt», som vil være like relevant i vårt tilfelle.

Dette vil med andre ord si at selv om vi har som mål at energiforbruket i bygningen skal gå i pluss, så er det bedre for miljøet å minimalisere forbruket enn å øke produksjonen, selv om den er fornybar.

Med dette så inngår det å se på tiltak for å redusere energibehovet, her har vi gitt oss tilleggskravet å oppfylle passivhusstandardkravene. Vi skal også ta for oss merknadsberegninger, og prøve å se på lønnsomheten bak tiltak som både reduserer energibehov og produserer energi, som nedbetalingstiden til en vindturbin.

1.2 Begrensinger av oppgaven

Ei oppgave om plusshus vil ha et stort omfang, og vil i sin natur være en stor oppgave. Da er det viktig å avgrense oppgaven, siden det er så mange aspekter ved energibehov som kan betraktes som viktig, så det er viktig å få filtrert ut hva som er viktigst for vår problemstilling. Vi har valgt å avgrense vår oppgave til å se på hvordan plasseringen og utformingen av bygningen kan påvirke energibehovet, i det så medgår det også klimaskjermen. Vi skal gjøre en vurdering på valg av tekniske løsninger og vi skal også se på hvordan dette bygget kan forsynes med selvprodusert fornybar energi. Til slutt skal vi gjøre en lønnsomhetsberegning på dette, med merkostnad og nedbetalingstider.

2 TEORETISK GRUNNLAG

2.1 *Plusshus*

Det har gjennom nyere tider (2000 tallet og senere) vært stor interesse for energieffektivisering av bygg. Dette blir reflektert i at det stadig blir nye og strengere krav til bygningsenergi i ting som Byggetekniske forskrifter. Det settes i dag mye strengere krav til nye bygninger enn det gjorde for eks. 30 år siden. I andre steder i Europa tok de for noen år siden skrittet fra å redusere energibehovet til boligene til å produsere energi til å dekke det. Plusshus er som sagt bygg som produserer mer energi enn det som blir brukt i løpet av byggets levetid. Plusshus har vært suksessfullt i land som Tyskland, Spania og England.

2.2 *Eksisterende plusshus*

Når man ser på plusshus lenger sør, som f.eks. Spania vil det typisk sett brukt solceller som eneste produksjonskilden. Dette vil ikke fungere på steder som ligger lengre unna ekvator som har færre soltimer. Vi kan se på plusshus bygget plasser md nærmere norsk klima, som England og Tyskland. De baserer seg fortsatt i stor grad på solceller, men de vil ofte også ta flere forhåndsregler ved prosjektering, som fornybare oppvarmingskilder og mulig en kombinasjon av fornybare energikilder, som vindkraft. Vindturbiner er nyttet flere steder i England. Vindturbiner vil være mindre pålitelig enn solceller, ettersom vindhastigheten er noe som vil variere stort, men dette er noe vi skal se nærmere på senere.

2.3 *Barrierer*

En av de største barrierene for plusshus i Norge ligger i plasseringen av landet, ved vår breddegrad vil det være korte dager med svakere solinnstråling. Det er også utfordringer ved klimaet, grunnet kulden vil det være et større oppvarmingsbehov, som medfører at det må mere produksjon til for å dekke behovet. Det har også tradisjonelt vært mangel på kompetanse fra byggenæringen, som kan være et følge av lite etterspørsel, ettersom det ikke har vært mye fokus rundt plusshus med unntak av fordommer oppigjennom tidene.

En annen viktig grunn er at Norge ikke har noe underskudd på fornybar energi, siden i Norge blir vannkraft nyttet til stor grad. Det norske landskapet er ideelt for vannkraft; store høydeforskjeller i landskapet, store nedbørsmengder og mange og store innsjøer. Ifølge Statkraft er ca. 99% av all kraftproduksjon i Norge fra vannkraft. Når vi uansett har så mye fornybar energi i strømmettet hvorfor skal man da fokusere på å produsere sin egen strøm. De

ideelle forholdene for utnyttelse av vannkraft fører også til at vi ikke har noen problemer med kraftproduksjon. Dette fører til lave strømpriser, de er om lag halvparten av resten av EUs sine.

De lave strømprisene gjør at man ikke vil ha noen særlig nytte av å produsere sin egen strøm. Det er også dyrt for installasjon av de fornybare ressurser. Det er noe som vil bli mer lønnsomt i fremtiden, ettersom prisen har blitt drastisk redusert, prisen på solceller har globalt blitt redusert med 62% siden 2009.

Det er 70 prosent dyrere å installere solcellepaneler i Norge enn i Tyskland. Det var et overraskende funn for oss. I tillegg vet vi at strømprisene i Norge er om lag halvparten av det EUs innbyggere betaler for sin strøm. Det forklarer hvorfor det ikke satses mer på solenergi her i Norge, sier Pål Ødegaard, leder for Accenture Strategy i Norge i en melding.

Som Pål Ødegaard sier er det 70% dyrere å installere solcellepaneler i Norge enn i Tyskland, dette ble funnet i 2016. Dette vil si at vi har fortsatt et godt stykke igjen å gå på subsidier og uerfarent marked før vi er på samme nivå som Tyskland. Alt dette samlet, dyre investeringer og lave strømpriser har gjort at interessen for pluss hus ikke har vært så stor i Norge.

Er Norge klart for pluss hus

Det har trossalt stigmaet om at pluss hus ikke er mulig i norske forhold vært oppført mange pluss hus og gjort mange studier på det. Powerhouse alliansen er et samarbeid om utvikling av pluss hus. De prosjekterte Norges første pluss hus og trolig verdens første rehabiliterte pluss hus i 2014 i Kjørbo, og beviste med det at pluss hus kan fungere i Norge.

Det ble i 2009 utlyst en rapport kalt pluss hus av ZERO som konkluderte med at det er mulig å bygge pluss hus i Norge, men de lurte på hvor hensiktsmessig det var og sammenlignet støtteordningene og lovverket i Norge til andre land og konkluderte med at de økonomiske barrierene vil være for store. Det har gått 10 år siden rapporten kom ut, og siden den tid har støtteordningene og forskriftene blitt forbedret betydelig, med krav til mer energieffektive bygg og subsidier til framtidsrettet tiltak.

Det har altså blitt konkludert med at det er fullt mulig å prosjektere et vellykket pluss hus i Norge, men det vil ikke være særlig økonomisk lønnsomt. Det har vært store forbedringer gjennom årene for å hjelpe de som å tenke grønt. Siden rapporten om pluss hus av Zero ble utført i 2009 har mye forandret seg innen salg av overskuddsenergien. I 2009 fantes det ingen plusskundeforhold som tyder på at privat salg av strøm ikke var så utbredt. I dag har flere kraftleverandører ulike plusskundeforhold og alle de nye strømmålere har innebygd funksjon

for måling av energiproduksjon. I tillegg måtte kunden selv dekke alle kostnader knyttet til overføring av energi til strømmettet, i dag er det ingen kostnader på dette og du betaler bare nettleie de timene du kjøper strøm.

3 FREMGANGSMÅTEN OG UTSTYR

3.1 *Datainnsamling*

For innsamling av relevant informasjon for prosjektet vårt var det viktig å bruke sikre og kjente kilder fra internett, blant annet brukte vi SINTEF Byggforsk, fornybar.no, enova.no. For å sikre gode statistikk tall benyttet vi oss av nettsiden til statistisk sentralbyrå. Vi benyttet oss av nettbasert skolebibliotek til NTNU for tilgang til standarder.

3.2 *Fremgangsmetoden*

I starten av oppgaven fokuserte vi oss på å finne ut mest mulig informasjon som kan være relevant for vårt prosjekt. Vi måtte bli kjent med konseptet pluss hus og hvordan den blir utført. Her fant vi en rapport fra Zero som ble utført i 2009 som fokuserte på pluss hus i Norge. Vi fant fort ut at det finnes ingen spesielle krav tilknyttet bygningskroppen til et pluss hus. Likevel måtte den være så tett og energieffektiv som mulig for å få mest mulig overskudd av energi og vi valgte dermed å bruke passiv hus som bygningskropp.

Etter vi ble kjent med konseptet kunne vi begynne å samle inn informasjon om energireducerende tiltak. Her ble det mest brukt Byggforskserien og tidligere studier om erfaringer med passiv hus og kjente problemer. Informasjonen er også hentet fra NS 3700 Passiv hus og lavenergibygg, NS 3031 beregning av bygningers energiytelse og Trehus boken.

Neste fasen gikk ut på informasjonsinnsamling om produksjon, lagring og overføring av energi. Etter noen samtaler med Enova ble vi henvist til <http://www.fornybar.no/>, vi fikk tildelt brukernavn og passord. Her kunne vi høste inn mye informasjon til denne fasen. Vi tok også kontakt med kraftleverandører og Tafjord kraft for informasjon om plusskundeavtaler og Solbank.

Etter prosjekteringsgrunnlaget var unnagjort kunne vi begynne å fokusere på “nytenkning” og lønnsomhets beregninger. Vi måtte finne en del norske produkter og leverandører for å så kunne benytte oss av deres produktdata og avtaler for videre beregninger. Vi sammenlignet ulike løsninger mot hverandre og fant ut hva som var gunstig å kombinere.

Verktøy

Student NTNU SharePoint

Det er en skriveverktøy for felles dokumenter online. Vi brukte den for å sette sammen våre deler av rapporten til et felles dokument.

Office 365

<https://studntnu.sharepoint.com/SitePages/Home.aspx?target=%2FHome&wa=wsignin1%2E0>

Det er en pakke med forskjellige programmer, vi brukte Excel, Word, PowerPoint. Disse ble brukt til fremføring, skriving av rapporten og tabeller.

TEK-sjekk Energi

TEK-sjekk energi brukes til å kontroll beregne energibehov og inneklime i bygninger. TEK-sjekk lastes ned fra https://www.byggforsk.no/side/56/tek-sjekk_energi for abonnenter på komplett versjon av Byggforskserien. lokalklima er ikke tilgjengelig for alle fylker og/eller byer, derfor kan det oppstå litt avvik på resultater.

Dette programmet ble brukt til energiberegninger og passivhus krav oppnåelse. I tillegg tilbyr programmet dagslys simulering.

Autodesk Revit 2018

<https://www.autodesk.no/>

Tegneprogramvare for BIM. Den brukte vi brukte til prosjektering av plusshuset og detaljtegninger.

AutoCAD 2019

<https://www.autodesk.no/>

Det er også et tegneprogram som vi brukte til yttervegg detaljtegning og til å lese tegninger som vi fikk med Byggmann.

Lumion 7.5

<https://lumion.com/>

Det er et program som brukes til visualisering av huset. Vi eksporterte Revit filen inn i Lumion og brukte resultatet til poster og fremføring.

ROCKWOOL energiprogram

<https://www.rockwool.no/teknisk-service/beregningsprogram/>

Den ble brukt for beregning av u-verdi og for å kontrollere beregningene gjort for hånd.

4 ENERGI REDUSERENDE TILTAK:

4.1 Bygge etter passivhusstandard

Ved bygning av plusshus vil det være sentralt å minimalisere byggets energibehov så det blir et realistisk mål at bygget får selv produsert nok energi til å dekke behovet. For minimalisering av energibehovet har vi gitt oss selv tilleggskriteriet å oppfylle passivhusstandarden. Passivhus er bygg som bruker passive tiltak, som økt isolasjon til å redusere oppvarmingsbehovet. For vår oppgave vil det være et ønske om å oppnå krav fra passivhusstandardene NS 3700 og Bygningers energiytelse NS 3031

For plusshus er det ingen gjeldende standard, men generelt vil det gjelde og oppfylle definisjon for passivhus. Byggforskserien 473.003 definerer plusshus som «bygning som gjennom driftsfasen produserer mer fornybar energi enn det som ble brukt til produksjon av byggematerialer, oppføring, drift og avhending av bygningen.»

4.1.1 Plassering på tomt

Plassering av byggverk er viktig for to grunner. På den ene siden ønsker man å oppnå optimal lys-solforhold og lyd-vibrasjon forhold, på den andre siden er det estetiske og funksjonelle.

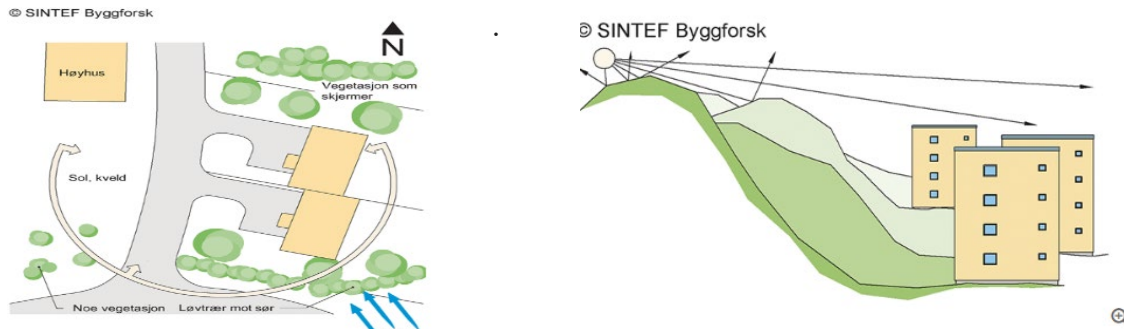
Pbl. §29-1: Alle tiltak skal prosjekteres og utføres slik at de får en god arkitektonisk utforming. Det vil si at det både tas hensyn til det visuelle- og funksjonelle. Dette betyr god brukbarhet, mulighet for utsikt, god utnyttelse av dagslys.

Ved plassering av boligen bør man ta hensyn til flere faktorer og hvordan vi kan utnytte dem. Solforhold vil være ganske sentralt og det blir viktig å utnytte det mest mulig. Sol kan utnyttes både til energiproduksjon og til belysning.

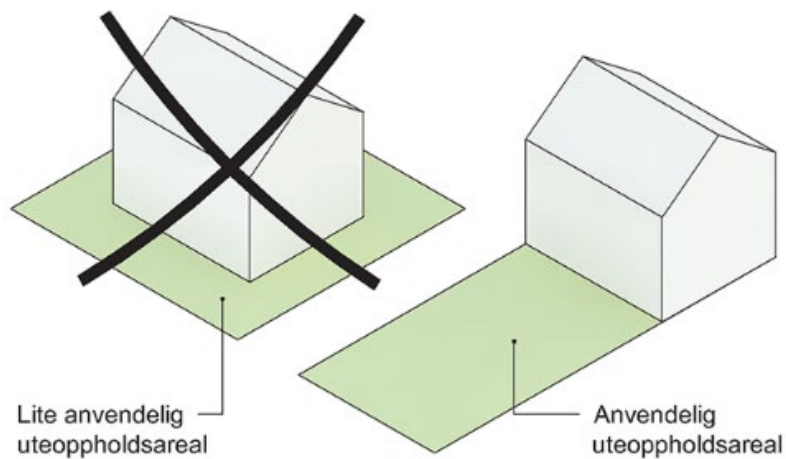
Høge trær og ujevnt terreng kan skjerme for både sol og vind. I tillegg kan det forekomme turbulens i vinden og skygger på grunn av vegetasjon, landskapsformer og nabobygg. Det er noe som vi må ta hensyn til når vi skal prosjektere plusshuset.

Plasserer vi bygget på bunnen av en bakke må vi også ta hensyn til vannoppsamling som kan oppstå og sørge for en god drenering.

Utnyttelse av utearealet har også en verdi, plasserer vi et bygg midt på tomten får vi mindre sammenhengende uteareal.



Figur 1 Eksempel på hvordan terreng, bebyggelse, vegetasjon m.m. skjermer for energitilskudd fra sol, dagslys og vindpåkjenning.



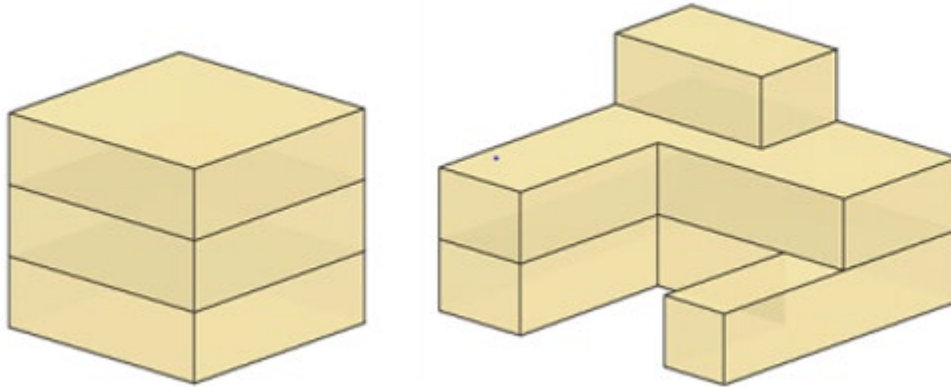
Figur 2 Utnyttelse av utearealet

4.1.2 Bygningsform

Bygningsformen har mye å si på varmetap. Mindre eksponert overflate betyr mindre varmetap. Ved komplekse bygningsformer oppstår også flere kuldebroer. Kuldebroer er en del av klimaskjermen der varmemotstanden endres av varierende forhold. Noen av dem kan oppstå der det er forskjell på innvendige og utvendige overflater- det kalles for geometrisk kuldebro. Geometriske kuldebroer oppstår ofte i skjæringspunkter mellom konstruksjonsdeler som for eksempel ved hjørner der vegg møter gulv eller tak. En kompleks geometri skaper

flere slike skjæringspunkter. Enkel geometri fører også til mindre risiko for luftlekkasjer og generelt mindre løpemeter med kuldebroer.

© SINTEF Byggforsk



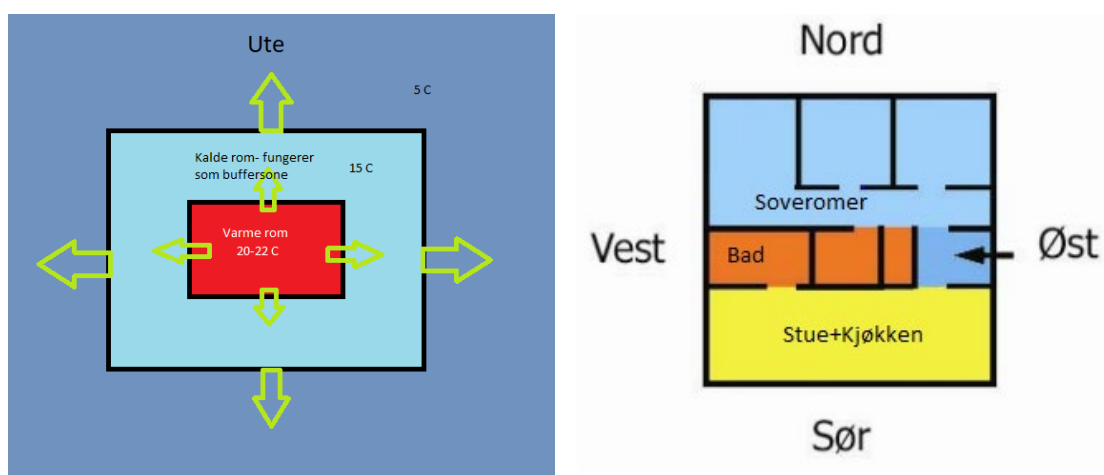
Figur 3 Bygningsform

4.1.3 Romplanløsning

Et byggverk skal ha planløsning tilpasset forutsatt bruk. Men det er ikke bare komfort og tilgjengelighet som er viktig for en god planløsning. Rom bør organiseres ettersom hvilke termiske behov de har. Varme rom som stue og kjøkken bør ligge sentralt eller mot sør i boligen for å redusere varmetapet fra disse og utnytte varmetilskudd fra sola.

Overskuddsvarme fra disse vil bidra til oppvarming av kalde soner og dermed er det gunstig å plassere varme rom tett sammen for å unngå unødig energibruk til nedkjøling og oppvarming.

Kalde rom som soverom og boder, bør da ligge mot nord. Disse kan også brukes som buffersone mellom friluft og varme rom.



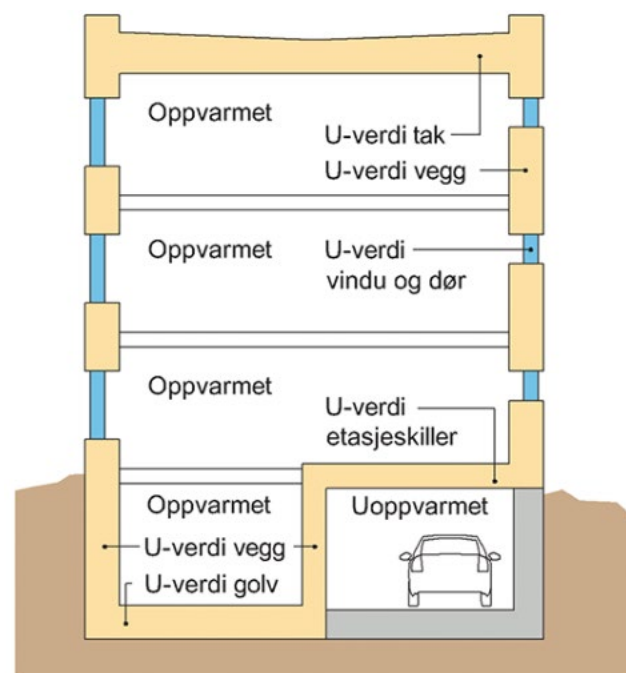
Figur 4 Eksempel på buffersoner og romplanløsning

I en vanlig bolig vil effektiv romplanløsning med hensyn til varmetap redusere kostnader til strøm med cirka 10%. For passivhus og lavenergiboliger vil besparelsen være betydelig mindre, 1-3%.

Når man planlegger romplanløsning til et passivhus vil det i tillegg være viktig å ta termisk komfort i betraktning.

4.2 Isolasjon

I en bygning vil det skje varmetap gjennom klimaskjermen. Isolasjonsevnen, kuldebro verdien og lufttettheten er avgjørende for bygningsdelens varmetap. Varmetap gjennom tak, gulv, vegger, vinduer og dører er avhengig av isolasjonsevnen. Isolasjonsevnen betegnes som U-verdi, og er avhengig bygningsdelens oppbygning, varmeisolasjonsevne og dimensjoner. Varmetap vil oppstå fra oppvarmede areal til uoppvarmet areal, friluft og grunn.



Figur 5 Varmetap gjennom klimaskjermen
Byggforsk 473.010

Varmeisolasjonsmaterialer

Ifølge TEK skal produsenten sørge for at en

vares egenskaper er dokumentert før den omsettes eller brukes i byggverk.

På markedet finnes det ulike typer varmeisolasjonsmaterialer. For å nevne en del: mineralull, plastisolasjon, lettklinker, vakuumpaneler, osv.

Valg av varmeisolasjonsmaterialer avhenger av konstruksjonstype og konstruksjonsdel. I trehus bygninger blir mineralull brukt som standard løsning. Mineralull produseres av materialer som sand, stein eller glass og leveres hovedsakelig i form av matter eller plater. Lette og myke mineralull med lav densitet kan brukes i bindingsverk og andre hulroms funksjoner, hvorimot tyngre og hardere plater med høy densitet brukes der isolasjonen skal bære last (oftest i grunnen eller på taket).

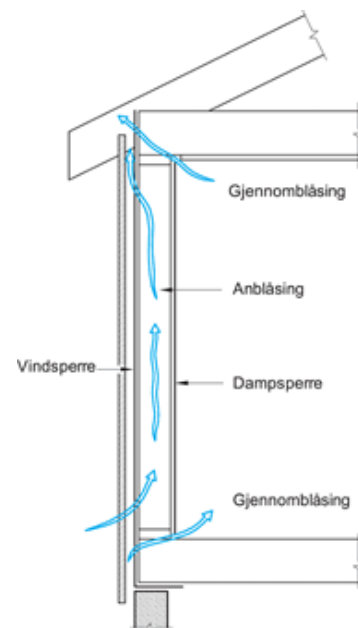
4.2.1 Lufttetthet

Trykkforskjeller vil oppstå i bygninger når det er forskjell på lufttrykket inne og ute. Dette vil føre til luftlekkasje gjennom bygningens utettheter, vanligvis vil varm inneluft trekkes ut. Det er to former for luftlekkasje: anblåsning og gjennomblåsning. Ved anblåsning trenger vinden inn i isolasjonssjiktet gjennom åpninger i vindsperra og strømmer ut igjen på et annet sted, med gjennomblåsning strømmer luft inn og ut tvers gjennom isolasjonssjiktet og klimaskjermen. Disse type luftlekkasje vil medføre til økning av varmetap ved å redusere varmeisolasjonseffekten. Viktigheten av vindsperre er å hindre både anblåsning og gjennomblåsning av luft og dampsperre skal hindre gjennomblåsning

4.2.2 Plassering av damp- og vindsperre

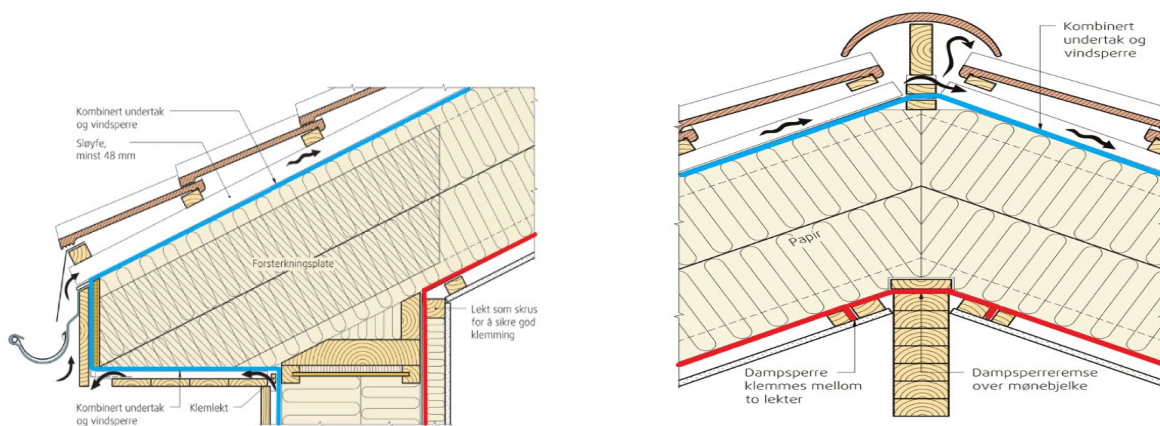
En god lufttetthet i en konstruksjon vil sikre god luftkvalitet og god varmekomfort i et rom, i tillegg vil det redusere varmetap. God lufttetthet kan oppnås ved at vindsperran og dampsperran til sammen utgjør et kontinuerlig tettesjikt med tette skjøter, overganger og avslutninger.

I et passivhus er det spesielt strenge krav til lekkasjetall.



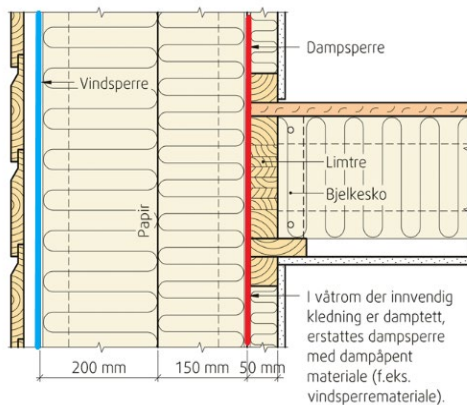
Figur 6 Luftlekkasje
Byggforsk 573.121

Byggforsk 472.435 har en foreslått løsning på utføring av vind- og dampsperre:



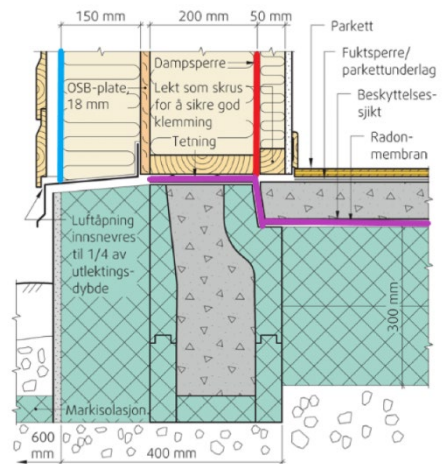
Figur 7 utførelse av vind- og dampsperre på takk-yttervegg

Yttervegg- etasjeskiller



Figur 9 Etasjeskiller

Gulv på grunn



Figur 8 Golv på grunn

Blå-vindsperre

Rød-dampsperre

Lilla-radonsperre

Dampsperran skal dekket over med minst 50mm isolasjon for at vi skal få plass til EL og VA installasjoner uten å måtte bryte opp dampsperre sjiktet. Vindsperran ligger ytterst mellom kledning og isolasjon. Radonsperren vil ligge mellom påstøpet og EPS'en og utkanten skal klemmes mellom ytterveggen og ringmuren. Dette er en løsning som har kontinuerlig damp- og vindsperre sjikt. Med en slik løsning kan vi oppnå luftlekkasjetallet på under 0.6 luftvekslinger i timen, noe som vil minke luftlekkasjetallet og redusere energibehovet.

4.3 Passiv solvarme

Med passivsolvarme menes det, direkte romoppvarming fra solstråling. Når de kortbølgede solstrålene slippes inn i rommet gjennom glass og andre transparente materialer, blir de absorbert i golv, takk, vegger og møbler som vil avgir langbølget varmestrålinger. Ettersom glasset ikke er transparent for langbølget strålingen, vil disse langbølget varmestrålinger bli i rommet og slippes ikke ut igjen

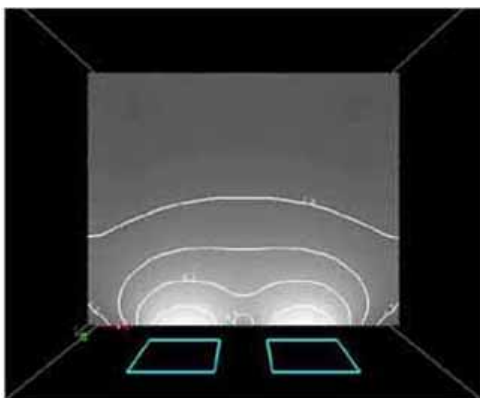
Siden disse prosessene skjer i praktisk talt i alle bygninger om de er designet for det eller ikke, så om det skulle være nødvendig kan bidraget fra passiv solvarme økes med et bevist designe av konstruksjon løsninger.

4.3.1 Vindu

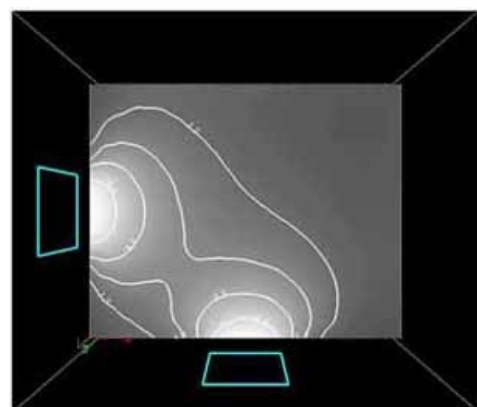
Generelt sett har vindu en viktig funksjon i et bygg og kan påvirke bygningen og rommene på flere forhold. Vinduer kan brukes som klimaskjerm og rømningsvei, men i tillegg skal et vindu slippe in dagslys og gi et godt utsyn for beboere.

For å utnytte best mulig av dagslys, så er det anbefalt med optimal vindusplassering. Generelt vil vinduer som er plassert høyt opp gi lys lenger inn i rommet. Vinduer i flere vegger vil være en bedre alternativ Figur 10 enn kun på en vegg, for det gir jevnere og bredere dagslys i rommet. Det kan gi både trivsel for beboere og minke bruk av belysning fra elektriske strømkilder, men her er det viktig å ta hensyn til overoppvarming på de varme dagene.

Vindu vil ha lavere isolasjonsevne enn resten av bygningskroppen. Dette blir også reflektert i passivhusstandarden NS 3700 hvor minstekravet til dører og vinduer er $0,8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.



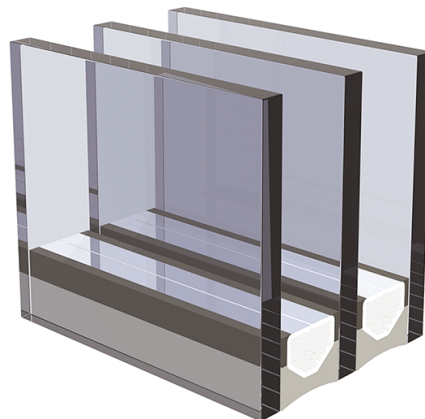
Figur 10 Plassering av vindu



Figur 11 gunstig plassering av vindu

4.3.2 Glassjikt

Vindu blir produsert med varierende mengder glassjikt. En vanlig type vindu av flerglass ruter er isolerruter, hvor glassene er limt sammen i forseglede enheter, adskilt av gass som isolerer bedre enn luft. For å oppnå lavere U-verdi enn 0,8 må man ha vindu med 3 lags glass.



Figur 12 Glassjikt

Det burde bli lagt mye baktanke bak plassering av vindu, ettersom mye av varmetapet skjer gjennom dem. Jo mindre vindusareal jo mindre varmetap. I overgangen mellom vindu og vegg vil det oppstå kuldebru og risiko for luftlekkasje. Dette betyr at omkrets av vinduer har betydning for luftlekkasjer og kuldebroer, så et stort vindu med likt totalareal til flere små vil ha mindre kuldebro og luftlekkasje.

4.4 Solskjerming

Solskjerming brukes til å redusere solinnstrålingen i et rom, som vil bidra til bedre termisk komfort. Solskjerming er av de viktigste tiltakene for reduksjon av varmetilskudd.

Solskjerming vil redusere energibruken på flere måter, ved å:

- Redusere solinnstrålingen (varmeinnstråling) som skaper kjøle behov.
- Regulere passiv solvarme, som vil sørge for ønsket varmetilskudd fra sola når ønsket.
- Begrense hvor mye dagslys som kan utnyttes, fører til økt energibehov til belysning.

Gardiner og persienner benyttes oftest til solskjerming. Ved solskjerming snakkes det generelt om to typer, utvendig og innvendig. Utvendig solskjerming vil være langt mer effektivt på å redusere kjølebehovet ved å holde varmen ute av bygget. Utvendig solskjerming vil bli utsatt for vær og vind, noe som burde vurderes ved valg av løsning. Løsninger:

Markiser

Markiser er en bra utvendig løsning for å dempe sollyset, og gir beskyttelse for nedbør. Ulemper med markiser er at sterk vind kan være en utfordring.

Rullegardiner

Rullegardiner er en veldig vanlig løsning, siden det er estetisk tilfredsstillende og lett løsning. For passivhus ønsker vi noe med bedre varmereduksjon.



Figur 13 Markiser

Utvendige persienner

Ifølge «Norges Solskjermingsforbund» gir utvendige persienner lavest avskjermingskoeffisient av alle former for solskjerming. Persiennene gir brukeren total fleksibilitet. Persiennene kan heves ved ønske, eller vinkelen kan reguleres så naturlig dagslys slippes inn. Dette kan reguleres innenfra, enten ved motor eller manuelt.



Figur 14 Utvendig persienner

4.4.1 Nedkjøling og overoppvarming

Den tette bygningskroppen til et passivhus holder godt på varmen om vinteren, men også om sommeren. Dette kan medbringe problemer med overoppheating på de varme dagene. For å oppnå et komfortabelt innneklima er det derfor viktig å studere på tiltak for nedkjøling. Passivhusstandarden oppgir at «Bygningen skal utformes slik at termisk komfort oppnås uten mekanisk kjøling av romluft og/ eller tilluft ved hjelp av kjølemaskiner ved lokalt klima og de skjermingsforhold som er aktuelle for boligbygningens plassering»

Dette betyr at vi må bruke tiltak som ikke øker energibehovet til bygget. I virkeligheten kan overoppheting bli et problem uansett hvilken bygningskropp vi går for. I en studie gjort tidligere om overoppheting i passivhus "Passivhus-myter og fakta" (2011) kom de frem til konklusjonen at uten ekstra tiltak for nedkjøling kan passivhus oppleve overoppheting på de varmeste dagene. Det viser seg likevel å være liten forskjell på overoppvarming mellom ulike energistandarder.

	UTEN TILTAK	MED LUFTING	MED LUFTING & SOLSKJERMING	MED LUFT.& SOLSKJ. &TUNG KONSTRUK.
PASSIVHUS	39,6 °C	28,8 °C	26,2 °C	24,6 °C
TEK10- FORSKRIFT	37,7 °C	29,6 °C	26,4 °C	24,7 °C
70-TALLSHUS	36,8 °C	30,6 °C	26,6 °C	24,7 °C

Figur 15 Maksimal sommertemperatur for ulike energistandarder

Figuren ovenfor viser maksimal sommertemperatur i småhus med tre forskjellige energistandarder. Utetemperatur varierende mellom 15-26° C over 24 timer. Side 20 i Systematisering av erfaringer med passivhus.

Mulighet for vinduslufting og solskjerming kan senke innetemperaturen til et behagelig nivå. God isolering rundt tekniske og elektriske anlegg som avgir varme, som for eksempel varmtvannstanken vil redusere innetemperaturen videre.

Men her kommer noen andre faktorer inn i tillegg- brukervennlighet og smarte styringssystemer. I en annen studie gjort om passivhus "Systematisering av erfaringer med passivhus" ble det gjort en brukerundersøkelse av passivhusene i Lindås. Det viste seg at noen av passivhuseiere opplevde at de ikke hadde fått nok informasjon om drift av varmesystemer. Feil innstillinger på varmesystemer og ventilasjon kan føre til dårlig inneklimate og kan bidra til overoppvarming om sommeren. Brukervennlighet og smarte styringssystemer vil bidra til at brukeren forstår hvilket resultat de ulike innstillingene gir og oppleve bedre kontroll over hver watt brukt. Investering i fjernstyring av oppvarming og energibruk vil effektivisere energiforbruket.

I tillegg bør brukeren få nok opplæring og lett tilgjengelig informasjon om bruk og vedlikehold av huset.

4.5 Oppvarming

Energibruken til oppvarming i Norge er vesentlig høyere enn andre land, dette er noe som vil bli redusert både, av å redusere behovet for oppvarming, og effektivisere oppvarmingssystemene. Romoppvarming har tradisjonelt betydd mest for energibruken i boliger. Det har blitt anslått at om lag 60% av energibruken i norske boliger går til romoppvarming, noe som har blitt vesentlig mindre i nyere tettere boliger. Når man skal dekke oppvarmingsbehovet kan man enten bruke energi eller varme fra varmekilder. Elektrisitet burde bli utnyttet minst mulig til oppvarming, siden det er en høyverdig energiform som er bedre brukt til annet. Varme produsert i kilder nært bygget vil være lurt å benytte, ettersom varme er bare noe som kan brukes til oppvarming.

Man kan dekke oppvarmingsbehovet til bygningen med et sentralt varmesystem som nytter varme fra en fornybar oppvarmingskilde. Et varmebærende transportmedium varmes opp av en varmekilde og transporteres rundt i boligen. Varme bærende medium kan enten være vann eller luft. Et eksempel på dette er vannbåren varme med en varmekilde. Vi skal nå se på forskjellige oppvarmingssystemer.

4.5.1 Ventilasjon

Det er en myte om passivhus at de har så tett bygningskropp at det går utover inneklimate, dette er noe en intelligent ventilasjonsløsning vil motvirke. Dårlig ventilasjon kan føre til konsentrasjonsvansker, fuktproblem, lukt, allergier og astma. Ventilasjonsløsning påvirker vifteenergi, sentral varme, sentral kjøling og lokal varme. For passivhus vil det være forutsatt lavt energibehov til ventilasjon, og krav for SFP (specific fan power) faktor som ikke stilles ellers. Dette er krav til vifteenergi brukt til å flytte luften i ventilasjonssystemet. Det vil også være krav om en varmegjenvinner som gjenbraker minimum 80% av temperaturen i avtrekksluften til å varme tilluften. Dette er noe bare en balansert ventilasjonsløsning vil oppfylle, og ikke en avtrekksventilasjon, ettersom den ikke har noen varmegjenvinner.

4.5.2 Balansert ventilasjon

Balansert ventilasjon er den vanligste ventilasjonsløsningen for boliger i Norge. I et balansert ventilasjonsanlegg brukes en varmegjenvinner for å bruke varmen fra avtrekksluften til å varme opp tilluft som fordeles jevnt i bygget, så det blir mindre energibehov til oppvarming. Det fungerer som et vanlig viftesystem som trekker ut brukt luft og leverer ny rensset luft. Anlegget fjerner fukt fra uteluften, og har minimal fare for fuktskader og kondens. Virkningsgraden bør kunne senkes om sommeren når lavere tilluftstemperatur er ønsket.

Balanserte ventilasjonsanlegg er ikke dimensjonert for å fjerne overskuddsvarme. Derfor er det viktig at rom for varig opphold skal ha måter å fjerne overskuddsvarme på, som vindu eller dører til det fri.

Krav:

Tek 17 har krav til en minste gjennomsnittlig friskluftstilførsel på minst $1,2 \text{ m}^3$ per time per m^2 gulvareal i bebodd boenhet. Soverom skal tilføres minst 26 m^3 friskluft per planlagte sengeplass når rommet er i bruk. Rom ikke beregnet for varig opphold skal ha friskluftstilførsel på $0,7 \text{ m}^3$ per time per m^2 gulvareal. Når boenheten ikke er bebodd eller ved langvarig fravær kan tilførelsen reduseres.

Preaksepterte ytelser for våtrom, kjøkken og sanitærrom er visst i figur 16 tatt fra dibk 13-2 TEK 17. Dette er krav vi antar oppfylt ved prosjektering av vårt bygg, ettersom Balanse 803 allerede har disse kravene oppfylt.

Rom	Grunnventilasjon	Forsert ventilasjon
Kjøkken	$36 \text{ m}^3/\text{h}$	$108 \text{ m}^3/\text{h}$
Bad	$54 \text{ m}^3/\text{h}$	$108 \text{ m}^3/\text{h}$
Toalett	$36 \text{ m}^3/\text{h}$	$36 \text{ m}^3/\text{h}$
Vaskerom	$36 \text{ m}^3/\text{h}$	$72 \text{ m}^3/\text{h}$

Figur 16 Preaksepterte ytelser ventilasjon

4.5.3 Vannbårenvarme:

Når det kommer til et sentralt varmedistribusjonssystem er vann det beste transport mediet, takket sine varmebærende egenskaper. Ved et vannbårent varmesystem vil vannet varmes opp av en fornybar varmekilde. Vannet vil så bli distribuert gjennom bygget via radiatorer i rommene eller gjennom varmerør i gulvet. Rommene vil så bli oppvarmet ved varme avgitt fra gulvet eller radiatoren. Ved en vannbåren varmeløsning kan man selv regulere temperaturen, så den kan automatisk senkes ved klimatiske forhold (utetemperatur og solinnstråling). I Norge velger om lag 40% av nybygg vannbåren varmeløsning.

Typiske energikilder benyttet til oppvarming:

- Bioenergi
- Varmepumpe

- Solenergi(solfanger)
- Fjernvarme- og nærvarmeanlegg
- Elektrisitet



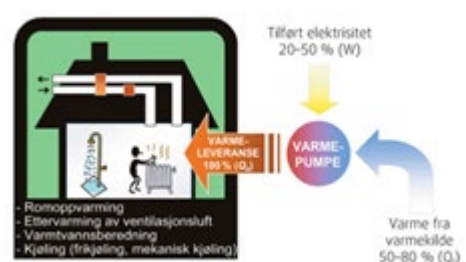
Figur 17 Vannbårenvarme

Akkumulatortank:

En akkumulatortank kan betegnes som et varme lager. Den brukes til å oppbevare vann med relativt lavt varmetap over lengre tid. Dette gjør den god til kombinasjon med vannbåren varme og fornybare oppvarmingskilder, så produsert varme kan oppbevares over lengre tid. Akkumulatortanker er god til å jevne ut effektbelastningen/ døgnutjevning. Dette gjør den spesielt godt egnet i kombinasjon med vannbåren varme, så man ta varme etter behov. Vi har ved all vurdering av vannbåren varme gjort vurderingen i kombinasjon med akkumulatortank

4.6 Varmepumpe:

Varmepumper er maskiner som omdanner energien som fins i det fri til kulde eller varme. Vi vil se spesifikt på varmpumper brukt til oppvarming. Varmepumpen vil transportere varme med moderat temperatur fra en fritt tilgjengelig, ekstern varmekilde og leverer varme ved høyere temperatur ved tilførelse av elektrisitet til en varmekonverter. Dette er illustrert i bildet.



Figur 18 Varmepumpe

Varmepumper deles vanligvis inn i flere typer etter hvor de tar varmen ifra, og hvordan de avgir varmen;

- Luft-luft-varmpumpe
- Luft-vann-varmpumpe

- Tappevannsvarmepumpe
- Bergvanns og jordvarmepumpe(væske-til-vann)
- Avtrekksvarmepumpe

4.6.1 Luft-luft-varmepumpe

Luft-til-luft-varmepumper er den vanligste typen varmepumper i Norge. Denne varmepumpen henter varme ifra uteluften og bruker den til å varme opp luften inne. Et vanlig problem med denne varmepumpen er at den har lavere effekt i perioder hvor oppvarming trengs mest, vintertidene. Luft-til-luft vil du få igjen 2-3 ganger så mye varme som strøm brukt.

4.6.2 Luft-vann-varmepumpe:

Luft-til-vann-varmepumpe bruker varmen ifra uteluft eller avtrekksluft og bruler den til å varme opp vann. Varmen kan både brukes til oppvarming av tappevann og til romoppvarming via et vannbårent varmesystem. Siden luft-vann-varmepumper kan kalles for en fornybar oppvarmingskilde er det en god oppvarmingskilde til vannbåren varme.

Luft-vann-varmepumpene har også det problemet at de har lavere effekt ved lavere utetemperaturer.

Tappevannsvarmepumper er som en luft-til-vann-varmepumpe, men den bruker bare varmen til å varme opp tappevannet. Egner seg for boliger uten vannbåren varme som ønsker energieffektiv oppvarming av tappevann.

4.6.3 Avtrekksvarmepumpe:

Avtrekksvarmepumpe vil bruke varmen fra avtrekksluften i boligen til oppvarming av både rom og varmtvann. Denne varmepumpen vil være uaktuell for vår bygning.

COP coefficient of performance

Tabell 1 coefficient of performance

Varmepumpe:	Varmefaktor/COP
Luft-Luft	2-3
Luft-Vann	2,5-3,5
Tappevannsvarmepumpe	2,5
Bergvanns og jordvarmepumpe	3,3
Avtrekksvarmepumpe	-

4.7 Væske- vann varmepumpe og geotermisk energi.

Geotermisk energi er solenergi lagret i bakken. Temperaturen i bakken vil holde seg jevnere enn utelufttemperaturen gjennom året. I Norge utnytter vi hovedsakelig denne energitypen i form av grunnvarmebaserte væske til vann varmepumper. Det finnes to måter å høste denne energien på.

Jordvarme

Denne energien finner vi nært overflaten og er mulig å høste fra 1m dybde. Varmepumpen er koblet til plastrør fylt med frostvæske med lavt kokepunkt. Disse plastrørene graves ned over et større område på 0.6-1.5m dybde, avhengig av teledybde og legges i sløyfer med minste avstand på 1 m mellom sløyfene. Dette anlegget blir dekt over med jord og gress.

Prinsippet:

For å forklare prinsippet som blir brukt til oppvarming av væsken i jordvarme anlegg kan vi forklare hvordan et kjøleskap fungerer. Det er nemlig samme prosess bare baklengs. Kjøleskap har lignende rørsøyfer på baksiden. Inn i dette røret er det en væske som har et svært lavt kokepunkt. Væsken som kommer inn i kjøleskapet er kaldere enn den ønskede temperaturen i et kjøleskap. Varmeopptaket i kjøleskapet skjer gjennom energien (varmen) frigitt fra matvarene, denne energien varmer opp væsken i rørene til kokepunktet, væsken begynner å fordampe og blir sakte om til gass. Gassen strømmer ut til en kompressor som øker trykket så mye at metningstemperaturen blir høyere enn omgivelsestemperaturen. Den varme gassen går gjennom røra på baksiden (kondensator) og slipper ut energien til omgivelser, gassen blir dermed nedkjølt tilbake til væskeform. Væsken strømmer videre gjennom en ekspansjonsventil som utvider rommet mellom molekylene og forbereder væsken til ny kuldeytelse.

I vårt tilfelle:



Figur 19 Væske-til-vann-varmepumpe

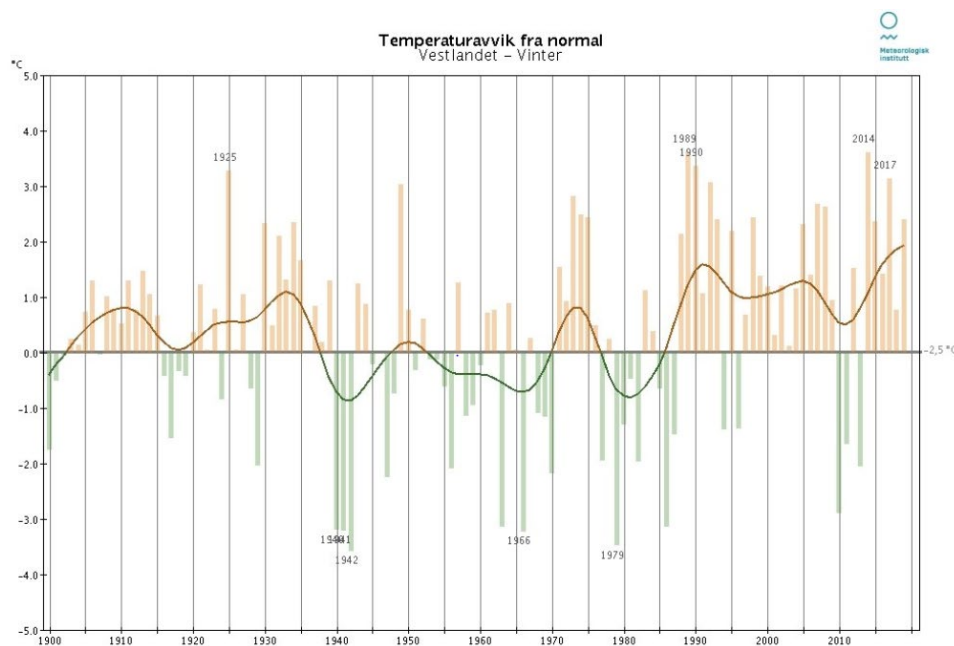
Med jordvarme vil anlegget som er nedgravd i hagen fungere som innsiden av kjøleskapet og soloppvarmet jord vil tilsvare matvarer i kjøleskapet som avgir varme til kjølevæsken. Den varmen som blir frigjort på baksiden av kjøleskapet vil i vårt tilfelle brukes til å oppvarme varmtvannstanken i boligen og kan videre gå til for eksempel vannbårenvarme.

Bergvarme

Dette er varme som befinner seg over 300m dybde, normalt blir det boret ned til 80-200m inn i et fjell. Oppvarmingsprosessen er lik jordvarme, forskjellen er at væsken blir pumpet opp og ned etter hvert når energien blir utnyttet, istedenfor konstant sirkulasjon som foregår jordvarmeanlegg.

Verdt det?

Ved å benytte jord -og bergvarme anlegg kan man spare betydelig på oppvarming. Men jordvarme-anlegget krever store utarealer for å være effektiv. Har vi for kort sløyferør vil vi få problemer med permafrost. I tillegg vil skygger og konstruksjoner over dette anlegget føre til redusert ytelse. Bergvarme er en dyr løsning med lang nedbetalingstid og krever spesielle omstendigheter for å kunne utnyttes lønnsomt. Disse løsningene vil være lite gunstig for passivhus ettersom oppvarmingsbehovet er så lite, men kan lønne seg dersom flere boliger går sammen lokalt. Dessuten vil en vanlig luft til væske varmepumpe være like effektiv og ha lavere investeringskostnader på temperaturer ned til -10°C . På Vestlandet opplever vi sjeldent så lave temperaturer.



Figur 20 Temperaturavvik fra normal på Vestlandet om vinteren

Middeltemperaturen om vinteren synker ikke under -10°C på Vestlandet.

4.8 Bioenergi

Ordet bio betyr liv, så bioenergi vil si energi hentet fra liv/biomasser, det vil si planter eller dyr. Bioenergi vil bidra til oppvarming ved å brenne biomasser, som en peis. Dette kan bli utnyttet i bygg i form av biopellets-kamin eller biogassovn. Disse kan beregnes som fornybare oppvarmingskilder, begge to kan kombineres med et vannbårent varmesystem og brukes til oppvarming av tappevann. En pellets-kamin er en automatisk kamin som bruker trepellets. Varmen den avgir kan reguleres etter behov, og kan som sagt transporteres til gulvvarme eller tappevann. Dette er en god oppvarmingskilde i passivhus.

Gassovner:

Det har i de senere tidene vært et stort fokus på miljø, og med dette har det kommet forbud mot, i dibk §14-4 ble det forbud imot å installere varmeinstallasjon for fossilt brensel. Med dette inngår all bruk av gass til oppvarming med unntak av biogass. Biogass blir produsert gjennom en anaerob nedbrytning av organisk materiale.

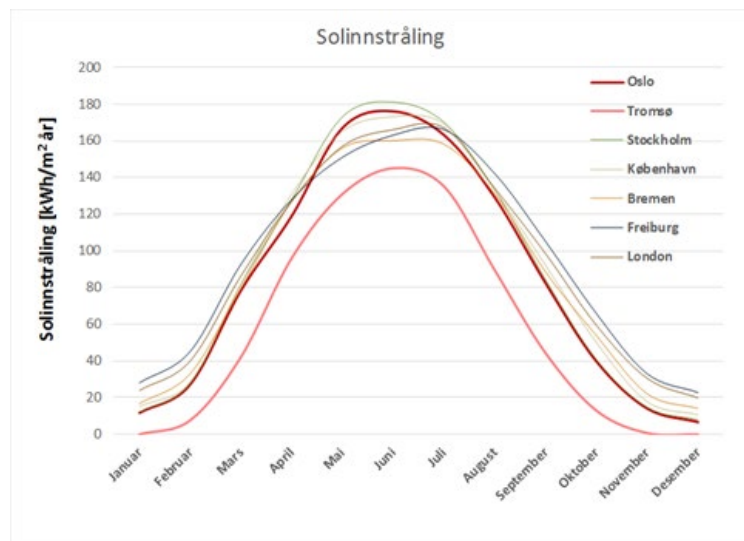
4.9 Energiproduksjon:

Formålet med å bygge et pluss-hus er at det totale energiforbruket skal gå i pluss. Dette blir gjort på to måter, redusere energibehovet i bygget til et minimum og den andre delen som vi skal se på nå, er energiproduksjon. For at et pluss-hus skal gå i pluss må den kunne dekke sitt eget energibehov, dette vil gjerne skje ved hjelp av fornybare energikilder.

Vi har dreid ut om energikilder som produserer varme, men nå skal vi gjøre rede for kilder som produserer elektrisitet og kan faktisk gi oss overskudd av energi.

4.9.1 Solenergi

Solen er uten tvil vår største og viktigste energikilde. Den gir varme, lys og energi, alt som kan bli utnyttet ved prosjektering av bygg. Solen står også bak vinden ved å varme opp luften som vil danne høy og lavtrykk. Ved bygging av passivhus er det viktig å få nyttet solen best mulig, som kan bli gjort på flere måter, dagslys til belysning og



Figur 21 Solinnstråling

romoppvarming som vi har snakket om tidligere, men også solceller for elektrisitetsproduksjon og solfangere til varmeproduksjon.

I Norge er det få soltimer, og solinnstrålingen varierer mye gjennom året. Figuren under sammenligner solinnstrålingen i 7 byer i Europa, som er et godt estimat på produksjonen gjennom året. Dette tilsier at pluss hus i Norge ikke kan være ensidig innrettet mot bruk av solenergi, siden produksjonen om vinteren er så lav. Høyest innstråling er fra mai til juli, mens lavest er i desember og januar. Solinnstrålingen i Norge er ikke veldig godt kartlagt, og det er usikkerhet i verktøyene. Norsk solenergiforening oppgir at solinnstrålingen på en horisontalflate varierer fra 700 til 1 000 kWh/kvm per år.

For å øke virkningsgraden av en solcelle eller et solfangeranlegg må man optimalisere solinnstrålingen. Dette oppnås ved å minimalisere skyggen på anlegget, men også ved å rette det mot solen, med å velge riktig helningsvinkel og orientering. Helningsvinkelen og orienteringen avgjøres av hvor man er på jorden, i Norge vil man vende anlegget mot sør med vinkel på ca. 30 grader fra horisontalplanet. Vinklingen er avhengig av hvilken breddegrad du befinner deg på, NVE anbefaler 30° vinkling. Anlegget er best plassert på taket for å få imøtekommet kravene.

Ved prosjektering av pluss hus vil den mest aktuelle takformen være saltak for praktiske grunner hvis solenergi skal utnyttes. Best takvinkel for solinnstrålingen i Norge vil være ved om lag 30°, og om pulttak skal bli dimensjonert for best mulig utnyttelse av dette vil

høydeforskjellen bli overveldende, ofte rundt høyden på en etasje forskjell. Valmtak vil være lite gunstig for optimal takflate vendt mot sør.

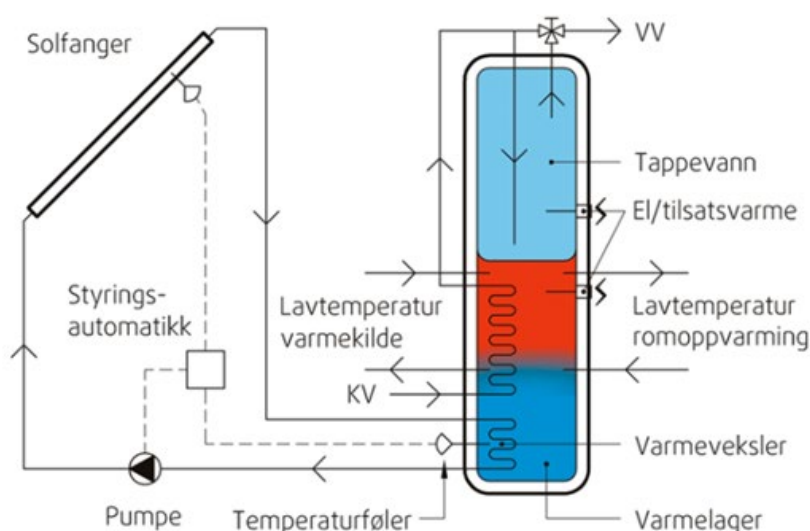
4.9.2 Solfanger

Solfanger er en fornybar varmekilde som kan vurderes i kombinasjon med vannbåren varme. De omdanner energien i solstrålene til varme. Det er estimert at om lag 78% av energien i norske husholdninger går til oppvarming av bygg og varmtvann. Dersom formålet er oppvarming er det best å unngå å bruke elektrisitet, men heller bruke den lavverdige energiformen varme direkte. Solfangere er billigere enn solceller, lever lengre og krever mindre vedlikehold.

Prinsippet bak en solfanger er at en svart flate vil absorbere opp mot 95% av innfallende solinnstråling, som kan kalles en absorbatore. Absorbatoren er ofte en tynn metallplate. Høyere temperatur vil skape økt effektivitet i solfangeren. Absorbatoren dekkes med et gjennomsnittlig dekkelag, ofte av plast eller glass. Dekklaget vil være som et miniatyrdrivhus, ved å slippe inn korbølgede solinnstråling, samt hindre den langbølgede varmestrålingen fra å slippe ut. I tillegg vil dekklaget hindre at absorbatoren blir nedkjølt.

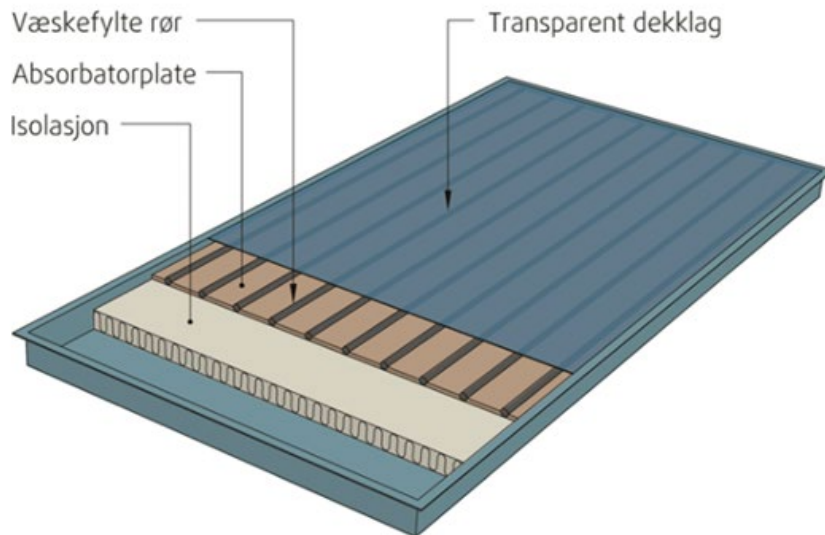
Den absorberte varmen må transporteres til varmelageret. Væske eller luft kan brukes som transportmedium, vann er god egnet fordi det kan absorbere mye varme. Figur 20

Solvarmeanlegg, viser en prinsippskisse for solvarmeanlegg med et indirekte system som er tilknyttet en lavtemperatur varmekilde og lavtemperatur romoppvarming.



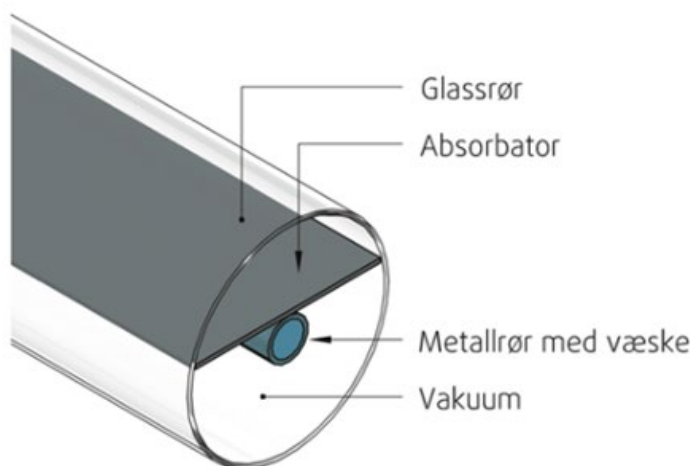
Figur 22 Solvarmeanlegg

Solfangere kan utformes på flere måter, men de vanligste er plane solfangere og vakuumrørsolfangere. Plane solfangere er utført med en tynn metallplate som absorptor, som fører varmen over i væskefylte rør. Solfangeren vil være utført med dekkelag for å øke effektiviteten. Plane solfangere benyttes der man har behov for vann med temperaturnivå rundt 30-80 grader, og kan erstatte vanlig taktekning. Figur 21 viser en plan solfanger.



Figur 23 Solfanger

Vakuumrørsolfangere egner seg best ved behov for vann temperatur mellom 50-200 grader. De egner seg ved høyere temperatur enn plane solfangere og har lavere varmetap. Vakuumrørsolfangere kan utføres på flere måter, og på Figur 22 er den utført med absorptoren plassert i et glassrør med vakuum.



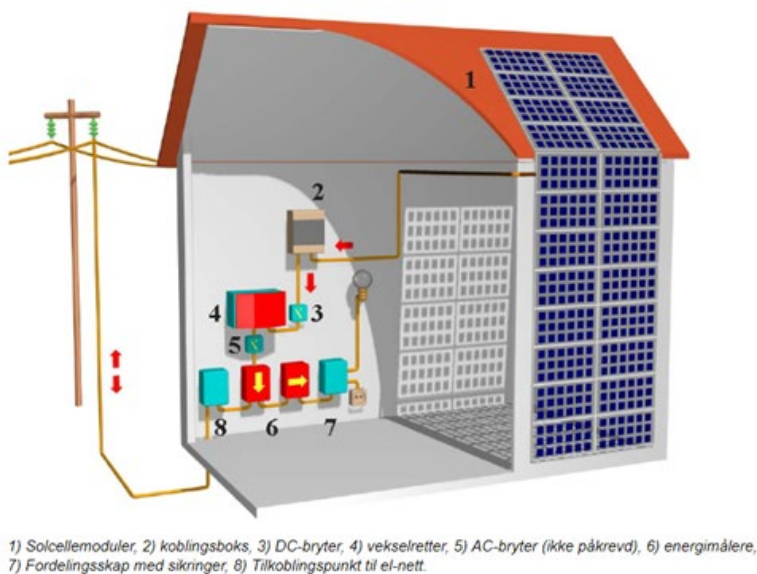
Figur 24 Vakuumrørsolfanger

4.9.3 Solceller

Solceller har mye til felles med solfangere, men istedenfor å konvertere solinnstrålingen til varme blir den konvertert til elektrisitet, som har langt flere bruksområder enn varme.

Solceller konverterer energien i solstråler til elektrisitet ved hjelp av den fotovoltaiske effekten. Dette har gitt solceller forkortelsen PV for PhotoValtics på engelsk.

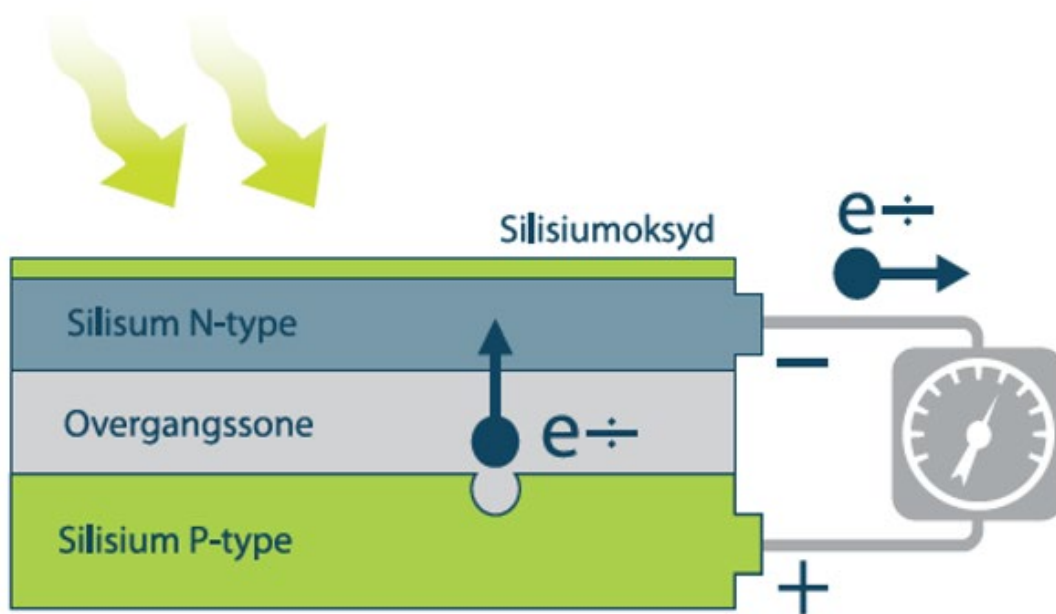
Hovedkomponentene i et solcelleanlegg er solcellepanelene, kobling og monteringsutstyr for å frakte elektrisiteten, og en inverter(vekselretter) eller batteri avhengig av om det er et nettilknyttet system eller frittstående.



Figur 25 Solcelleanlegg Kilde: fornybar.no

Oppbygning:

En solcelle består av en halvleder som er behandlet (dopet) slik at det er overskudd og underskudd av frie elektron på hver side på hver side, men vanligvis overskudd på fremsiden. Dette danner et elektrisk felt i grensesjiktet mellom de som driver frie elektron mot fremsiden. Bundne elektron i solcellen kan absorbere et foton og dermed bli frie. De fleste av disse vil bli fanget inn av grensesjiktet og bli transportert til cellens framside. Dersom man forbinder frem og bakside med en elektrisk krets vil det bli produsert strøm.



Figur 26 Prinsippskisse for solcelle

Teknologier

Det er to hovedtyper solcelleteknologier i dag krystallinske solceller og tynnfilm.

Krystallinske solceller er laget av tynne skiver «wafers» av silisium, og har to hovedtyper monokrystallinske og multikrystallinske. Monokrystallinske solceller er bygget opp av en silisiumkrystall, mens multikrystallinske består av flere krystallkorn. Generelt vil monokrystallinske solceller ha høyere effektivitet, mens multikrystallinske krever mindre energi og framstille, og er derfor noe billigere.

Prinsippet bak tynnfilmteknologiene er å deponere veldig tynne lag av solceller på et substrat og siden bygge en modul for dette. De vanligste typene er CupperIndiumGalliumSelenid (CIGS), CadmiumTellurid (CdTe) og amorfe silisiumceller (a-Si). Nedenfor er en tabell over virkningsgrad og pris for de forskjellige solcelleteknologiene tatt ifra fornybar.no ISBN 978-82-410-0632-7

Tabell 2 Solcelletyper

Teknologi	Celletype	virkningsgrad	Pris
Krystallinske	Monokrystallinske	15-20%	Mest kostbar på pris. Krever mye energi ved produksjon.
	Multikrystallinske	14-16%	Mindre energi ved framstilling enn monokrystallinske. Rimeligere.
Tynnfilm	CIGS	11%	Billigere råvarer enn krystallinske
	CdTe	9,3%	
	a-Si	7-9%	

Virkningsgraden

I et solcelleanlegg vil det skilles mellom forskjellige virkningsgrader; celle-, modul- og systemvirkningsgrad.

Solcellevirkningsgrad:

Virkningsgraden til en solcelle er definert som forholdet mellom avgitt elektrisk effekt og mottatt lyseffekt. Generell formel for virkningsgrad er effekt ut/ effekt inn, som for solceller tilsvarer forholdet mellom soleffekt inn (solinnstrålingen) og elektrisk effekt ut (produsert strøm). I tillegg til å reflektere ytelsen til solcellen, vil virkningsgraden være avhengig av mengde solinnstråling, solinnstrålingsvinkelen og temperaturen på solcellen. Virkningsgraden vil synke for økt temperatur på en silisiumcelle, og ifølge Rapport av IEA (International Energy Agency) vil høyest virkningsgrad være ved -5 °C. DVS at en solcelle som blir varmet opp i løpet av dagen vil ha lavere effekt enn en avkjølt celle. Solcellen får redusert virkningsgrad etter mange års drift, for en silisiumcelle kan man regne med at maksimal ytelse er redusert med rundt 10% etter 25 år. Vanlig garanti for solceller er 80% ytelse etter 25 år.

Modulvirkningsgrad: Modulvirkningsgraden tar hensyn til tapene over den komplette modulflaten. Da er det snakk mellomrom mellom solceller som ikke kan benyttes. Dette er noe vi vil se bort ifra.

Systemvirkningsgraden: Systemvirkningsgraden tar hensyn til tap i hele systemet, inkludert nettilknytningen. Her vil de største faktorene ofte skje ved vekselretteren, overføringen av strøm til nettet. En vekselretter vil omgjøre produsert likestrømmen til vekselstrøm som kreves på strømmettet.

Når produsenter oppgir solcellenes virkningsgrad, og når solceller sammenlignes er det snakk om den maksimale energimengden solceller kan produsere under standard testforhold, som er 1000 W/m^2 og temperatur $25 \text{ }^\circ\text{C}$. De samme forutsetningene oppgis ved maksimal ytelse, som betegnes Watt peak (Wp). Typisk virkningsgrad på solcellepaneler i dag ligger på rundt 15-20%. Alle materialer har en teoretisk grense for hvor mye av innstrålingen de kan gjøre om til elektrisitet. For silisium ligger denne grensen rundt 28%. Det har ved laboratorieforsøk blitt oppnådd ett innovativt system med over 40% ved å kombinere forskjellige materialer.

Det er en grunn til at solcellepanel er mer utbredt i Spania og varmere land en her, nemlig at de har mer solstråling, men Norge vil ha bedre temperatur for solcellene.

Når produsenter oppgir solcellenes virkningsgrad, og når solceller sammenlignes er det snakk om den maksimale energimengden solceller kan produsere under standard testforhold, som er 1000 W/m^2 og temperatur $25 \text{ }^\circ\text{C}$. De samme forutsetningene oppgis ved maksimal ytelse, som betegnes Watt peak (Wp).

4.9.4 Solcellepanel:

Et solcellepanel er en sammenkobling av flere solceller, og flere paneler koblet sammen utgjør et solcelleanlegg. Man kobler solcellene sammen for å få en rimelig størrelse og egnet spenning på solcellepanelet. Et typisk panel av krystallinsk silisium består av 50-70 serie- og parallellkoblede celler, som er kapslet inn mellom dekkeglass og en bakplate. Panelet må beskytte cellene mot vær og vind, samt ha nokk mekanisk stabilitet til å beskytte de mot håndtering og påkjenninger av regn og hagl. Dette gjør at kvaliteten på innkapslingen er svært viktig. Vanlig maksimal ytelse for tynnfilm er i rundt 50-100 Wp, og krystallinske solceller 50-300 Wp.

Solcelleløsninger

Building Applied Photo Voltics (BAPV) er vanlige solceller vanligvis installert på tak.

Building-Integrated Photo Voltics (BIPV)

Bygningsintegrert PV er løsninger hvor PV-elementer har en bygningsfunksjonalitet, og erstatter et tradisjonelt materiale i bygningskroppen. BIPV vil gi besparelser innen materialforbruk og arbeidskraft, samt redusere strømkostnadene.

NEK EN 50583-1:2016 definerer BIPV elementers funksjonalitet skal i tillegg til å være et solcellepanel, være en eller flere av:

- Mekanisk stivhet/ strukturell integritet.
- Energiøkonomi, for eksempel skygge, dagslys, termisk isolasjon.
- Brannvern, Støybeskyttelse, Adskillelse mellom innendørs og utendørs miljø.
- Sikkerhet, ly eller trygghet.

I motsetning til BAPV løsninger, er det få standardprodukter innen BIPV, men forskjellige produkttyper kan kategoriseres som: Fasadeelementer, solcelletakstein, solar glazing, lette systemer, prefab. De mest relevante for oss vill være fasadeelementer og solcelletakstein

Fasadeelementer: Dette er det mest standardiserte BIPV-produktet ettersom det ligner konvensjonelle fasadeelementer. Disse integreres i fasader og tak, og kan derfor regnes som BIPV moduler.

Solcelletakstein: Dette er takstein med solceller integrert. Taksteinen vil være utformet som en tradisjonell takstein. Nytt på markedet er takstein med PVT, som er PV og termisk sol, som en kombinasjon av solcelle og solfanger. Et problem med vanlige solcelle paneler er at de ofte ikke er fine å se på. Solcelletakstein vil gi bygget et mer estetisk tilfredsstillende utseende.

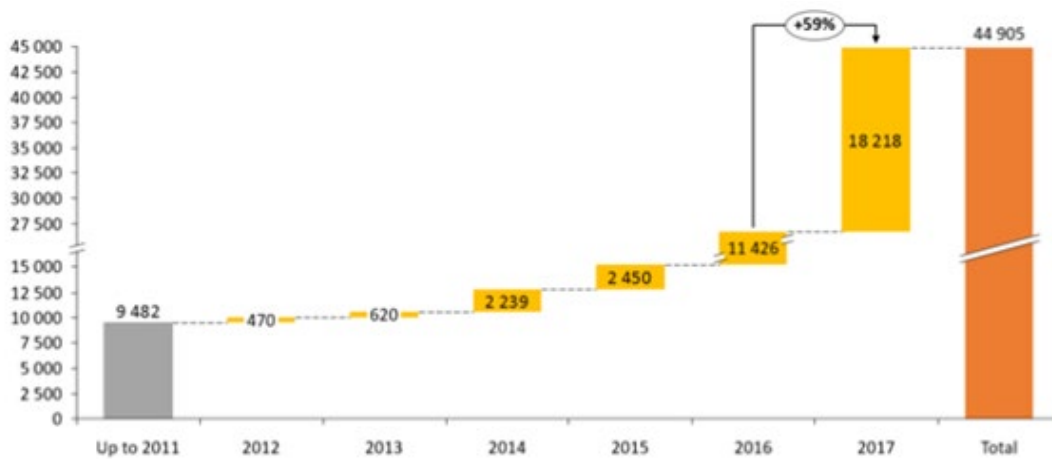
Markedet:

Det er avgjørende ved vurdering av solcelleanlegg er hvor kostnadsdyktig det er med andre strømkilder på det aktuelle stedet. Dette er en av årsakene til at det ikke er mer nytta i Norge, det har nasjonalt vært lave strømpriser oppigjennom tidene, som kan stamme tilbake til da «Oljeeventyret» starta i 60-tallet. Solcelle interessen har vært stor i andre land i Europa, og noen av de mest utberedte er Spania, Frankrike, Tyskland og Italia. Norge har sammenlignbart klima med Tyskland, men en grunn til veksten i Tyskland er at den er drevet subsidier, noe som det er lite av i Norge. Det er funnet at det er 70% dyrere å installere solcellepaneler i Norge enn i Tyskland.

Vannkraft er et langt billigere alternativ i Norge. Det som stopper solcelleanlegg ifra å være konkurransedyktige er kostnadene, noe som kan reduseres gjennom blant annet forskning,

effektivisering av industri og utvikling av markedet. Solceller har nesten ikke drifts eller vedlikeholdskostnader. Kostnadene har de siste årene blitt redusert.

Ifølge Solenergiklyngen er det voldsom vekst på solcelle fronten nasjonalt fra år til år. Vekste i installert kapasitet for solceller økte fra 366% fra 2015 til 2016. Som visst i figuren har installert solkapasitet økt med 473% fra 2011 til 2017. Dette er spesielt imponerende når man tar lave strømpriser og svake støttemekanismer i betraktning. Dette viser et ønske blant Norsk befolkning til å bidra til fornybar energiproduksjon. Vi ligger som sagt bak internasjonalt, i Sverige og Danmark ble det installert 60 og 70 MW i 2016, doblet det nasjonale. Det burde sies at Norge allerede har 95-98% fornybar kraft på strømmettet grunnet vannkraften.



Figur 27 Utviklingen i installert solkapasitet fra 2012 til 2017

Universitetet i Oslo har utført en studie hvor de har identifisert disse drivende faktorene for det private boligmarkedet.:

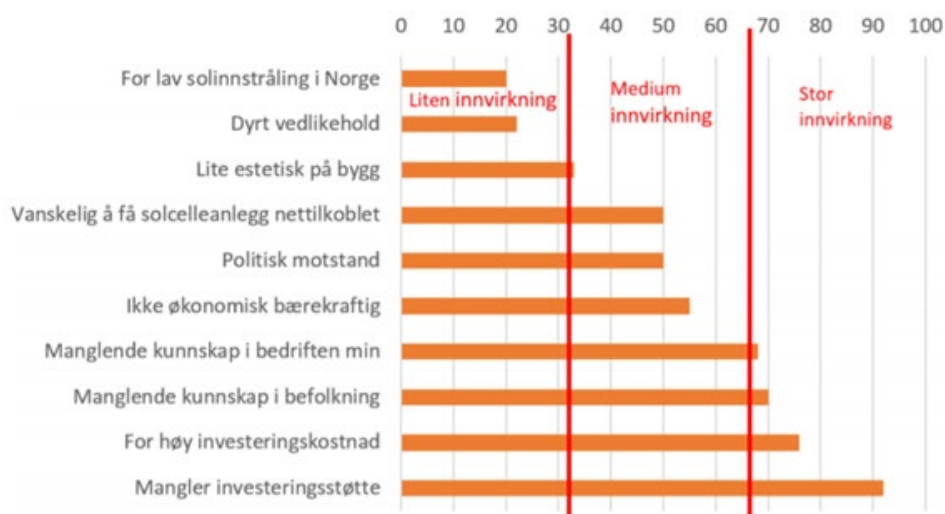
- Økning i generell teknologiinteresse
- Egenproduksjon av kraft til elbil
- Økt uavhengighet fra kraftselskapene
- Miljø
- Positive erfaringer med solceller på hytta
- Reduserte utgifter

Utvikling

De globale gjennomsnittsprisene for solkraft har blitt redusert med 62% siden 2009, og er forventet å ta igjen kullkraft innen 10 år sier New Energy France. Dette skyldes kostnadsreduksjon i alle deler av verdikjeden, og ifølge International Renewable Energy Agency (IRENA) har det vært 80% kostnadsreduksjon i Solcellemodulen.

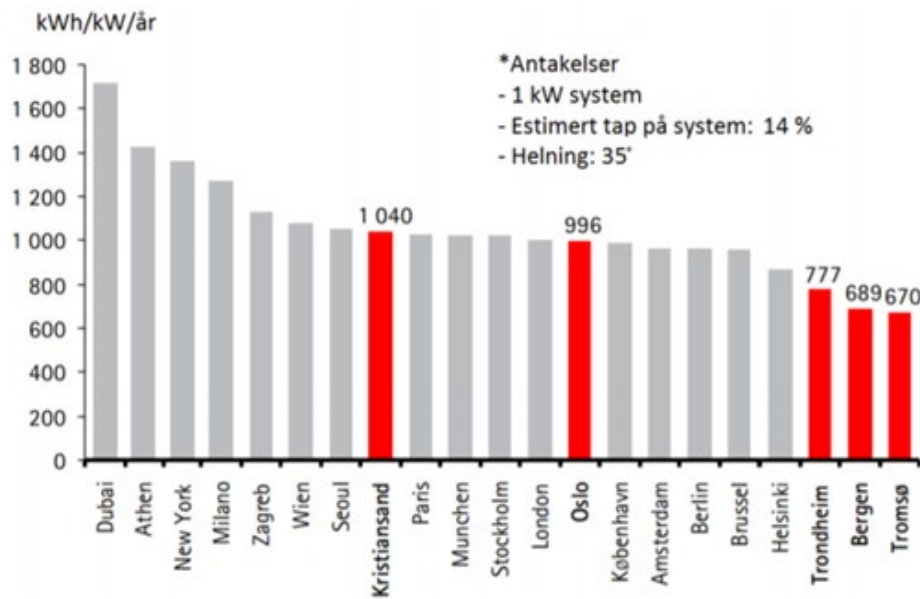
Barrierer:

Det ble gjennomført en studie av Multiconsult/ Solenergiklyngen i 2014 hvor de største aktørene innen Bygge og eiendomsnæringen ble intervjuet for å høre hva de syntes var de største barrierene for solceller. De største barrierene kan kartlegges med figuren under.



Figur 28 Barrierer for solceller i Norge

Figur 27 sammenligner solinnstrålingen i noen norske byer med andre europeiske byer, her kommer det fram hvor sammenlignbar innstrålingen er med andre byer hvor solceller har hatt suksess. Vedlikeholdskostnader til et solcelleanlegg burde også nevnes at ikke er store nokk til å gjøre det mindre aktuelt enn andre energikilder.



Figur 29 Sammenligning av solinnstråling i europeiske byer

Det har vært fokus på estetisk utvikling av solceller, som BIPV løsninger er en del av, som kan blende inn eller se bedre ut enn et vanlig tak.

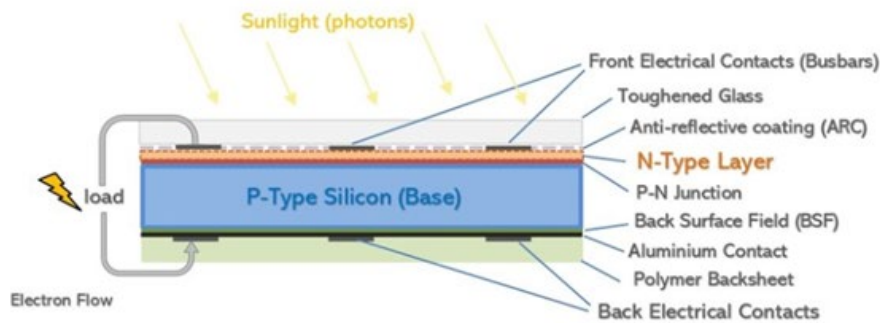
Som det kommer frem i oversikten over barrierer er det største hinderet manglende kunnskap, høy investeringskostnad og lave investeringsstøtter som er de største problemene.

Nye teknologier:

Det har de siste årene blitt framskritt innen solcelleteknologiene. P-type solceller er den vanligste typen, og har vært størst på markedet de siste fire tiårene. Det kalles p-type siden de er bygd med en positivt ladd silisiumbase, men det betyr ikke at materialet er positivt ladd, det vil fortsatt være elektrisk nøytralt. Her er skivene «waferene» dopet med bor. Den øverste siden er dopet med fosfor. Ved å gjøre dette blir det ett mindre elektron enn Silisium på en side og en mer på andre, så det blir fri flyt av elektroner.

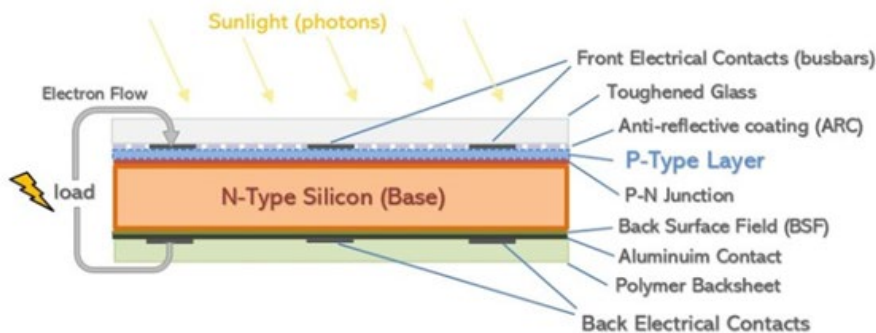
N-type solceller er bygd den andre veien, med negativt dopet side som basis for cellen. Dette vil si at Silisiumet er dopet med Fosfor for å Denne teknologien har en økende markedsverdi. Bildene viser oppbygningen av p og n-type solceller.

P-Type Solar cell



Figur 30 Oppbygning av P-type solceller

N-Type Solar cell



Figur 31 Oppbygning av N-type solceller

Forskjell:

Ved p-type solceller vil det oppstå en defekt som kalles «boron oxygen defect» som oppstår fordi det vil være både bor og oksygen i «waferen» som fører til reduksjon i effektiviteten av solcellen opp til 2%. Denne defekten kan kalles LID (light induced degradation). Det vil også være mindre urenheter i n-type substratet. Det kan også sies at denne typen vil bli mindre redusert ved høyere temperaturer. Det kan generelt sies at n-type solceller har bedre effektivitet enn p-type, men hvorfor er det da ikke mer populært? En grunn til det er at framskrittene har for det meste blitt gjort i nyere år.

Det er også en god del dyrere, ettersom n-typen bruker bor diffusjon for å lage det tynne laget. Det vil også forekomme større kostnader for produksjon av basen ettersom den er mye renere, men renheten fører også til høyere effektivitet, lavere tap og mye lavere degradering over tid.

Vi spår på at n-typer solceller vil komme på det norske markedet og bli konkurransedyktig grunnet sin bedre effektivitet og livstid.

PV-T system:

Et PV-T system kombinerer PV teknologi med termisk varmeproduksjon. DVS at en PV-T løsning kan omtales som en hybrid av både solceller og solfangere. Medan dette i konseptet kan være en bra løsning, vil den også by på problemer. Et av problemene er at det er svært få som produserer PV-T paneler. Det er også problem i forskjellen mellom solceller og solfangere, nemlig at solceller vil ha lav temperatur, mens solfangere vil ha så høy temperatur som mulig. Dette gjør at ved optimalisering av den ene vil den andre bli redusert.

4.10 Vindenergi

Vindenergi er den kinetiske energien til vinden og ved hjelp av en vindturbin kan denne kinetiske energien omdannes til elektrisitet.

Vindkraft er en fornybar energikilde som produserer verken klimagassutslipp eller forurensere lokale områder. Vind er nesten alltid tilgjengelig og kan utnyttes til og med fra de minste vindhastighetene (2,5 m/s er tilstrekkelig cut-in hastighet for de fleste småskala vindturbiner).

Norge har ganske lite erfaring med bruk av småskala vindturbiner i private boliger. Andre europeiske land har derimot tatt i bruk vindkraft til energiproduksjon innen boligsektoren, Tyskland,

England og Danmark er noen av dem. Et godt

eksempel er et leilighetskompleks i London Road, England. Der har de installert vertikale vindturbiner på taket og får dermed dekt en del av energibehovet til bygget.



Figur 32 Leilighetskompleks med vindturbiner i London Road, England

4.10.1 Vind om vinteren

Vind skapes når det er trykkforskjell i luftmasser. Trykkforskjell kan oppstå på to forskjellige måter.

- Når tyngdekraften trekker ned den kalde luften nedover til bakken, vil den kalde luften føre til høytrykk ved bakken.
- Når sola varmer opp jordskorpen får vi varm luft. Den varme luften er lettere og vil stige opp, det fører til lavtrykk ved bakkenivå. Vinden vil forsøke å utjevne ut disse trykkforskjellene ved at luftmasser sirkulerer fra høytrykk til lavtrykk.

Temperaturforskjellen mellom de kalde luftmassene fra Arktis og de varme fra tropene er størst om vinteren. Når disse varme og kalde havstrømmene møtes i Atlanterhavet, får vi i Norge masse vind. I motsetning til solkraft vil vindkraft ha best effekt om vinteren. Det kan derfor være gunstig å kombinere vindkraft med solkraft for jevnere produksjon gjennom året.

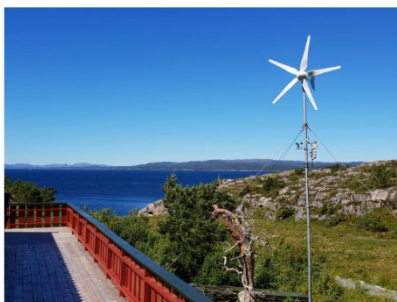
4.10.2 Kystområder

Fordel med Vestlandet er at vi har mye kystområder. Vinden er sterkest på havet fordi der finnes det ingen barrierer som kan bremse ned vindhastigheten. Den sterke vinden som kommer fra havet vil treffe kystområder først og for områder som Vigra som ligger ved kysten og i tillegg er et flatt område, vil det oftest være høyere vindhastighet enn på innlandet.

4.10.3 Teknologi

Det finnes hovedsakelig to typer vindturbiner, horisontale og vertikale. Horisontalakslede vindturbiner og vertikalakslede vindturbiner

Horisontalakslede vindturbiner



Figur 33 Horisontalvindturbin

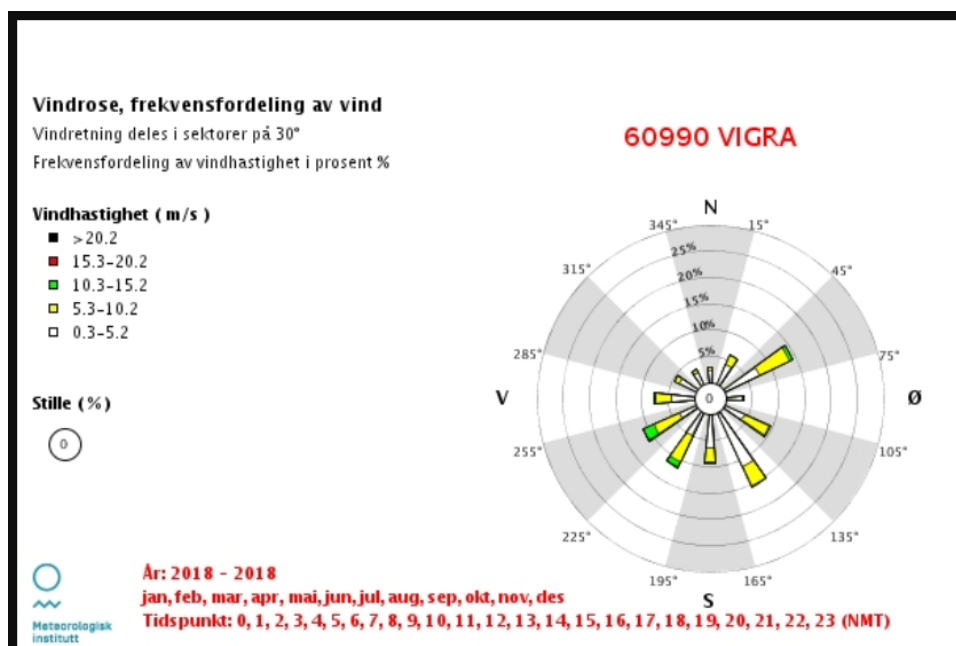
Dette er den mest vanlige vindturbin typen. Slike turbiner fungerer best på steder med jevnt og stabil vindretning. De har likevel evne til å rotere seg dersom vinden skulle skifte retning og vil alltid tilpasse seg etter den dominerende vindretningen.

Vertikalakslende vindturbiner



Figur 34 Vertikalvindturbin

De siste årene har vertikalakslende vindturbiner begynt å komme på markedet. Hovedfordelen til disse er at de kan ta imot vind fra ulike retninger og er godt egnet for turbulente vindområder. Ulempen med vertikale vindturbiner er at siden den er ment for å ta imot alle vindretninger vil den ikke være like effektiv til å ta imot en spesiell vindretning. Det betyr at en vanlig horisontal vindturbin vil ha mye høyere effekt gitt samme størrelse. Skal man ha en vertikal vindturbin med samme effekt som en horisontal må den være større og mye dyrere.



Figur 35 Vindrose for Vigra

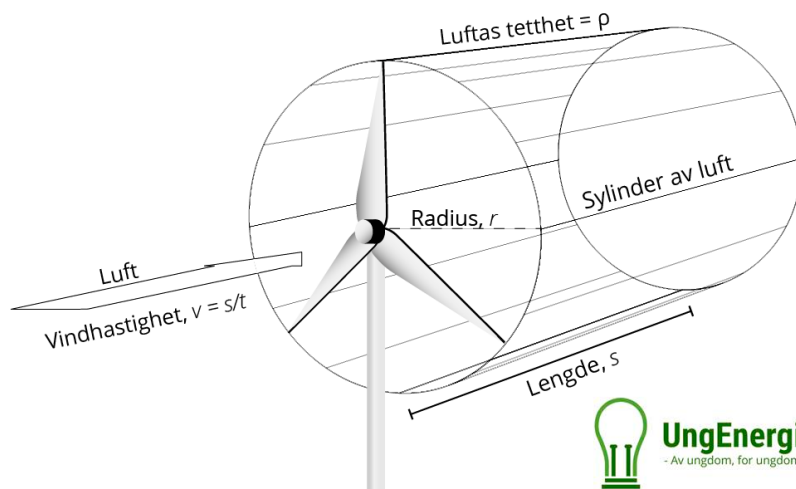
Her vises det dominerende vindretning på Vigra. Mesteparten av vinden kommer fra sør-øst, men den sterkeste vinden kommer fra sør-vest. Dette er nokså gode vindforhold for horisontale vindturbiner.

4.10.4 Prinsippet

Vanligvis består en vindturbin av blader, tårn, maskinhus med generator, gir og kontrollsystem. Vinden setter bladene i bevegelse og denne bevegelsen blir tatt opp i en generator som omdanner den kinetiske energien til elektrisitet.

Effekten i vinden som passerer en flate per arealenhet er gitt ved:

$$P = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v^3$$



Figur 36 Prinsipp for vindturbin

Uttrykk for den ytre energien er gitt ved:

$$E_k = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v^3 \cdot t$$

Hvor,

P= effekt i watt og E_k : ytre energi

P er luftens densitet, som normalt er $1,23 \text{ kg/m}^3$

A er rotorens sveipet areal i m^2

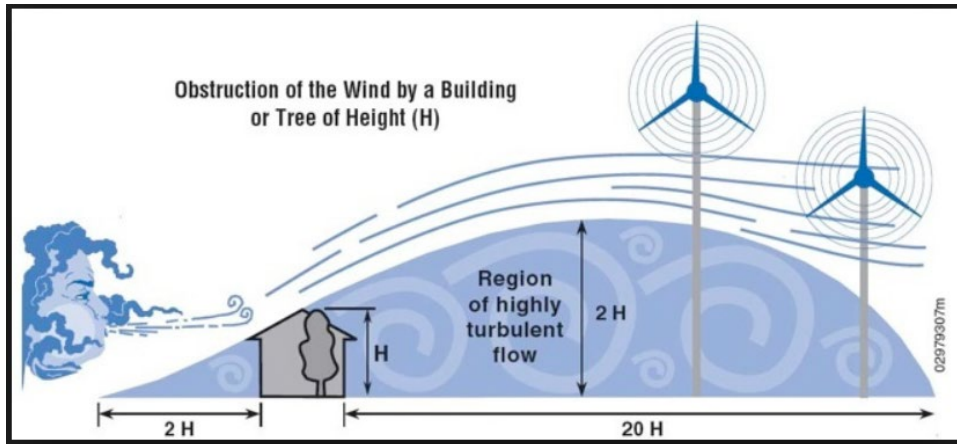
V er vindhastighet i m/s og t er tid.

Ut fra formelen ($P = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v^3$) ser vi at effekten avhenger hovedsakelig av vindhastigheten.

Små endringer i vindhastigheten vil utgjøre stor forskjell på produksjon og lønnsomhet, men arealet på bladene har også en betydning. Jo større areal på bladene, jo mer effekt har vindturbinen.

4.10.5 Plassering

Store vindparker kan plage nærmeste naboene med støy, men småskala vindturbiner forutsatt til privatbruk kan til og med monteres opp på taket. Vibrasjon kan bli et problem ved montering på et tak uten ekstra tiltak for vibrasjonsdemping og er kun en levedyktig løsning for tette bebyggelsesområder. Den mest vanlige løsningen er å plassere vindturbinen i hagen.



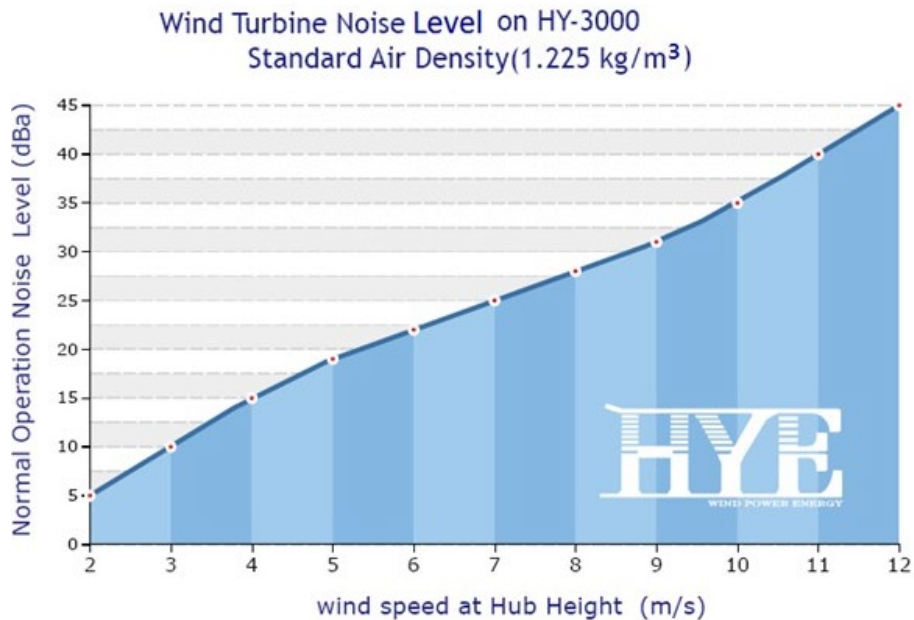
Figur 37 Plassering av vindturbin

Turbulens i vind som forekommer fra vegetasjon og bygninger er noe å ta hensyn til i planleggingsfasen.

Når vinden treffer en husvegg, trær og andre hindringer kan det føre til turbulens. Turbulens er nærmest umulig å unngå, derfor kan det være viktig å plassere vindturbiner så langt unna obstruksjoner og så høyt som mulig. I praksis blir det vanskelig å unngå å plassere turbinen i turbulensområdet på grunn av begrenset tomteareal.

Støy og motstandere

Ved gjennomsnittlig vindhastighet på 5,3 m/s kan vi forvente en støy på rundt 20 dBa, det kan sammenlignes med lyd fra en stasjonær datamaskin.



Figur 38 Lydnivåer i vindturbinen Windstar 3000 ved forskjellige vindhastigheter

I NS 8175 for lydforhold i bygninger står det om anbefalte støygrenser for vindmøller, $L_{den}=45$ dB. Denne grensen blir sjeldent overskred, men vi kan ikke utelukke at naboene kan komme med motstand. I tillegg kan vindturbin hindre for utsikten og drepe fugler, det gjenstår å se hvordan folk reagerer på småskala vindturbiner til privatbruk.

4.10.6 Utvikling

I 2018 ble det produsert 3,9 TWh fra storskala vindkraft i Norge. Vindkraft stod for nesten 3% av den samlede kraftproduksjonen i Norge.

NVE har utarbeidet et forslag til nasjonal ramme for vindkraft på oppdrag fra Olje- og energidepartementet. NVE har foreslått mest egnet områder for vindkraft på land, Sunnmøre er et av disse områdene.

Vindkraftproduksjonen økte med 34,9 prosent fra 2016 til 2017 og hele 36 prosent fra 2017 til 2018 (Tall fra SSB). Fortsetter trenden vil vindkraft stå for en betydelig del av energiproduksjonen i Norge i nærmeste fremtid. Det er store debatter om hvorvidt vindkraft er nødvendig. Effektivisering av vannkraften vil kunne utelukke vindkraft behovet.

Småskala vindkraft til privat bruk har ikke slått an i Norge enda, men kanskje med økende interesse i vindkraft som energikilde i Norge, kan det skje noen forandringer.

4.11 Lagring av overskuddsenergi

4.11.1 Inverter

En inverter omdanner likestrømmen som kommer fra solcellene og vindturbinen til vekselstrøm. Vekselstrøm er den strøm typen som kommer ut av stikkontakter i ditt hus og går gjennom strømmettet ellers. Denne er viderekoblet til sikringsboksen som da kan sende energien til strømmettet eller brukes hjemme.

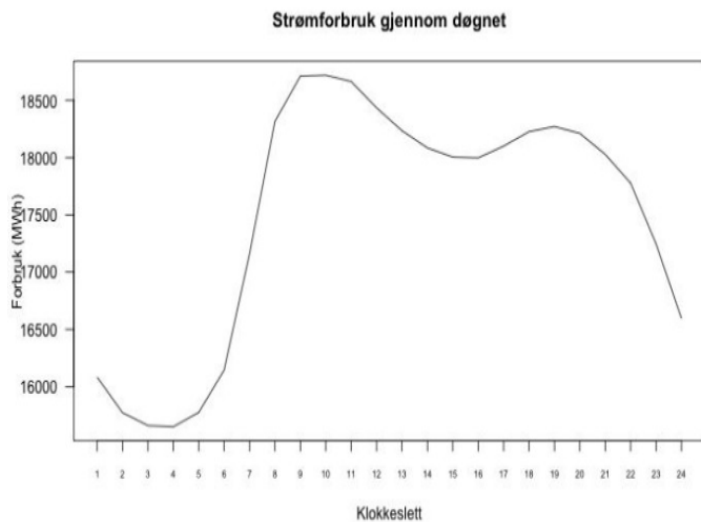
Invertere kan være en del av en solcelle anlegg eller et batteri, men kan også være separat og det er den mest effektive løsningen. De kommer ofte med nød funksjon som kutter av produksjonen i tilfelle av brann. Lager et kjøleskap lignende støy så det kan være gunstig å plassere den ute.

4.11.2 Laderegulator

Regulerer at det ikke blir overbelastning av energi. Følger med «dump load» funksjon som blir kvitt den energien som kan overbelaste et system til et varmeelement. Brukt i sammenheng med batterilading, da vil batteriet gjerne ha en innebygd inverter.

4.11.3 Batteri

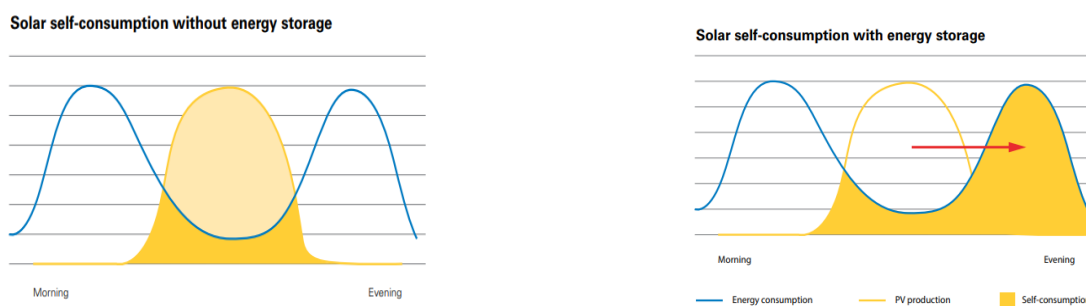
I kombinasjon med solceller og vindturbin blir det produsert mest strøm på dagtid og når solen går ned blir produksjonen kraftig redusert, mens forbruken er på et høyt nivå.



Figur 39 Strømforbruk gjennom døgnet i Oslo, periode januar-mai

Den høye forbruken om morgnen kan skyldes at den er fordelt på kortere periode 3 timer (08:00 til 11:00) sammenlignet med forbruken på kvelden som er fordelt utover 5 timer (17:00 til 22:00).

I lyset av dette kan vi lagre overskuddsenergien som blir produsert i løpet av dagen og utnytte den på kvelden.



Figur 40 Overføring av energi

Det dukker stadig opp nye teknologier for lagring av energi og det er mye fokus på å oppnå mest effektiv måte å lagre energien på. Den mest effektive løsningen vi har i dag er kanskje ikke relevant igjen om noen år.

Her er noen teknologier som kan bli brukt til lagring av energi i en bolig:

Blybatteri (LA)

Blybatteri er et typisk bilbatteri. Det finnes mange av dem og de er relativt billige. Det er fullt mulig å bruke blybatterier til lagring av produsert energi fra solceller, men slike batterier er ikke godt egnet for mellomlagring. Dette innebærer også at det er vanskelig å lagre effektivt store mengder av energi og mye av energien vil gå tapt.

Vanadiumbatterier

Med kapasitet fra 40 KWh opp til 2000KWh og med modulær oppbygning kan vi lagre all energien produsert gjennom hele året og ikke være avhengig av å være tilkoblet til nettet.

Vanadiumbatterier er godt egnet for variabel kraftproduksjon som for eksempel vindkraft og solkraft. Men slike løsninger tar stort plass og priser er vanskelig å få tak i, men gitt ytelsen og hvor lite utbredd de er for kommersiell bruk kan vi anta en høy investeringspris. De minste variantene har for stor kapasitet til døgnutjevning og større variantene er det ikke behov for, vi har en mye enklere løsning for lagring av energi over lengre perioder -Solbank.

Rask oppladning/utladning egenskapen og trygge kjemiske prosesser (ikke antenkelige eller eksplosive) gjør dem mest egnet for hurtigladdingsstasjoner for elbiler og andre større prosjekter.

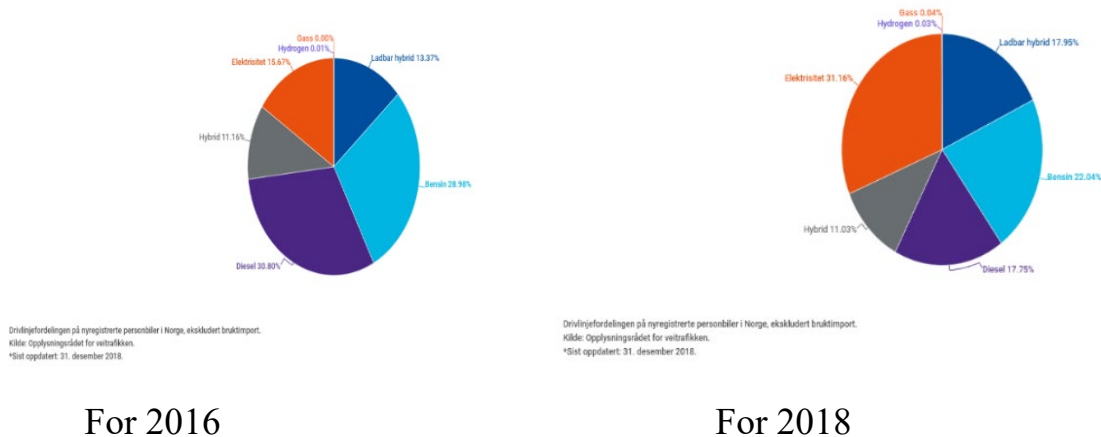
Litium-ion batterier (Li-ion)

Det finnes allerede mange litium-ion batterier på markedet for boliger. De fleste produktene har nok kapasitet til å dekke døgnutjevningfunksjonen og kan brukes i kombinasjon med solceller og vindturbiner. Den lette vekten og størrelsen sammenlignet med vanadium batterier gjør denne løsningen mest egnet til energilagring i private boliger.

Utvikling:

Investeringskostnadene er det største hinderet i dag, men utviklingen innen elbilindustrien som også benytter seg av litium-ion batterier vil nok bidra til reduisering av batteriprisene. Elbiler konkurrerer om rekkevidde og oppladningstid på sine batterier. På grunn av den eksplosive interessen i elbiler har batteriutviklingen gått i store skritt. Litium-ion batteriene blir stadig mer effektive og kostnadene synker.

Figur 41 Tall for nyregistrerte personbiler i Norge ekskludert bruktimport



I tillegg vil det være mange brukte litium-ion batterier som må gjenvinnes på en eller annen måte. Enkelte bilprodusenter som Nissan tilbyr allerede gjenbruk av sine Nissan Leaf batterier til xStorage som blir brukt til lagring av energiproduksjon i en bolig. Etterhvert som brukte elbil batterier begynner å strømme inn på markedet vil prisene synke.

Oppsummering

Litium-ion batterier har nok kapasitet for å dekke vårt behov, men har veldig høye investeringskostnader og det vil ta en stund før vi får gunstigere priser.

Muligheten for gjenvinning av brukte elbil batterier gjør dette valget fremtidsretta. Gitt det er litium-ion batterier som blir brukt av elbilene også, vil utviklingen i elbilindustrien bidra til billigere og mer effektive litium-ion batterier for boliger.

4.11.4 Plusskunde

Overskuddsenergien du produserer kan du selge til din kraftleverandør. Man må ha samme kraftleverandør for forbruk og produksjon. Etter godkjenninger fra nettselskapet endrer Tafjord kraftavtalen slik at de kan avregne kundens produksjon. Forbruket og produksjonen blir avregnet på to forskjellige linjer på slutten av måneden. Dette krever at husstanden har et tellerverk som teller både produksjon og forbruk, de nye AMS-målere som alle skal ha installert har denne funksjonen. Har man et overskudd kan man velge å selge energien eller lagre den i Solbanken.

4.11.5 Solbank

Solbank er en virtuell bank der overskuddet kan akkumuleres og benyttes senere istedenfor at den blir utbetalt av kraftleverandøren. Kunden kan da selv bestemme når han vil ta ut det akkumulerte overskuddet uten noen ekstra kostnader. Dette betyr at en kunde kan akkumulere energien når strømprisene og energiforbruket er lavt og ta ut denne energien når forbruket og strømprisene er høye. Det er ikke noen begrensninger på kapasitet av akkumulert energi i praksis.

4.12 Brannsikkerhet i elektriske anlegg

4.12.1 Solceller

“Feil i elektriske anlegg er en av de vanligste årsakene til boligbrann. Disse brannene har gjerne sammenheng med feil ved installasjon, mangelfullt vedlikehold, manglende oppgradering eller overbelastning. “- Norsk brannvernforening

Med økt antall elektriske installasjoner øker også brannfaren.

I en studie gjort av Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE “Fire Protection in Photovoltaic Systems – Facts replace Fiction – Results of Expert Workshop” konkluderer de med at “Photovoltaic systems are different, but not more dangerous, than traditional electrical installations.”

Av 1.3 millioner PV anlegg i Tyskland i år 2013, var det brann forsakert av solceller i 120 tilfeller, 75 av de førte til store brannskader og i 10 tilfeller førte anlegget til total nedbrenning av huset. Altså 0.006 % av PV systemer førte til brann med store materielle brannskader. Største årsaken til brann er når uerfarent mannskap tar seg av installasjonen.

4.12.2 Batteri

Batteritypen av vanadium omtales som brannsikker på grunn av sine trygge kjemiske prosesser, men litium-ion batterier er ikke like trygge. Ifølge kjemi-og elektroingeniøren Paul O.

Rosenquist i Verdiskaperen: “bruken av litium batterier i elbiler, private hjem og elektroniske forbruksartikler er ekstremt farlige”.



Figur 42 Utbrent litium-ionebatteri

Litium- ion batterier til privat bruk i boliger er bygd med brannsikkerhet som en prioritet og de fleste leverandører påstår at de kan installeres både innvendig og utvendig.

Mens sjansen er liten for brann, når det først skjer er det vanskelig å slukke den.

Slokkeskum eller pulver fungerer dårlig til slokking og det må benyttes store mengder med vann for å kjøle ned batteriet. Dette kan ta flere timer og det er stor fare for re-antennning i flere dager etter brannen.

4.12.3 Vindturbiner

Ifølge Det Norske Veritas Germanischer Lloyd er det brann i 0.5 per 1000 turbiner, altså i 0.05 %.

Så langt er det mest mekaniske problemer som rammer vindturbiner.

Ved orkan eller stor vindhastighet kan en vindturbin kollapse, derfor finnes det overspeed beskyttelse som sikrer at turbinen ikke blir overbelastet fysisk og at den ikke produserer for mye energi. Vanlig maks tillat vindhastighet før automatisk “shutdown” ligger på 50 m/s. Dette betyr at det ikke blir produsert strøm dersom vindhastigheten overstiger produktets maksimale kapasitet.

Ifølge Beauforts skala defineres orkan $>32,7$ m/s, den verste orkanen i de siste 10 årene var Dagmar, den hadde en gjennomsnittshastighet 32 m/s målt på Vigra. De høyeste vindkastene var opp i 44 m/s.

Selv om vi kan føle at vi opplever sterke orkaner her på Sunnmøre, så er ikke de kraftige nok til å felle en vindturbin.

5 RESULTATER

5.1 Balanse 803

Etter samtaler med oppdragsgiveren opplyste vi dem om vilkår for plusshus, på et senere tidspunkt kom vi frem til en felles konklusjon at deres “Balanse 803” hus var mest egnet for vårt plusshus prosjekt.

Den hadde en enkel og kompakt bygningskropp med noenlunde lavt energibehov. I tillegg var minimalt antall vinduer og saltak takkonstruksjonen en avgjørende faktor for dette valget.

Utfordringer vi hadde med “Balanse 803” var at takkonstruksjonen hadde en takvinkel på 40° og liten mulighet for endring i planløsningen.

5.2 Bygningskropp

Tanken bak plusshuset var å få så lavt energibehov som mulig. Huset vårt er dimensjonert etter passivhus standarden.

Vi har valgt å gå for en enkel og kompakt bygningskropp for å få minst mulig kuldebroer og luftlekkasjer. Vårt plusshus kan virke litt kjedelig, men det er nødvendig med en slik utførelse. Bygningskroppen har ingen komplekse geometrier som takarker/takbygninger og balkonger.

Vi antar at kuldebroverdien for passivhus (0,03 W/(m²K)) er oppfylt ved rett utførelse.

Samme gjelder for lekkasjetall på 0,6 luftomsetninger/ time, ved 50 Pa.

Bygningskropp	Normalisert kuldebroverdi, ψ	0,03	W/(m ² K)
	Lekkasjetall (lekkasjetest), n_{50}	0,6	Luftomsetninger / time, ved 50 Pa
	Bygningens varmekapasitet	32	Wh/(m ² K)

Figur 43 Bygningskropp lekkasjetall

En viktig tanke bak prosjekteringen av bygningskroppen var at all den ekstra isolasjonen ikke skulle minke bruksarealet. Vi oppnådde dette ved å utvide hele huset.

Plassering på tomt

Ved plassering på tomt ble det tatt med i betraktning god utnyttelse av tomtearealet. Vi ville plassere vindturbinen så langt unna turbulenssonen som mulig. For å gjøre dette plasserte vi huset så tett til den ene siden som mulig.

Ved å plassere vindturbinen så langt unna hoved konstruksjonen som mulig unngår vi også risikoen for skygger på solcellepaneler og reduserer støynivået så mye som mulig. Gitt vi ikke har en spesifikk tomt antar vi at orienteringen av solcellefasaden er mot sør. Det er også

vanskelig å spekulere på plassering av nabohusene og formen på terrenget, men generelt sett vil effektiv plassering innebære at vi unngår turbulensområder og skygger som kan forekomme fra blant annet høge trær.



Figur 44 Plassering på tomt

5.2.1 Romplanløsning, varmeflyt

1 etasje

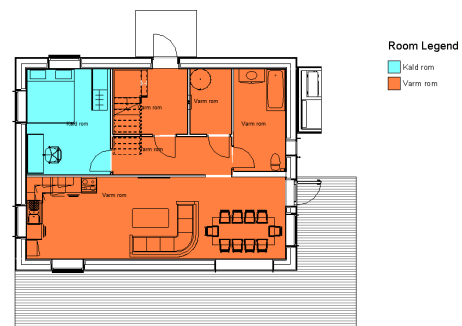
Med å plassere stue og kjøkken mot sør siden klarer vi å utnytte sola til oppvarming og belysning i varme rom for varig opphold.

Vi prøvde å isolere soverommet på nordsiden for å oppnå litt kjøligere temperatur.

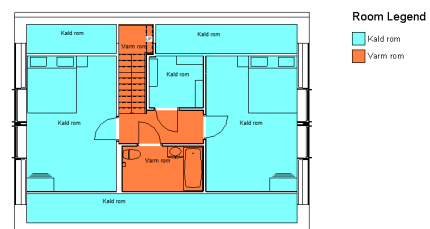
Soverommet vil få varmetilskudd fra de varme sonene og har mulighet for lufting. Med en slik planløsning vil vi unngå unødig varmetap og redusere behov for nedkjøling.

2 etasje

Selv om varmen vil stige opp gjennom trappegangen har vi tilstrekkelig med mulighet for lufting. Et ideelt planløsning med tanken på buffersoner. Overskuddsvarmen fra bad og trappegang vil bidra til oppvarming av kalde soner og med tett plassering av varme rom vil vi unngå unødig energibruk til oppvarming og nedkjøling. Begge soverom har mulighet for lufting.



Figur 45 Varmeflyt etasje 1



Figur 46 Varmeflyt etasje 2

Ifølge TEK-sjekk energi er innetemperaturen tilfredsstillende og vi får overoppvarming bare 2 timer i året.

SAMMENDRAG	
Energ:	► Boligen oppfyller kriteriene i NS 3700: Passivhuskriterier (bolig).
Inneklima:	Innetemperaturen er tilfredsstillende. Den overskrider komfortgrensen (Inneklimakategori II i EN 15251:2007 SA.2) bare 2 timer i året, med vinduslufting.
Dagslys:	Estimert arealmidlet dagslysfaktor i randsone Nord=3,3%; Øst=3,3%; Sør=3,3%; Vest=3,3%; Kjerne=0%; dvs. cirka 59% av BRA har en dagslysfaktor på minst 2%. - Kjernen utgjør 41% av BRA. Vurder taklys e.l. som gir dagslys i kjernen. - Total glassareal (ekskl. karm) utgjør 11,9% av BRA.

Figur 47 Sammendrag TEK-sjekk

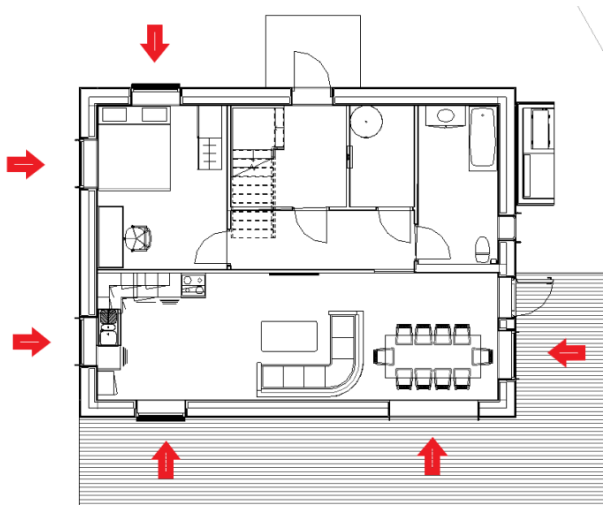
5.2.2 Dagslys og plassering av vindu

Vi har fulgt prinsippet for vindusplassering som på figur Figur 11 for å få best mulig belysning av romarealer og samtidig passet på å ha tilstrekkelig dagslysfaktor.

Dagslys:	Estimert arealmidlet dagslysfaktor i randsone Nord=3,3%; Øst=3,3%; Sør=3,3%; Vest=3,3%; Kjerne=0%; dvs. cirka 59% av BRA har en dagslysfaktor på minst 2%. - Kjernen utgjør 41% av BRA. Vurder taklys e.l. som gir dagslys i kjernen. - Total glassareal (ekskl. karm) utgjør 11,9% av BRA.
----------	---

Figur 48 Dagslys TEK-sjekk

Utdrag fra Tek-sjekk, sammendrag om dagslys.



Figur 49 Vindu plassering

Vinduene ble fordelt i flere vegger for å belyse samme areal, slik løsning gir jevnere og bredere dagslys i rommet.

Enkelte vinduer har blitt sammenlagt til et større vindu for å minimalisere den totale vindusomkretsen. Det største vinduet på sørsiden har ikke mulighet for lufting.

Vi fjernet takvinduer fordi vi har tilstrekkelig dagslysfaktor på soverom i andre etasjen uten dem. Beslutningen ble gjort med hensyn på klimaskjerm og solcelleanlegg. Vinduer har

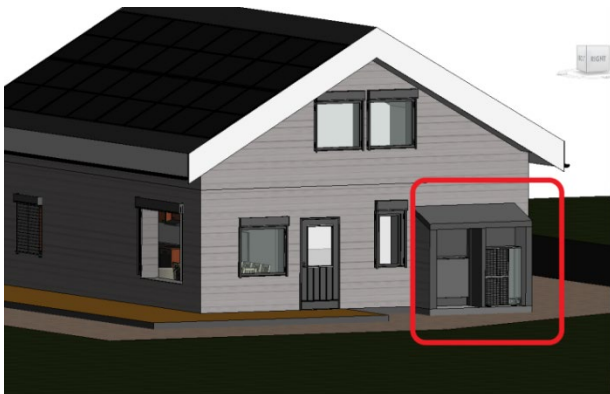
høyere U-verdi enn takkonstruksjonen og oppslutningen mellom tak-vindu kan føre til kuldebroer og risiko for luftlekkasjer.

Det ble valgt 3-lags isolertruter vindu. Den ekstra innebygde isolasjonen mellom glassjikt i form av argon gass gir oss en tilstrekkelig u-verdi på $0.65 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$.

5.2.3 Brannsikkerhet og lydreduksjon

Varmepumpen og inverter er plassert i en utvendig konstruksjon og ikke på selve ytterveggen. Selve varmpumpen er støpt i betongplaten og har drenerør som tar imot kondensen, men dette er ikke vist på tegningen. Med denne løsningen ville vi isolere ute all vibrasjon og støy og i tillegg beskytte varmpumpen og inverter fra mekaniske påkjenninger som vind og regn. Med to energikilder som produserer store mengder med energi er brannsikkerhet en viktig prioritet. Derfor bør denne utdelen hindre brannen i en periode. Dette gjøres ved å bruke brannhindrende materialer som gips og mineralull.

Det kan plasseres et batteri istedenfor inverter på utdelen dersom kunden ønsker dette.



Figur 50 Plassering av varmpumpen og inverter

5.3 Klimaskjerm

Isolasjonstykkelse vurdering

Det ble gjort vurderinger av ulike isolasjonstykkelser. Tanken bak denne vurderingen var å få oversikt over hvor mye forskjell hver økning av isolasjonstykkelsen utgjør. Det er nødvendig at plusshuset vårt har så lavt energibehov som mulig, men vi må også tenke på kostnad/nytte forholdet.

Vi beregnet energibehov for ulike isolasjonstykkelser ved å bruke TEK-sjekk Energi programmet og u-verdien ble beregnet av ROCKWOOL sin u-calc.

Dette er felles u-verdier som ble brukt under beregningen:

- Vindu 0,64 W/(m² K).
- Ytterdør 0,65 W/(m² K)
- Glassdør (50% glass) 0,7 W/(m² K).

Andel til oppvarming i et passivhus ≤ 22 kWh/(m²år).

		Isolasjon tykkelse mm				
		250	300	350	400	450
U-verdi (W/(m ² K))	Yttervegg	0,176	0,149	0,129	0,11	0,10
	Golv på grunn	0,157	0,132	0,114	0,09	0,08
	U-verdi Tak	0,180	0,143	0,118	0,10	0,09
Total netto energibehov kWh/år		12543	11758	11211	10713	10462
Andel til oppvarming kWh/(m ² år) (Romoppvarming + ventilasjonsvarme)		37	31	26	22	20
Netto energibehov reduksjon (%) ved økning av isolasjonstykkelsen med 50mm		-----	6,31%	4,65%	4,44%	2,34%

Tabell 3 Beregnet energibehov

Resultatet tyder på at for å oppnå passivhuskravet i vårt tilfelle, må vi minst ha 400mm med isolasjon. Videre økning av tykkelsen på isolasjonen vil ha lavere effekt og vil kun redusere energibehovet med ytterligere 2,34%. Eventuell besparelse på ytterlig etterisolering vil være kun 238 kWh/år. Det vil altså ikke utgjøre en stor forskjell.

Dersom vi ikke skal oppfylle passivhus kravet kunne vi velge å gå for 350mm. Men her er det viktig å huske på at å senke energibehovet er vår første prioritet og dersom det lar seg gjøre på en forsvarlig måte, så gjør vi det.

5.3.1 Valgt løsning

Vi brukte ROCKWOOL sin energiprogram for beregning av u-verdien.

I tillegg har vi beregnet u-verdien på veggkonstruksjonen for hånd, våre resultater stemte overens med ROCKWOOL energiprogram for u-verdi.

Tabell 4 Resultater fra ROCKWOOL energiprogram

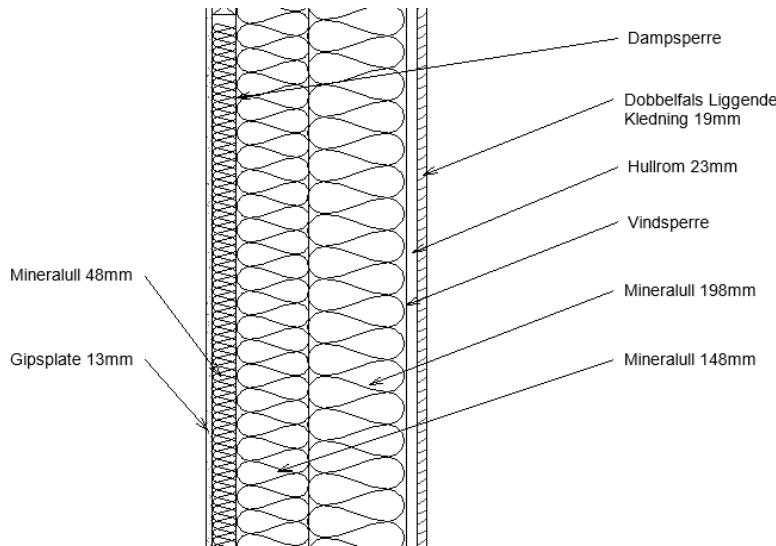
Bygningsdel	Bygningsdels Isolasjon tykkelse	Beregnet u- verdi (ROCKWOOL) W/m ² K	Typisk u-verdi for passivhus W/m ² K	U-verdi Krav for passivhus W/m ² K
Yttervegg	Mineralull 400	0,11	0,10 - 0,12	≤ 0,15
Skråtak	Mineralull 450	0,10	0,08 - 0,09	≤ 0,13
Gulv på grunn	EPS 350	0,09	0,08	≤ 0,15

5.3.2 Yttervegg

I ytterveggen valgte vi å bruke to deler bindingsverk av limtre (48 x 198 og 48 x 148) og i bindingsverket er det 350 mm mineralull. Dampsperran er skjult med 48 mm innvendig påføring med 50 mm mineralull.

Grunnet til at vi valgte å ha inntrukket dampsperran er slik at de elektriske installasjonene og kabelføringene kan monteres på innsiden av dampsperran. Slik utføring vil minke faren for å lage hull i dampsperran og minimerer antall gjennomføringer gjennom dampsperran, noe som vil føre til bedre lufttetthet. Den økte isolasjonstykkelsen betyr at vi ville få mindre bruksareal. Dette ble unngått gjennom å utvide hele bygningen.

Den samlede isolasjonstykkelsen på 400mm vil oppnå passivhuskravet.

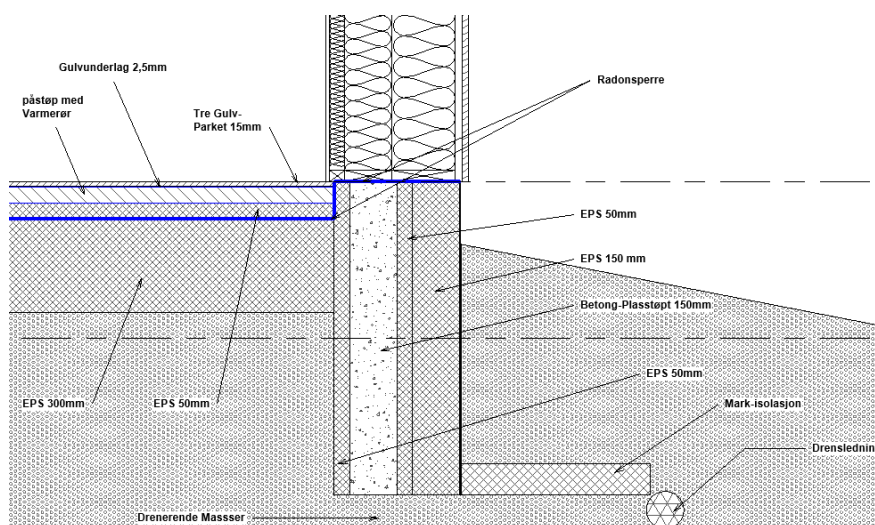


Figur 51 Detaljtegning yttervegg

5.3.3 Golv på grunnen

For golv på grunnen valgte vi den preaksepterte ytelsen for passivhus i tre (byggforsk 472.435).

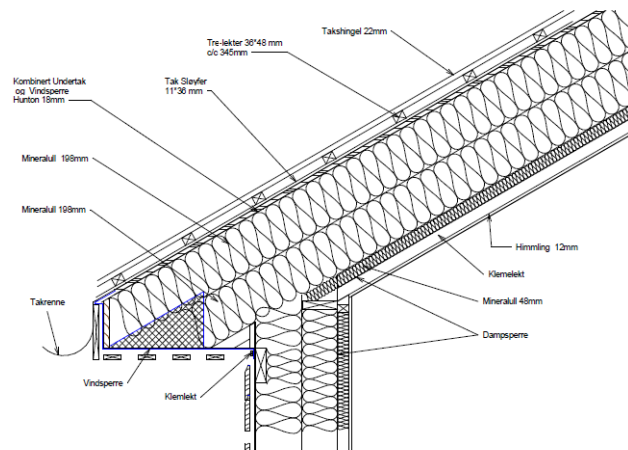
Den består av 50 mm påstøp over 350mm med EPS-isolasjonen, 150 mm isolert ringmur med 200mm utenpåliggende EPS og 50mm på innsiden og markisolasjon. Radonsperren er klemt mellom et lag på 50 med mer EPS over og et lag med 350mm EPS under, utførelsen av radonsperren avsluttes klemt mellom ringmuren og ytterveggen. Denne utførelsen oppnår passivhuskravet.



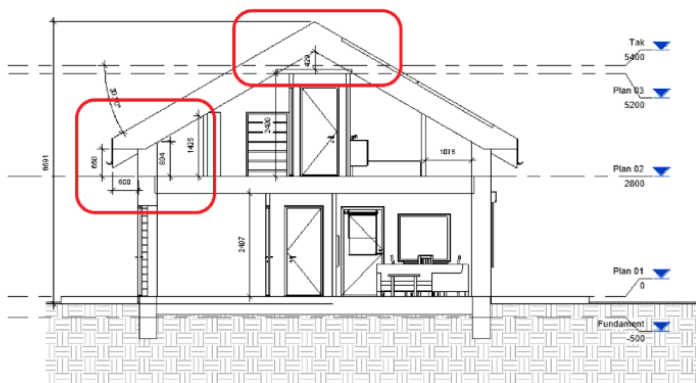
Figur 52 Detaljtegning golv på grunn

5.3.4 Tak

Bak utførelsen av tak konstruksjonen ble det gjort mange tanker på plassering av dampspærren og utføring av isolasjonen. Vi endte opp med å utføre hele takkonstruksjonen med isolasjon og dermed unngå kalde tomrom som kunne føre til kuldebroer i yttervegg-tak tilslutningen. Dampspærren er plassert mellom 400mm med mineralull og en påføring med 50mm mineralull.



Figur 53 Detaljtegning tak



Figur 54 Snitt tegning, sett fra Vest

For å oppnå den effektive vinkelen for solceller på taket (30°) hadde vi flere muligheter.

Vi kunne:

- 1) Senke takhøyden og beholde høyden på yttervegg-tak oppslutningen.
- 2) Heve yttervegg-tak oppslutningen og senke takhøyden.

Vi valgte løsning nummer to, å heve ytterveggene og senke takkonstruksjonen for å oppnå kravet til romhøyde på 2,4m.

5.4 Oppvarming:

Bygget vårt vil ha særdeles mye lavere energibehov enn vanlig bygg. Vårt bygg har bare et oppvarmingsbehov på 2700 kWh i året å dekke. Ved valg av oppvarmingsløsning er det viktig at den er energieffektiv, og at så lite elektrisitet som mulig vil bli brukt for å oppnå termisk komfort. Det er gitt i teknisk forskrift at «Bygning inntil 500 m² oppvarmet BRA skal prosjekteres og utføres slik at minimum 40 % av netto varmebehov kan dekkes med annen energiforsyning enn direktevirkende elektrisitet eller fossile brensler hos sluttbruker.»

Dette er noe vi må vil få oppfylt ved forskjellige varmepumpeløsninger eller solfangerløsninger.

Det er viktig ved valg av oppvarmingssystem at termisk komfort oppnås med minst mulig bruk av elektrisitet, og at fornybare oppvarmingskilder blir nyttet mest mulig.

Det er viktig, og spesielt i løsninger med vannbåren varme at akkumulatortanken er godt isolert, så produsert varme kan oppbevares til dagen etterpå.

Ved valg av oppvarmingssystem så vurderes det flere forskjellige fornybare oppvarmingskilder, som vi kan kombinere, for romoppvarming kan varmepumper som luft-luft og avtrekksvarmepumper. Avtrekksvarmepumpen vil da fungere likt et balansert ventilasjonssystem, så denne løsningen ser vi bort ifra. Til romoppvarming brukes også peiser, men vi ser litt bort fra tradisjonelle peiser ettersom de har mye klimagassutslipp, men ser mer på bioovner, som kan kombineres med vannbåren varme. Vannbåren varme er et bra system for romoppvarming, og kan kombineres med løsninger som solfanger, luft-vann og væske-vann-varmepumper og bioovner.

Det er også lurt å dimensjonere oppvarmingsanlegget slik at det ikke produseres mer varme enn det bygget forbruker eller akkumulatortanken kan lagre.

Ved valg av oppvarmingssystem til vår bolig ble flere løsninger vurdert:

5.4.1 Løsning 1: luft-til-luft-varmepumpe/ biopellets

Vi vurderte først å utføre boligen med en luft til luft varmepumpe. I passivhus er det krav om å ha balansert ventilasjonsanlegg med varmegjenvinner, som vil allerede utføre noe av samme funksjonen. En luft til luft varmepumpe vil yte 2 til 3 ganger så mye varme som strøm brukt. Luft til luft varmepumpen er den vanligste typen varmepumpe i Norge, og man får også ingen Enova støtte ved valg av dette produktet. Den har samme problemet som de andre varmepumpene som henter energi fra uteluften, at den yter mindre ved kaldere årstider, noe som kan gjøre det til en alternativ oppvarmingskilde i kaldere sesong.

I tillegg til varmpumpen vurderes det å installere peis til vedfyring ved kaldere årstider. Ved bygging av pluss hus er det et fokus på at energi produseres i umiddelbar nærhet til boligen, noe som ikke kan sies om bioenergi ettersom biomasser blir hentet fra skogen.

Ved valg av varmpumpe så er det viktig å se på en for nordiske forhold, som er spesifikt dimensjonert for oppvarming. Et produkt med navn vinterkongen er godt egnet for dette formålet. Denne varmpumpen kan alene ta seg av oppvarmingsbehovet.

5.4.2 Løsning 2: Luft-vann-varmpumpe med vannbåren varme

I løsning 2 valgte vi å se på en luft-vann-varmpumpe som en fornybar oppvarmingskilde. Pumpen vil bruke innhentet energi fra uteluften og bruke det til å varme opp vann til et vannbåren varmesystemet og/eller tappevannet. Sentralvarmedistribusjonssystem (vannbåren gulvvarme) krever en fornybar oppvarmingskilde for å få støtte fra Enova, noe som varmpumpen vil dekke. Vi har snakket med bedriftspersoner og fått bekreftet at luft-vann-varmpumpen vil få dekket oppvarmingsbehovet. Det ble også rådgitt installasjon av biokjel for å dekke varmebehovet ved strømsvikt, men siden vi vil forsyne eget bygg med egen elektrisitet ser vi ikke på dette som noe problem. Vi vil også få notert at kjøp av biogasskjel vil ikke være noe problem visst nødvendig, f.eks visst varmpumpen skulle havarere. Varmpumpen vil ha lavere effekt ved kaldere årstider, men en varmpumpe bygget for nordiske forhold vil dekke behovet på Vestlandet.

5.4.3 Løsning 3: Solfanger med biokjel

Vannbåren varme er en god løsning for å oppnå god termisk komfort i passivhus. En måte å forsyne det vannbårne varmesystemet på er med solfangere, som vil som sagt tidligere konkurrere med solceller om takarealet. Solfangere vil ha langt høyere virkningsgrad enn solcellen, ofte omgjøre rundt 90% av energien i solinnstrålingen til varme, mens solceller har typisk virkningsgrad under 20%. Solfangeren vil her forsyne varme til det vannbårne varmesystemet i store deler av året, men det vil ved kaldere årstider bli lavere solinnstråling samt høyere oppvarmingsbehov. Det vil ved disse tidene være nødvendig med en sekundær oppvarmingskilde som en bioovn som det kan fyres til etter behov. Ovnen er tilkoblet en varmekappa som kan brukes til romoppvarming og/eller tappevann.

Et solfangeranlegg vil typisk ha 300-500kWh/m² ytelse. Vårt energibehov for romoppvarming og varmtvann samlet ligger på 6427kWh/år, noe som vi trenger 13m² med solcelleanlegg for å

dekke. Dette hadde vært en god løsning, bortsett fra at solfangeren reduserer takflaten som kan brukes til solceller, som vil kunne gi fortjeneste om sommeren i solgte kWh/år. Et annet problem er at tiden med høyeste oppvarmingsbehov vil solfangeren ha mye lavere ytelse. Solfangeren operer på solinnstråling, og som vist i figuren under solforhold er solinnstrålingen rundt 1/9 når oppvarmingsbehovet er størst i Desember og Januar. På figuren vises hvordan et slikt system ville fungert.

5.4.4 Løsning 4:

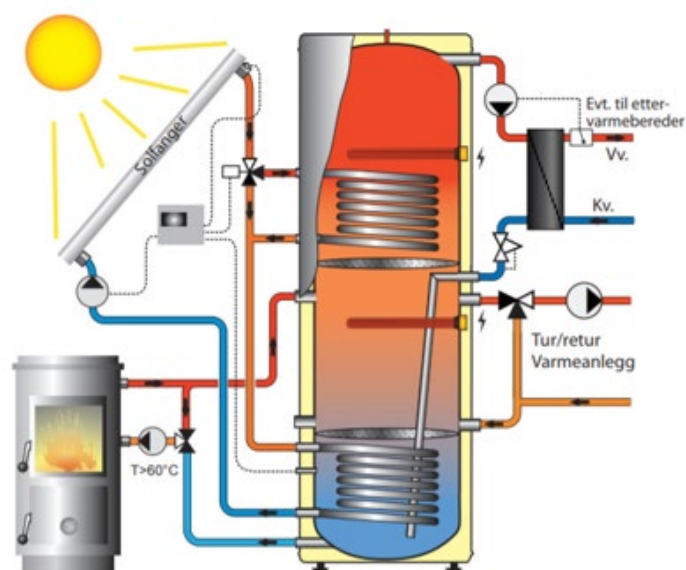
En væske-vann-varmepumpe vil være en pålitelig løsning, ettersom den henter varme fra energikilder i bakken.

Energikildene i bakken vil for det meste ha jevn temperatur gjennom året, som gjør at væske-vann-varmepumpen vil yte det samme selv i kaldere sesonger.

Ved valg av væske-vann kombinert med vannbåren varme kan man stole på at termisk komfort er oppnådd. Det som

derimot kan være en stopper for å prosjektere sån er at prisen for boring og installasjon vil være veldig høy, og det vil yte langt bedre enn nødvendig i et passivhus. Varme er ikke en energikilde som kan selges, og ved overskuddsvarme annet en oppbevart i akkumulatortank og brukt til oppvarming vil gå tapt. Dette er en god løsning, men er for høy investeringskostnad for boliger med lavt energibehov.

Priser fra varmepumpeinfo.



Figur 55 Kombinasjonsløsning med solfanger og bioenergi

Tabell 5 Pris på varmepumpe og installasjon til privatbolig

Luft-til-luft-varmepumpe (1 innedel):	15 000 - 30 000 kr
Luft-til-vann-varmepumpe:	120 000 kr eller mer
Bergvarmepumpe og energibrønn	220 000 kr eller mer
Jordvarmepumpe	170 000 - 250 000 kr
Tappevannsvarmepumpe	20 000 - 40 000 kr
Sol og varmepumpe	Avhengig av kombinasjonsløsning
Ventilasjonsvarmepumpe	25 000 - 50 000 kr
Solfangeranlegg for varmt tappevann	30 000 kr eller mer
Solfangeranlegg for varmt tappevann og romvarme	50 000 kr eller mer

5.4.5 Valgt løsning:

Selv om det er mange løsninger som kan funke, så er vår valgte løsning å bruke vannbåren varme til romoppvarming og ha luft-vann-varmepumpe som en fornybar oppvarmingskilde. Vi har snakket med noen fagpersoner og blitt anbefalt en varmepumpe som skal dekke vårt oppvarmingsbehov hele året. Vestlandet har høye temperaturer som sjeldent går nedenfor 0, med en årsmiddeltemperatur på 6,7 grader, og gjennomsnittstemperaturer for det siste året visst i tabellen nedenfor tatt fra YR. Vi har også fått informert at vannbåren varme er den beste løsningen for å øke livskvaliteten for brukeren, som er grunnen til at det ble særdeles vektlagt som løsning. Gulvarmen er best på kvalitet, og temperaturen kan reguleres enkelt med romtermostater eller et sentralt varmestyringssystem. En akkumulatortank vil følge med det vannbårne varmeanlegget som et varemagasin.

Hvis vi tar utgangspunkt i at vannbåren varme er ønsket løsning, så må man deretter se på den beste fornybare oppvarmingskilden for å støtte den. Her så vi på flere løsninger, men med det milde vestlandsklimaet var luft-vann-varmepumpen den beste løsningen. Denne ble også støttet av vår samtale med Rune Ågedal.

Måneder	Temperatur			
	Gjennomsnitt	Normal	Varmest	Kaldest
apr 2019	7,9°	4,6°	21,2° 26. apr	-3,1° 12. apr
mar 2019	3,5°	2,8°	12,1° 22. mar	-7,0° 10. mar
feb 2019	4,8°	1,9°	15,2° 23. feb	-7,8° 5. feb
jan 2019	2,4°	1,9°	8,8° 10. jan	-5,8° 16. jan
des 2018	4,3°	2,8°	10,2° 31. des	-2,9° 14. des
nov 2018	7,7°	4,6°	16,0° 15. nov	-2,3° 27. nov
okt 2018	8,1°	8,4°	21,2° 14. okt	-1,6° 28. okt
sep 2018	11,6°	10,6°	23,5° 8. sep	4,6° 24. sep
aug 2018	13,6°	13,0°	21,5° 1. aug	4,5° 31. aug
jul 2018	15,3°	12,5°	30,0° 28. jul	7,0° 8. jul
jun 2018	11,2°	11,0°	21,4° 1. jun	3,5° 13. jun
mai 2018	11,4°	8,4°	23,0° 8. mai	2,2° 17. mai
apr 2018	5,7°	4,6°	17,7° 19. apr	-3,4° 3. apr

Figur 56 Vestlandsklimaet

Merkostnad oppvarming:

Vi skal her ta for oss investeringskostnaden for valgt oppvarmingsløsning kontra oppvarmingsløsningen i Balanse 803. Balanse 803 har peis og resten dekket av elektrisitet. Vi tar ikke for oss elektrisitetsbesparelser hvert år for oppvarming.

Vi har valgt en løsning som inkluderer vannbåren varme. Vannbåren varme vil koste 500kr/m² i betong og 600kr/m² i etasjeskilleren av tre. Under kan man se eksempler på hvordan dette vil bli utført fra xxx. Dette blir en investeringskostnad på om lag 60 000kr for å legge det det er behov for det i første og andre etasje. Vi vil få støtte fra Enova på 10 000kr for å installere vannbåren varme med en fornybar varmekilde. Med vannbåren varme vil vi også få installert en akkumulatortank som et varmelager, investeringskostnad på rundt 10 000kr og vi får 5 000kr i støtte med Enova for installasjonen.

Vi har valgt å bruke luft-til-vann-varmepumpe som oppvarmingskilde til både vannbåren varme og varmtvann. Et anlegg som vil dekke hele behovet vil koste rundt 130 000kr, og vi vil få investeringsstøtte fra Enova på 5000kr. Vi vil få besparelser siden vi ikke har noen peis eller ovn, typisk kostnad på dette er 40 000kr. Dette er i alt en merkostnad for oppvarming på 140 000kr.

5.5 Samtaler med fagpersoner:

Rune Ågedal:

Vi har vært i kontakt med Rune Ågedal, som er Senior IT Project Consultant Nordic- Cuveco AS. Han har vært til stor hjelp ved valg av oppvarmingsløsning. Vi har gjennom dialoger med han fått anbefalinger til tiltak og veiledning. Han anbefalte oss veldig sterkt til å velge en løsning med vannbåren varme siden det gir så god brukerkomfort og energiforbruk. Han sa det at ved valg av kraftige luft-vann-varmepumper vil de dekke både romoppvarmingsbehovet og varmtvannsbehovet året rundt ved Vestlandsklima. Han anbefalte oss en sånn varmepumpe som er dimensjonert for nordisk klima som kan sees i vedlegg. Han råd gidde oss også til å velge biokjel i kombinasjon dersom det skulle bli strømbrudd eller varmepumpen skulle havarere, men dette er noe vi ikke har utdypet oss i siden det vil mest sannsynlig ikke være noe problem.

Ronny Løset:

Ronny Løset er daglig leder for Rindal Rørservice AS, og har også vært til hjelp ved valg av oppvarmingsløsninger. Han har kommet med mye samme rådgivningen som Rune Ågedal, han anbefalte vannbåren varme, og sa det var mulig ved Vestlandets høye temperaturer å få dekket hele oppvarmingsbehovet med en luft-vann-varmepumpe i kombinasjon. Han gidde oss noe tips på legging av vannbåren varme og priser i sammenheng med dette.

5.6 El-produksjon:

Når produksjon av elektrisitet skal vurderes må vi se på løsninger som gjør at bygget vårt kan forsyne seg selv med energi. Som drøftet tidligere har det globalt sett holdt med solceller for å oppnå dette formålet, men grunnet den lave solinnstrålingen i Norge må det drøftes en kombinasjonsløsning. På somrene vil det ikke være noe problem å få overskudd av energi, men som henvist til tidligere er det kun rundt 1/9 av den samme solinnstrålingen på vintrene på vår breddegrad. På denne årstiden trenger vi da en alternativ energikilde, og da ser vi på vinden. Vinden vil holde seg stabil gjennom året, visst ikke litt sterkere om vinteren. Av fornybare energiløsninger er det tre som kan benyttes, sol, vind og vann. Vi ser i vår oppgave bort ifra vannkraft, ettersom det ikke er aktuelt for småskala energiproduksjon, og er best nyttet som kraftverk.

Da må vi ta et regnskap på hvordan vi skal dekket energibehovet til bygget. Vi vil få dekket elektrisitetsbehovet, og fradrar energi brukt til oppvarming av vann og rom. Da blir det 4289 kWh/år gjenværende som må dekkes

Vi planlegger ikke å bruke elektrisitet for bruk av oppvarming, vi har håp om at varmpumpen vil dekke både romoppvarming og varmtvann. Vi regner da på et energibehov på 4290 kWh. Vi har fått betrygget oss fra flere kilder

at luft-vann-varmpumpe vil dekke både romoppvarmingen og varmtvannet, men visst vi regner med at den ikke dekker varmtvannet så trengs det 7952kWh/år for å dekke elektrisitetsbehovet. Vi gjør beregninger spesifikt i året for å se om vi oppfyller plusskravet. Beregningen blir bare teoretisk, så det kan i praksis være avvik.

Varmepumpen kan i praksis dekke mindre enn romoppvarming og varmtvann, så det vil være lurt å ha noen kWh å gå på.

5.7 Plusskundeavtale

Etter samtaler med Midt Energi angående «Plusskundeavtalen» ble vi opplyst om ulike nyanser som ikke er oppgitt på nettsiden.

- Vi må betale fast årspris for nettleie.
- Det er ingen ekstra kostnader knyttet til levering av strøm til nettet.
- AMS-målere inneholder funksjon for avlesing av produksjon og forbruk av strøm.
- Dersom vi kjøper strøm i de timene vi går i underskudd, da må vi betale nettleie for de timene.

Vi ble også henvist til nettsiden <https://www.nordpoolgroup.com/Market-data1/Dayahead/Area-Prices/NO/Daily1/?view=table> for å finne ut spotprisen. Den var 0,423kr per KWh i 2018.

5.7.1 Alternativ 1:

Midt Energi:

- Prisen er 1,10kr per KWh første året eller inntil 8000KWh.
- Etter første året gjelder spotprisen
- Dette betyr at etter det første året vil vi kun tjene 38% per KWh, avhengig av spotprisen, for resten av plusskundeavtalen.

5.7.2 Alternativ 2:

Tibber:

- Du får 1kr per KWh strøm du selger.
- Maksimum 1000KWh per år
- Dersom man overstiger 1000KWh per år gjelder spotprisen for videre salg.

Dette betyr at dersom produksjonsoverskuddet overstiger 1000 KWh/år vil KWh salgsprisen være 0.4kr, avhengig av spotprisen, det er altså 40% av inntjeningspotensialet.

Sammenligning av avtalene:

Tabell 6 Plusskundeavtale Midt Energi

Midt Energi						
Kroner tjent etter antall år						
Overskudd	1 år	2 år	3 år	4 år	5 år	6 år
1000 KWh	1100 kr	1500 kr	1900 kr	2300 kr	2700 kr	3100 kr
2000 KWh	2200 kr	3000 kr	3800 kr	4600 kr	5400 kr	6200 kr
3000 KWh	3300 kr	4500 kr	5700 kr	5900 kr	7100 kr	8300 kr
4000 KWh	4400 kr	6000 kr	7600 kr	9200 kr	10800 kr	12400 kr
5000 KWh	5500 kr	7500 kr	9500 kr	11500 kr	13500 kr	15500 kr

Tabell 7 Plusskundeavtale Tibber

Tibber						
Kroner tjent etter antall år						
Overskudd produsert	1 år	2 år	3 år	4 år	5 år	6 år
1000 KWh	1000 kr	2000 kr	3000 kr	4000 kr	5000 kr	6000 kr
2000 KWh	1400 kr	2800 kr	4200 kr	5600 kr	7000 kr	8400 kr
3000 KWh	1800 kr	3600 kr	5400 kr	7200 kr	9000 kr	10800 kr
4000 KWh	2200 kr	4400 kr	6600 kr	8800 kr	11000 kr	13200 kr
5000 KWh	2600 kr	5200 kr	7800 kr	10400 kr	13000 kr	15600 kr

Den grønne fargen representerer mer kroner tjent sammenlignet med den andre avtalen.

Den røde fargen representerer mindre kroner tjent sammenlignet med andre avtalen.

5.7.3 Valgt løsning

Som vi ser vil Tibber sin avtale lønne seg uansett produksjonsoverskuddet. Jo mer vi produserer, jo lenger vil det ta før Tibber sin avtale lønner seg.

NETTO ENERGIBEHOV (normalklima)		
Energipost	Energibehov kWh/år	Spesifikt behov kWh/(m ² år)
Romoppvarming	2706	22,0
Ventilasjonsvarme	58	0,5
Varmtvann	3663	29,8
Vifter	539	4,4
Pumper	195	1,6
Belysning	1401	11,4
Teknisk utstyr	2155	17,5
Romkjøling	-	-
Ventilasjonskjøling	-	-
Sum denne bygning:	10716	87
Andel til oppvarming:	2764	22
Passivhus-krav ≤	-	22

Figur 57 Energibehov

Vårt plusshus har et energibehov på 4290 KWh/år (uten oppvarming av varmtvann, romoppvarming og ventilasjonsvarme). Ved å dekke dette behovet vil vi spare 1 kr/KWh på å kjøpe strømmen. Ved å selge overskuddet vil vi få 1kr/KWh opptil 1000KWh/året, dette betyr at verdien for den produserte elektrisiteten vil være 1 kr opptil 5290KWh deretter synker verdien til 0,4kr/KWh.

Ettersom inntjeningspotensialet synker drastisk ved salg over 1000 KWh/år med Tibber sin plusskundeavtale, vil vi holde oss under denne grensen. Vi er avhengig av størst mulig salgpris for raskere nedbetalingstid på våre investeringskostnader. Alle investeringer som fører til et overskudd som overstiger 1000KWh/år mister drastisk verdien per KWh og vil dermed være mindre lønnsomme og får lenger nedbetalingstid.

5.8 Beregning solcellepanel

Vi bruker tall ifra fornybar.no til å utføre beregning av effekt fra solcellepanelene. Vi bruker tallet 900kWh/år for 1kWp siden vi bruker de premium solcellepanelene. Wp (Watt peak) er installert effekt for en solcellemodul Watt ganget med antallet moduler.

Vi har tidligere forklart hvordan man optimaliserer sin takflate for bruk av solceller, og vårt takareal vendt mot sør er 57m^2 med helning på 30° . Det betyr at vi har 57m^2 å disponere til solceller. Solcellene vil kombineres med vindmøller for å forsyne bygget med strøm gjennom året. Fra punkt 2.1.4 på fornybar.no så gir de et overlag over hvordan man kan finne solcelleproduksjonen.

«2.1.4 Hvor mye energi produserer en solcelle

Størrelsen på et solcelleanlegg angis ikke i kvadratmeter, men i installert ytelse. Denne måles ved standard testbetingelser og angis som W_p (Watt peak). Den faktiske energiproduksjonen varierer med mengden solinnstråling; et 1 kW_p solcelleanlegg produserer for eksempel i gjennomsnitt:

Sør-Norge: ca. 900-1000 kWh/år

Midt- Norge: 800-900 kWh/år

Nord-Norge: 700-800 kWh/år

Sør-Tyskland: ca. 900-1130 kWh/år

Sør-Spania: ca. 1700- 1800 kWh/år

Sahara: 2200 - 2300 kWh/år

For solcelleanlegg med ytelse 1 kW_p behøves et areal i størrelsesorden $5\text{--}10\text{ m}^2$ på skråtak. For et anlegg i Sør-Tyskland betyr dette at et 1 kW_p anlegg genererer mellom $90\text{--}140\text{ kWh/m}^2$ årlig (ved montasje på skråtak).»

5.9 Solcelleprodukter:

Når vi så på hvordan vi skulle beregne produksjonen for å se om energibehovet er dekt måtte vi se på forskjellige produkter fra forskjellige leverandører. Da fikk vi en smak på et umodent marked, ettersom de fleste solcelleleverandørene var dårlig på teknisk informasjon og mange hadde ikke priser på panelene. De hadde bare en kalkulator som beregner solpotensialet til takflaten din, noe som ikke var særlig egnet for oss siden vi ville velge en løsning til et teoretisk bygg.

Vi så på BIPV produkter, ettersom det vil være det mest lønnsomme og fremtidsrettede når det kommer til nybygg. BIPV vil være finere å se på og ha bygningsfunksjonalitet og erstatte tradisjonelle materialer som taktekning. Utseende til BAPV var en grunn til at flere ikke investerte i solceller, noe som ikke vil gjelde i like stor grad for bygningsintegreerte. Da så vi på fasadeelement og solcelletakstein. Det var mange leverandører på fasadeelement, men vi landet på å se spesifikt på Eidsiva som leverandør ettersom de var grei på kundeservice og teknisk informasjon om produktene sine. Når vi valgte solcellemoduler hadde vi tre valg, men som vist under vil det mest kostnadseffektive være 310W panelene. Produkt brukt til løsninger er JAM60S01 310/PR.

Regner pris per Watt for solcellemodulene:

Pris per Watt=1panel/Watt=Pris 8 panel/8

275W: $70\,612\text{kr}/8=8826,5\text{kr}/275\text{W}=32,09\text{kr}/\text{W}$

300W: $76\,993\text{kr}/8=9624,1\text{kr}/300\text{W}=32,08\text{kr}/\text{W}$

310W: $77\,737\text{kr}/8=9717,1\text{kr}/310\text{W}=31,3\text{kr}/\text{W}$

Det har vært økt interesse på solcelletakstein de siste årene, men det var få leverandører som hadde konkurransedyktige produkter. Otovo tilbydde det, og etter å ha vært i kontakt med de har vi fått et tilbud for vårt bygg på 6,8kWp for 300 000-400 000 kr. Beløpet er høyt, men solcelletakstein har lang levetid, og hele taket vil være dekket, plasser hvor solinnstrålingen ikke forventes å være høy (eks mot nord) vil det legges inaktive plater til rundt halve beløpet.

5.10 Vinddata:

Ved beregning av vindturbinytelse trenger man å vite vindhastigheten for å vite. Ettersom at vindturbinytelsen har vindhastigheten i tredje rot tilsier det at vindhastigheten er den viktigste faktoren for produksjonen. Vi har også oppgitt at vindturbinen ikke vil lade ved lave hastigheter, det som omtales en «cut in». Vi har dessverre ikke data på når vinden var under visse hastigheter, men siden gjennomsnittsvinden ved vår regionale målestasjon på Vigra er så høy antar vi den ikke kommer under.

Vi brukte data fra yr.no, ettersom de hadde beste tilgjengelige periodiske data. De hadde dessverre bare gjennomsnittsvindene for de siste 13 månedene, noe som kan være problematisk ettersom det vil forekomme års variasjon. På yr var det totalt 18 målestasjoner å velge i, og de nærmeste Vestlandet var Vigra, Bergen og Trondheim. Vi valgte Vigra, noe som kan skyte dataene, ettersom det er unormalt høye vindhastigheter der. Vindhastigheten målt ved Vigra er i gjennomsnitt rundt dobbelt så høy som de fleste andre målestasjoner.

Under ser man klimadata for Vigra målestasjon. Utregnet gjennomsnittsvind for de siste 13 månedene er 5,3m/s. Gjennomsnittsvinden for vintermånedene oktober-mars var 6,1m/s.

Tabellvisning for temperatur og nedbør per måned

Måneder	Temperatur				Nedbør			Vind	
	Gjennomsnitt	Normal	Varmest	Kaldest	Totalt	Normal	Mest på ett døgn	Gjennomsnitt	Sterkest vind
apr 2019	7,9°	4,6°	21,2° 26. apr	-3,1° 12. apr	18,7 mm	73,0 mm	8,4 mm 21. apr	4,5 m/s	14,1 m/s 7. apr
mar 2019	3,5°	2,8°	12,1° 22. mar	-7,0° 10. mar	140,2 mm	89,0 mm	18,6 mm 30. mar	7,2 m/s	21,8 m/s 23. mar
feb 2019	4,8°	1,9°	15,2° 23. feb	-7,8° 5. feb	89,4 mm	88,0 mm	21,2 mm 16. feb	6,0 m/s	19,1 m/s 13. feb
jan 2019	2,4°	1,9°	8,8° 10. jan	-5,8° 16. jan	191,2 mm	106,0 mm	34,2 mm 5. jan	6,3 m/s	18,3 m/s 1. jan
des 2018	4,3°	2,8°	10,2° 31. des	-2,9° 14. des	127,5 mm	142,0 mm	23,9 mm 25. des	6,2 m/s	18,9 m/s 31. des
nov 2018	7,7°	4,6°	16,0° 15. nov	-2,3° 27. nov	11,7 mm	158,0 mm	1,9 mm 2. nov	4,7 m/s	12,6 m/s 30. nov
okt 2018	8,1°	8,4°	21,2° 14. okt	-1,6° 28. okt	311,2 mm	171,0 mm	43,2 mm 5. okt	5,9 m/s	18,2 m/s 5. okt
sep 2018	11,6°	10,6°	23,5° 8. sep	4,6° 24. sep	366,0 mm	174,0 mm	44,2 mm 26. sep	6,4 m/s	20,6 m/s 20. sep
aug 2018	13,6°	13,0°	21,5° 1. aug	4,5° 31. aug	222,0 mm	107,0 mm	21,8 mm 11. aug	4,2 m/s	16,0 m/s 19. aug
jul 2018	15,3°	12,5°	30,0° 28. jul	7,0° 8. jul	35,2 mm	83,0 mm	12,0 mm 25. jul	3,5 m/s	13,6 m/s 5. jul
jun 2018	11,2°	11,0°	21,4° 1. jun	3,5° 13. jun	72,4 mm	65,0 mm	23,0 mm 20. jun	5,5 m/s	18,1 m/s 19. jun
mai 2018	11,4°	8,4°	23,0° 8. mai	2,2° 17. mai	39,9 mm	54,0 mm	21,4 mm 7. mai	4,3 m/s	13,1 m/s 3. mai
apr 2018	5,7°	4,6°	17,7° 19. apr	-3,4° 3. apr	63,2 mm	73,0 mm	11,0 mm 8. apr	4,2 m/s	13,2 m/s 9. apr

Figur 58 Klimadata for Vigra målestasjon

5.10.1 Vindturbinavvik:

Det ble nevnt at vår regionale målestasjon ligger på Vigra, som har mye høyere gjennomsnittsvind enn de andre målestasjonene. Vindturbiner vil typisk ha «cut inn» hastighet på 2,5m/s eller 3m/s. De fleste andre målestasjonene har gjennomsnittsvind som ligger rundt disse verdiene, som tilsier at vindturbiner ikke egner seg de fleste andre steder, men med vår regionale målestasjon vil de yte veldig bra.

Beregninger på vind produksjon vil ha store avvik. For det første så har vi bare 13 måneder med vinddata tilgjengelig, som er målt ved en øy. Det vil også være avvik ved plasseringen av vindturbinen ved vertikal akse, ettersom turbulensen vil variere stort ved forskjellige høyder. Vi har også ingen informasjon om ved hvilken høyde over bakken målingene er gjort. Det vil også være avvik ved målt produksjon ved disse vindhastighetene, ettersom måten vi får produksjonen er ved å se på produktgrafene til en svensk leverandør.

5.10.2 Vindturbinvurdering:

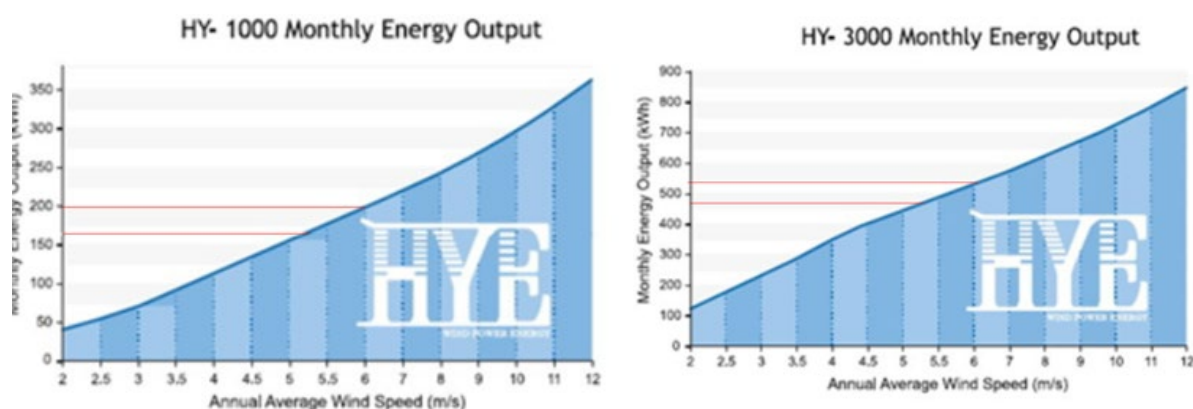
Når vi så på vindturbiner var vi innstilt på å finne både vertikal og horisontalakslede, men det var veldig tynt med produkter av begge typene til en rimelig installert kW. Vi fant ingen vertikalakslede, men fant en norsk leverandør (<https://www.windforce.se/vindkraft-windstar3000.php>), som hadde gode horisontalakslede produkter å velge mellom. Til løsningene våre så vi på produktene Windstar 1000 og Windstar 3000, som skal være de best egnede til småkraftproduksjon. Produktnumrene tilsvarer Watt peak på vindturbinene.

Windstar 1000 vil ha en tilhørende mast som er sammenlignbar med en flaggstang på 6m, mens masten til Windstar 3000 er på 10m og er har noe større diameter. Windstar 3000 vil yte om lag 2,5 ganger mere ved samme vindhastighet som Windstar 1000.

På vintre vil solcelleanlegget yte om lag 1/9 av det vil på sommeren. Det tilsier at hvis man vil at bygget skal være selvforsynt med strøm om vinteren så vil det være langt ifra tilstrekkelig.

For våre klimadata vil vindturbiner være en god løsning til å dekke den resterende lasten. Vindhastigheten vil være stabil, om ikke øke om vinteren, som vil gjøre det til dominerende produsent denne tiden. Figurene under viser produksjonen ved årsgjennomsnittshastigheten og gjennomsnittet de kaldere månedene. De viser at produksjonen til Windstar 1000 vil være om lag 200kWh i måneden, mens Windstar 3000 ligger i overkant av 500kWh. Disse tallene vil bli brukt i beregning for kaldeste måneder lenger ned. *Dette vil sa at om bygget skal gå i pluss i vinteren så trengs Windstar 3000, ettersom behovet er*

4290kWh/år/12=357,5kWh/måneden, og solcelleproduksjonen vil ikke overstige 100kWh.



Figur 59 Månedlig energiproduksjon for Windstar 1000 og Windstar 3000

En vindturbin på 3 kW vil trenge kraftig tilbehør, som f.eks. en mast på 10m som også er tjukk. Det ble gjort vurderinger på andre vindturbiner som ikke vil være så mektige. Her blir Windstar 1000 vurdert. Som vist i figur vil den produsere rundt 2,5 ganger så lite som en windstar 3000, som gjør at energibehovet ved kaldere årstid ikke vil nås. Årsproduksjonen vil ligge på rundt 2000kWh/år, som gjør at det vil være et restaurerende behov på 2290kWh som må dekkes. Vi har sett etter vertikale vindturbiner, men det er svært få på det norske markedet som passer som passer våre formål. Vi har prøvd oss litt online, men det var også

der et vanskelig marked med få produkter som passet vårt behov. De vil også være en god del dyrere for samme installerte effekt som horisontale vindturbiner.

5.11 Produksjon tiltak:

Siden vi vil vurdere løsninger som kombinasjoner av flere tiltak tar vi for oss årsproduksjonen til de forskjellige tiltakene som vi vurderer å kombinere. I tabellen under kommer det frem litt generelt om tiltak som vi tenker å kombinere for å komme frem til løsninger for elektrisitetsproduksjon.

Tabell 8 Data for produksjonstiltak

Tiltak	Effekt	Investering Kroner, (kr)	Produksjon kWh/år	Modul- areal
Solcelletakstein	6,8 kWp	300000 -400000	6120	114 m ² beskrevet under
Solcelleanlegg	9,3 kWp	197043	8370	50 m ²
	6,2 kWp	144133	5580	33 m ²
	4,96 kWp	112107	4464	27 m ²
	3,72 kWp	92863	3348	20 m ²
Vindturbin Windstar 1000	1 kW	36810	2000	-----
Vindturbin Windstar 3000	3kW	85050	4800	

Alle typer solceller over vil ha en ytelsesgaranti på 80% etter 25 år. Forventet levetid vil derimot være mye lengre, kan forventes i overkant av 30 år. Solcelletakstein har noe lengre levetid, og kan forventes utbytting mellom 40-50år. Vindturbinene har en forventet levetid på 15 år, og etter det må bladene og lagrene byttes ut til en verdi av rundt 5000kroner.

Kaldeste måned:

Hvis man har som mål å dekke hele strømforbruket sitt på vinteren, som man vil med f.eks. frittstående system. Energibehovet som må dekkes er vanskelig å spå, men om vi antar at bygningen vår med så tett bygningskropp og så effektivt oppvarmingssystem vil ha det samme som en gjennomsnittsmåned vil det ikke være et enormt avvik. Vi antar også at varmepumpen vil dekke hele oppvarmingsbehovet både for tappevann og romoppvarming, som vi har blitt betrygget med, så er det bare elektrisitetsbehovet vi tar i betraktning her også. Gjennomsnittsbehovet er $4290\text{kWh}/\text{år}/12\text{måneder}=357,5\text{kWh}/\text{måneden}$.

Når vi ser på måter å dekke behovet på ser vi bort ifra solceller ettersom de vil ligge i underkant av 100kWh/måned i produksjon. Da ser vi spesifikt på vindturbiner, og så først på Windstar 1000, men da var det et underskudd på over 60 kWh/måned. Etterpå så vi på Windstar 3000, og fant ut den alene vil være tilstrekkelig med et overskudd ved samme vindhastighet som i fjor. Med mindre flere mindre vindturbiner blir installert er det bare denne som vil være tilstrekkelig.

Man kan konkludere med at Windstar 3000 er nødvendig dersom man vil ha et frittstående system.

5.12 Løsninger:

Løsninger er kombinasjoner av tiltakene tidligere drøftet med simpel lønnsomhetsberegning uten regnet renter og tapsfaktorer for solcelle anlegget som er garantert å ikke synke med mer enn 0,5 prosent året. Vi har heller ikke tatt hensyn til levetider dersom noe skulle stryke med. Når vi beregner lønnsomhet for tiltakene må vi også betrakte støttetiltakene fra Enova. Enovas støttetiltak for EL-produksjon sier at man får 10 000kr i støtte for å installere et anlegg for EL-produksjon. Dette vil bare gjelde en gang selv om man installerer både solcelleanlegg og vindturbin. Man får i tillegg 1 250 kr for hver kW installerte effekt opp til 15kW. Når vi beregner kostnader spart på taktekke ved BIPV løsninger har vi tenkt at det vil koste 100 000kr for 114m². Med løsning for maks produksjon 50m² har vi tenkt å fylle ene takflaten opp, og siden det vil være i overkant av 10% sikring blir dette 40 000kr. Etter det har det blitt estimert som følger: 15 000kr for 20m², 20 000 for 26,7m², 25 000kr for 33m². Med Tibber sin plusskundeavtale regner vi fortjeneste i løpet av et år med energibehovet og de første 1000kWh verd 1kr/kWh i med energibehovet og de første 1000kWh verd 1kr/kWh, de resterende kWh overskudd vil så være verd 0,4kr/kWh.

5.12.1 Løsning 1: Løsning med solcelletakstein fra Otovo

Vi har først bare vurdert solcelletakstein isolert. Det har vært en del fokus rundt solcelletakstein i den senere tiden, ettersom det er fornybar energiproduksjon som er estetisk tilfredsstillende. Så solcelletakstein vil øke markedsverdien til bygget betraktelig. En vindturbin kan ødelegge for noe av dette, i tillegg vil vindturbiner påvirke hvor bygget kan plasseres. Et bygg med solcelletakstein vil ha nær lik effekt over hele landet.

Solcelletaksteinen vil ha en estimert levetid på rundt 40 år, med en ytelses garanti på 80% etter 25 år.

Kostnad for installasjon og produkt er fra 300 000-400 000kr, vi bruker 350 000kr. Man vil spare kostnaden på rundt 100 000 som vil forekomme ved vanlig taktekning, i tillegg vil Enova gi 17 500kr i støtte (10 000 for anlegg + 6kWp som gir 7500kr). Merkostnaden kan estimeres rundt 232 500kr.

Solcelletakstein vil produsere 6120kWh/år:

Fortjeneste i løpet av året:

$$6120\text{kWh/år} - 5290\text{kWh/år} \cdot 1\text{kr/kWh} = 830\text{kWh/år} \cdot 0,4\text{kr/kWh} = 332\text{kr/år}$$

Total fortjeneste: $332\text{kr/år} + 5290\text{kr/år} = 5622\text{kr/år}$.

Nedbetalingstid: $232\,500\text{kr} / 5622\text{kr/år} = 41,3\text{år}$

Solcelletakstein vil gå i pluss etter 42 år, renter og systemtap ikke tatt i betraktning.

5.12.2 Løsning 2: Løsning for maksimal produksjon

Ved denne løsningen valgte vi å se på en løsning for maksimal elektrisitetsproduksjon. Dette kan være en mer fremtidsrettet løsning hvis det skulle bli bedre støtteordninger eller bedre produkter. Vi går for å dekke hele takflaten mot sør med fasadeelement, som vil tilsvare 30 moduler som dekker 50m². Det står at man ved valg av fasadeelement skal ha 10% av takflaten udekket for sikring, som tilsvarer $\approx 6\text{m}^2$, så taket vil være sikret. Installert effekt for solcelleanlegg er 9,3kWp. Det vil også være installert en Windstar 3000 i hagen som en kombinasjonsløsning. Installert effekt blir da til sammen 12,3kWp.

Kostnad for produkt og installasjon av solcelleanlegget er 197 043kr, men det vil forekomme besparelser for taktekke på rundt 40 000kr. Kostnad for vindturbinanlegg med unntak av montering er 85 050kr. Enova vil gi 25 000kr i støtte for installasjon og 12 kWp.

Merkostnaden blir da samlet: $197\,043 + 85\,050 - 40\,000\text{kr} - 25\,000\text{kr} = 217\,093\text{kr}$.

Solcelleanlegget vil produsere 8370kWh/år og vindturbin 4800kWh/år.

Fortjeneste:

$$8370\text{kWh/år} + 4800\text{kWh/år} - 5290\text{kWh/år} \cdot 1\text{kr/kWh} = 7880\text{kWh/år} \cdot 0,4\text{kr/kWh} = 3152\text{kr/år}$$

Total fortjeneste: $3152\text{kr/år} + 5290\text{kr/år} = 8442\text{kr/år}$.

Nedbetalingstid: $217\,093\text{kr} / 8442\text{kr} = 25,7\text{ år}$.

5.12.3 Løsning 3: Løsning med Windstar 1000 og solceller 3,72kWp

Vi tolket i denne løsning en kombinasjon som vil generere rett over 5290kWh/år for å se på hvor økonomisk vennlig det er. Vi valgte for denne løsningen å kombinere en Windstar 1000 og 12 fasadeelement som vil dekke 20m² og ha en 3,72kWp.

Kostnad for fasadeelementene er 92 863kr alt inkluder, og 36 810kr for vindturbin med tilbehør, ikke med montering. Man vil spare om lag 15 000kr på taktekning, og Enova vil gi 15 000 kroner i støtte for disse tiltakene. Merkostnaden blir da om lag:

$$92\,863 - 15\,000 + 36\,810 - 15\,000 \text{kr} = 99\,673 \text{kr}.$$

Solcellene produserer 3348kWh/år og vindturbin 2000kWh/år.

Fortjeneste i år:

$$3348 \text{kWh/år} + 2000 \text{kWh/år} - 5290 \text{kWh/år} \cdot 1 \text{kr/kWh} = 58 \text{kWh/år} \cdot 0,4 \text{kr/kWh} = 23,2 \text{kr/år}$$

$$\text{Total fortjeneste: } 5290 \text{kr/år} + 23 \text{kr/år} = 5313,2 \text{kr/år}.$$

$$\text{Nedbetalingstid: } 99\,673 \text{kr} / 5313 \text{kr} = 18,8 \text{år}$$

5.12.4 Løsning 4: Solcelleanlegg med 20 moduler

Vi drøftet her bare solcelleanlegg ettersom det er en løsning som kan fungere både nasjonalt og regionalt, noe vindturbiner vil ødelegge for. Vi så her på en løsning med 20 moduler som dekte 33m² og har installert effekt på 6,2kWp.

Ferdig installert anlegg vil koste 144 133. Man vil spare om lag 25 000kr for taktekning samt få støtte fra Enova på 17 500kr. Merkostnad blir da 101 633kr.

Solcellene produserer 5580kWh/år

Fortjeneste året:

$$5580 \text{kWh/år} - 5290 \text{kWh/år} = 290 \text{kWh/år} \cdot 0,4 \text{kr/kWh} = 116 \text{kr/år}$$

$$\text{Totalt: } 5290 \text{kr/år} + 116 \text{kr/år} = 5406 \text{kr/år}$$

$$\text{Nedbetalingstid: } 101\,633 \text{kr} / 5406 \text{kr/år} = 18,8 \text{år}.$$

5.12.5 Løsning 5: Solcelleanlegg med 30 moduler

Drøftet også solcelleanlegg som dekker tak siden vendt mot sør. 30 moduler som dekker 50m² som i løsningen over, 9,3kWp.

Ferdig installert anlegg vil koste 197 043kr. Man vil spare rundt 40 000kr på taktekning og få støtte fra Enova på 21 250kr. Merkostnad på

Solcellene produserer 8370kWh/år.

Fortjeneste året:

$$8370 \text{kWh/år} - 5290 \text{kWh/år} \cdot 1 \text{kr/kWh} = 3080 \text{kWh/år} \cdot 0,4 \text{kr/kWh} = 1232 \text{kr/år}$$

$$\text{Total fortjeneste: } 5290 \text{kr/år} + 1232 \text{kr/år} = 6522 \text{kr/år}.$$

$$\text{Nedbetalingstid: } 135\,793 \text{kr} / 6522 \text{kr/år} = 20,8 \text{år}.$$

5.12.6 Løsning 6: Windstar 3000

Vi ville se hva som ville skje om man skulle drøfte en løsning utelukket basert på vindkraft ettersom vi regionalt har så gode vindforhold. Vi så på en Windstar 3000. Denne vil ha installert effekt på 3kW.

Vindturbin med tilbehør vil koste 85 050kr uten montering. Enova støtte for denne vindturbinen vil være på 13 750kr. Merkostnad blir da 71 300kr.

Vindturbinen produserer 4800kWh året, som er under grensen hvor elektrisitet vil være verdt 0,4kr/kWh, men fortsatt gå i pluss gjennom et år. Fortjenesten blir her da 4800kr/år.

Nedbetalingstid vil være på: $71\,300\text{kr}/4800\text{kr}/\text{år}=14,85\text{år}$.

5.12.7 Løsning 7: Windstar 1000 og 16 solcellemoduler

Vi drøftet her en løsning som vil kunne forsyne hele elektrisitetsbehovet med solceller, og brukte vindkraft til å produsere en bonus. Løsningen for dette er en kombinasjon av et solcelleanlegg på 4,96kWp og Windstar 1000.

Solcelleanlegget vil koste 112 107kr, og vindturbinen vil koste 36 810kr for tilbehør uten montasje. Anlegget vil gi besparelse av takteking på rundt 20 000kr, og Enova vil støtte med 16 250 kr. Merkostnad blir da 112 667kr.

Solcellene vil produsere 4464kWh/år og vindturbinen 2000kWh/år.

Fortjeneste i året er da:

$4464\text{kWh}/\text{år}+2000\text{kWh}/\text{år}-5290\text{kWh}/\text{år}\cdot 1\text{kr}/\text{kWh}=1174\text{kWh}/\text{år}\cdot 0,4\text{kr}/\text{kWh}=469,6\text{kr}/\text{år}$

Total fortjeneste: $5290\text{kr}/\text{år}+470\text{kr}/\text{år}=5760\text{kr}/\text{år}$.

Nedbetalingstid: $112\,667\text{kr}/5760\text{kr}/\text{år}=19,6\text{år}$.

5.12.8 Valgt løsning:

Vi har ovenfor drøftet mange løsninger og sett på nedbetalingstiden deres. Når vi velger løsning må vi passe på at energibehovet bli dekket på den mest realistiske måten. Medan vindturbiner vil yte godt, vil vi se på en løsning som baserer seg i liten grad på dette for å dekke energibehovet siden det vil være så stor usikkerhet rundt ytelsen til de, og vindturbinene vil for det meste ikke være så effektivt nasjonalt, så det blir ikke et bygg som er begrenset til denne regionen ved å være avhengig av vindhastigheten. Vi så derfor bort ifra løsninger som har benyttet Windstar 3000, siden selv om den kunne ha vært lønnsom for det siste året, så vil det være en stor investering og stort anlegg.

Med dette i tanke så valgte vi løsning 7, som vil i store grader dekke energibehovet selv om vinteren med Windstar 1000. Det vil være behov for kjøp av strøm, men det vil med effekt på ca. 170 kWh/måned være et minimum. Når man først vil bygge et nytt tak, så er det lurt å ikke underdimensjonere et BIPV solcelleanlegg, siden det vil være komplisert å få installert flere moduler. Med dette i tanke valgte vi et solcelleanlegg som kunne dekke hele elektrisitetsbehovet til bygget. Det vil anlegget med 16 moduler oppnå.

Vi valgte å se bort ifra løsning 2, 4 og 5 i fare om at det var overdimensjonert. Løsning 1 med solcelletakstein har vært en fremtidsrettet løsning, men med lite utviklet marked og høye investeringskostnader er dette noe vi også så bort ifra. Løsning 3 var dimensjonert for å akkurat har 1 kr/kWh produser, noe som vi fryktet kunne være under dimensjonert hvis solcelleanlegget ble avhengig av å dekke større last enn antatt. Løsning 6 var bare et teoretisk eksempel med bare en vindturbin.

5.13 Lagring og overføring av energi.

Alternativ 1- med batteri, tilkoblet til strømmettet.

Er batteri lønnsomt?

For å finne ut om batteri vil lønne seg må vi se på hvor mye energi vi kan flytte fra de timene med mest produksjon, til de timene med minst produksjon. Mens den totale energi produksjonen vil gå i overskudd på slutten av måneden må vi betale nettleie for hver time vi «kjøper» strøm, eventuell besparelse vil være på selve nettleien.

Fremgangsmåte: Den mengden av energi batteriet kan flytte til senere tidspunkt gange nettleie prisen for KWh vil gi oss resultat på besparelse.

Nettleieprisen i Møre og Romsdal ligger på rundt 57 øre/KWh ifølge statistikken fra NVE.

Tar vi for eksempel den som ser mest lovende ut basert på effekt og pris:

- Powerwall 2 pris= 69000kr for selve batteri uten utstyr og installasjon.
- Tesla sin Powerwall 2 kan lagre 13,5KWh
- Garantien er på 10 år
- 20 år forventet levetid

1) $0,57\text{kr} \times 13,5 \text{ KWh} = 7,7\text{kr}$ dagen (spart)

2) $7,7\text{kr}$ dagen $\times 365$ dager $\times 20$ år = 56210 kr spart.

Det vil altså ta $69000\text{kr}/7,7\text{kr}/365\text{dager}=\underline{24,5 \text{ år}}$ før den betaler for seg selv, det tar lenger tid enn forventet levetid til en slik løsning. Batteriet vil med andre ord ikke lønne seg alene i løpet av sin levetid.

Andre faktorer som påvirker denne summen er:

- Batteri effekten synker med tiden.
- Strømprisen vil variere gjennom dagen og det er vanskelig å spå strømprisen frem i tid.
- Det kommer installasjonskostnader og ekstra utstyr, disse er ikke tatt med i beregning.
- Det er ikke sikkert vi får så mange timer med underskudd, men alt dette avhenger av solforhold og vindhastighet.
- Brukte elbilbatterier vil ha noe lavere pris, men denne typen teknologi er ikke nok utbredt til å ta med i beregningene.

Alternativ 2: Off-grid

Vi skal nå se på et off-grid-alternativ og om det er lønnsomt. Etter telefon samtaler med NB boliger ble vi opplyst om at gjennomsnittlig kostnad for strømtilkobling i Ålesund kommunen ligger mellom 20 000 og 40 000kr basert på erfaring. Vi bruker middelveiden 30 000kr for videre beregninger.

For et offgrid alternativ vil det være viktig at vi går i null i energiforbruk og produksjon. Ved å bruke solceller vil vi ha en ujevn produksjon gjennom året der vi produserer mest på sommeren og begrenset om vinteren. Windstar 3000 er et stabilt alternativ som kan dekke hele energibehovet på 4289 KWh/året og litt mer. Ved å bruke et li-ionebatteri, kan vi lagre energien som blir produsert om natten og når vi er på jobb og bruke batteriet +vindturbinen for å dekke energibehovet på kvelden og morgenen. Med en kombinasjon av Windstar 3000 og Powerwall 2 vil vi unngå å ha perioder med energimangel.

Utgifter:

Powerwall 2 koster 69 000 kr, levetid 20 år.

Windstar 3000 koster 85 050 kr, levetid over 15 år.

Besparelser:

30 000kr for tilkobling til strømmettet, noe vi slipper.

Alternativt kan vi se på områder der nettilkobling kan koste oppimot flere hundre tusener.

Kjøp av energi til 1kr/KWh, vårt behov er på 4289 KWh/året. Til sammen 4289 kr/år.

Fremgangsmåte:

(Utgifter- strømtilknytting)/ årlig besparelse av energikjøp= nedbetalingstid.

Tabell 9 Off-grid nedbetalingstid

Powerwall 2	Windstar 3000	Tilkobling til strømnettet (besparelse)	Kjøp av strøm (besparelse)	Nedbetalingstid
69 000kr	85 050 kr	-30 000kr	4289 kr/år	29 år
69 000kr	85 050 kr	-100 000kr	4289 kr/år	12,6 år

Ut ifra tabellen kan vi konkludere med at det ikke vil lønne seg å gå offgrid i vanlige områder der nettilknytning kostnaden er relativ lav. Dersom man bor i et område der det er vanskelig å være tilkoblet strømnettet kan en slik løsning være gunstig, det kan også være relevant for hytter.

Det kan likevel oppstå problemer dersom det er vindstille flere dager på rad.

I tillegg er det ikke tatt i betraktning priser for installasjon og ekstra utstyr for batteri, noe som vil øke nedbetalingstiden.

Eventuelt overskudd blir brent ut gjennom en laderegulator og vi får ingenting igjen for den.

5.14 Økonomi

For beregning av merkostnader kunne vi tatt utgangspunkt enten i rapporten «Kostnadsoptimalitet, Energiregler i TEK», utarbeidet av SINTEF og Multiconsult eller i «forskningsrapporter/SINTEF Fag, kostnader for nye småhus til høyere energistandard». Balanse 803 er dimensjonert etter TEK10 (senere etter dimensjonert til TEK15). På dette grunnlaget kan vi ta utgangspunkt i rapporten «Kostandsoptimalitet, Energiregler i TEK» Merkostnader passivhus etter NS3700.

Tabell 10 Merkostnad

Tiltak	Balanse 803 Oppfyller kriteriene i TEK10	Passivhusstandar d	Plusshus	Merkostnad
1.Bygging under telt	-	-	-	-
2.Tetthetsmåling	-	-	-	40 kr/m ²
3.Yttervegg u-verdi	0,196 W/m ² K	≤ 15W/m ² K	0,110W/m ² K	350 kr/m ²
4.Tak u-verdi (skråtakløsning)	0,125W/m ² K	≤ 13W/m ² K	0,100W/m ² K	75 kr/m ²
5.Gulv mot grunn u-verdi	0,157W/m ² K	≤ 15W/m ² K	0,090W/m ² K	60 kr/m ²
6.Vindu og ytterdør u-verdi	1,000W/m ² K	≤ 0,8W/m ² K	0,650W/m ² K	200 kr/m ²
7.Lekkasjetall	1,5h ⁻¹	≤ 0,6h ⁻¹	Vi forventer at ≤ 0,6h ⁻¹ skal oppfylles	100 kr/m ²
8.Varmegjenvinner ventilasjon	80%	≥ 80%	SFP = 1,5 kW/m ³ /s η = 85 %	20 kr/m ²
Sum				845 kr/m²
9. Belysning	11,4kWh/(m ² ·år)	11,4kWh/(m ² ·år)	11,4kWh/(m ² ·år)	0 kr/m ²

10. Varmtvann	29,8kWh/(m ² ·år)	29,8kWh/(m ² ·år)	29,8kWh/(m ² ·år)	
11. Oppvarming	45,3kWh/(m ² ·år)	21,8kWh/(m ² ·år)	22,4kWh/(m ² ·år)	-180 kr/m²

Tabell 11 Merkostnad for energiforsyning

Energiforsyning	Merkostnad	Enova støtte	Besparelse av taktekning	Totale Merkostnad
Solcelle	112107 kr	15 000 kr	20000 kr	77107kr
Vindturbin	36810 kr	1250 kr	-	35560 kr
Sum	148917	16250	20000 kr	112667 kr

Tiltakene er beskrevet i rapporten «Kostnadsoptimalitet, Energiregler i TEK» s.52 og 53. <https://dibk.no/globalassets/energi4/rapport-kostnadsoptimalitet.pdf>. Stort sett brukere vi samme tall som i rapporten til Sintef og Multiconsult, men på enkelte tiltak får vi forskjellige merkostnader på grunn av forskjellig utførelse og bygningskropp, dette er beskrevet under (tiltak 4, 7, og 11).

Tiltak 1: Bygging under telt er en metode som noen produsenter kan bruke, men flertall velger ikke det. Siden vi har kun et teoretisk prosjekt så er det ikke aktuelt for oss heller.

Tiltak 2: Utføring av tetthetsmåling AS-BUILT (ferdigstilles) er estimert til 5000-600 per bolig, det blir avrundet til 40 kr/m².

Tiltak 3: I rapporten til Sintef og Multiconsult hadde de neste like isolasjon tykkelse (350mm) i ytterveggen som vi har i prosjektet vårt (400mm). Derfor valgte vi å bruke den samme estimert merkostnad på 350 40 kr/m².

Tiltak 4: Vi vurderte å bruke samme tall som i rapporten til SINTEF og Multiconsult på 150 kr/m², men siden Balanse 803 har en bedre u-verdi enn det som er brukt i rapporten valgte vi å bruke en grov estimering på 75 kr/m². Det beregnet vi ved å se på isolasjon tykkelser som ble brukt på Balanse 803 og prosjektet vårt.

Tiltak 5: For gulv mot grunn hadde bygget Balanse 803 EPS 250 mm og prosjektet har vi en tykkelse på 350 mm. Ifølge rapporten til SINTEF og Multiconsult så er merkostnad for å øke tykkelsen fra 250 mm til 350mm estimert til 60 kr/m².

Tiltak 6: Merkostnad for å gå fra et vindu og dør med u-verdi lik 1,0 W/m² K til 0.065 W/m² K tar vi en grov estimering på 200 kr/m².

Tiltak 7: lekkasjetall basert på erfaring fra konkrete passivhusprosjekter er merkostnaden for å gå fra et lekkasjetall på 2,5 (TEK 10) til 0,6 (passivhus) ca 150 kr/m². I prosjektet bestemte vi å bruke en grov estimering på ca 100 kr/m². Dette er fordi, Balanse 803 har lekaskjetall på 1,5 og i motsetning til å gå fra 2,5 til 0,6 så skal det beregnes fra 1,5 til 0,6.

Tiltak8: for ventilasjon valgte vi å bruke samme merkostnad som i rapporten til SINTEF og Multiconsult. En avrundet merkostnad på 20 kr/m².

Tiltak 9: for belysning og utstyr er det ingen beregningsmessig forskjell på Balanse 803 bygget og passivhus etter NS3700, derfor heller ikke noen merkostnader.

Tiltak 11: Med en installert vannbåren varme (Luft-til-vann varmepumpe) vil et passivhus kreve mye mindre oppvarmingsbehov enn et TEK10 bygg. Det gjør at kostnaden blir redusert med 50 % til 12kr per watt installert. Da blir den estimert sparte investering i passivhus på 180 kr/m². Det gjelder det samme for prosjektet vårt.

Som vist i tabell... kommer byggeprosjektet vårt til å ha en merkostnad på 845 kr/m² og 112667 kr/m² for energiforsyningsanlegg. I tillegg vil det komme en merkostnad på 140 000 kr for vannbåren varme (luft-til-vann), men vi kommer til å spare 180 kr/m² på oppvarming.

I rapporten fra SINTEF og Multiconsult er den forventet merkostnad for bygningskroppen til 900-1100 kr/m² for passivhusnivå, mens i forskningsrapporter/SINTEF Fag er det 1100- 1500 kr/m². Dessuten i forskningsrapporter/SINTEF Fag, er det skrevet "Sammenlignet med tidligere studier fra de siste fire årene, er merkostnadene for passivhusnivå ca. 100–500 kr/m² høyere i våre beregninger". Med tanken på merkostnad justeringene vi har gjort, kan byggeprosjektet vårt være tilfredsstillende med en merkostnad på 845 kr/m².

Tabell 12 Byggeprosjektet total merkostnad

Beskrivelse		Total merkostnad
BRA m ² *merkostnad kr/m ²	123*845	103 935 kr
Energiforsyning anlegg Solceller + vindturbin	82107 kr + 30560 kr	112 667 kr
Vannbåren varme luft-til-vann		140 000 kr
Oppvarmingsbehov BRA m ² * (-180 kr)	123 * (-180)	- 22140 kr
Sum		334 462 kr

Den totale merkostandverdi på 334 462 kr er beregnet kun for materialer, arbeidstider og andre øvrige kostnader er ikke tatt med i beregningen. Det vil selvsagt komme ekstra kostander tilknyttet til arbeidstimer, men vi valgte å se bort fra det i prosjektet.

6 DRØFTING:

Når vi først satte i gang med oppgaven hadde vi ambisiøse mål, som ble forandret underveis. Vi planla blant annet å se på renovering av et eldre bygg, som ble droppet ganske tidlig, samt grundige vurderinger av klimagassproduksjon ved materialer og diverse. Vår ferdige oppgave kan deles inn i 3 ting, tiltak som reduserer energibehovet i bygg, tiltak som dekker energibehovet og vurderinger av disse i et bygg. Vi vurderte også å se på flere bygg, men fokuserte heller på forskjellene på løsningene og hvordan de kunne bli gjennomført i et spesifikt bygg.

Vi hadde også veldig ambisiøse mål for hvordan vår ferdige oppgave så ut, vi håpet på gode økonomiske beregninger med merkostnad både på tiltak og alt annet, med renter og nedbetalingstid. Dette ble simplifisert til det som kan sees i det ferdige produktet. Vi planla generelt sett bedre beregninger.

«Det gikk med flere titalls timer til å prøve å estimere solcelle, solfanger og vindturbin ytelse så godt som mulig. Da satt vi med beregningsprogram og kalkulatorer og formler på nett og prøvde hvor vi brukte kartdata til solinnstråling og vindhastighet, og alt av produktinfo. Vi prøvde å lære beregningsprogram som PVSYST som gir gode estimat og prøvde å bruke fysikkformler for ytelse med produktinfo. Vi fant ut at dette ble komplisert, og ble rådd av rådgiver å bare bruke produktinfo, selv om det er fare for at den er optimistisk. Vi prøvde også å beregne ytelsen av oppvarmingssystem, men ble rådd å bare bruk fagekspertise om det vil holde eller ei.

6.1 Informasjon:

En oppgave som drøfter lønnsomhet i plussus vil omfatta mye stoff. Det vil inngå alt fra bygningskroppen og hvor vindu og rom bør plasseres i bygningen for redusert energibehov, til produksjon og oppbevaring av energi. For å finne informasjon om alt som inngår i denne oppgaven har vi brukt internettet vært vårt største hjelpemiddel. Dette kan være problematisk ettersom alle kilder på nettet ikke er like troverdig, mens Byggforskserien og statsstøttede nettsider er svært troverdige, så har vi vært innom mange sider som kan ha agendaer som produktinfo og diverse.

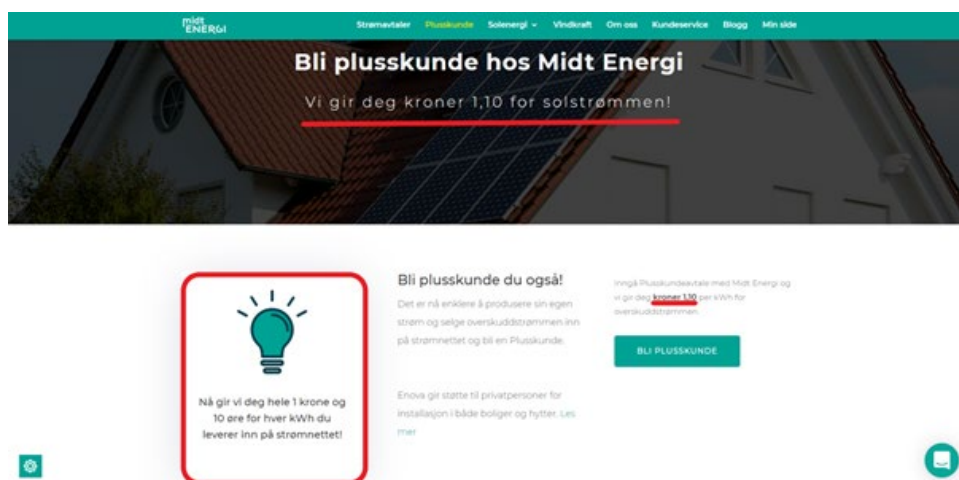
6.2 Midt Energi:

Vi var ferdig med beregninger og resultater mandag 13.05.2019 hvor vi hadde gode nedbetalingstider på tiltak, vi hadde til og med landet på at plussus prosjektert for optimal elektrisitetsproduksjon er veldig lønnsomt med gode priser på strømsalg. Det var en av

grunnene til at vi hadde tegnet dette bygget med tak vendt mot sør fullt av fasadeelement og største vindturbinen. Vi brukte plusskundeavtale hos Midt Energi hvor vi kunne selge strømmen for 1,1kr/kWh, dette tallet var nesten for godt til å være sant, men det var det som ble brukt i beregningene våre. Mandag 13 6 dager før oppgaven skal leveres var vi i kontakt med Midt Energi over nettpat for å finne ut informasjon om avtalen hvor vi ble opplyst om at avtalen gjaldt bare for det første året, og etter det kjøpte de strømmen for spotpris som er 0,4kr/kWh. Dette er 36% av det første året, og dette er noe som ikke ble antydnet noen steder på hjemmesiden deres som vist i bildet under.

Figur tatt fra Midt Energi/Plusskunde med alle plasser nevnt 1,1kr/kWh markert i rødt.

<https://midtenergi.no/plusskunde/>

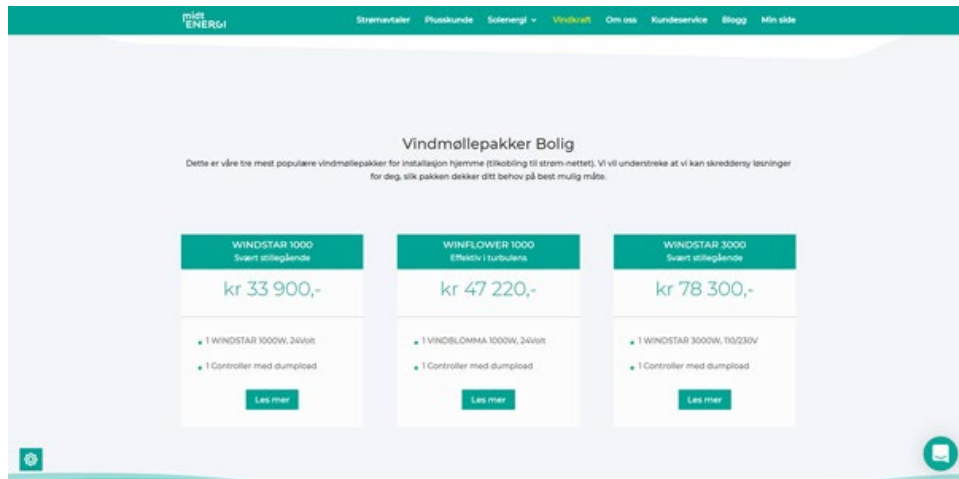


Figur 60 Midt Energi plusskundeavtale

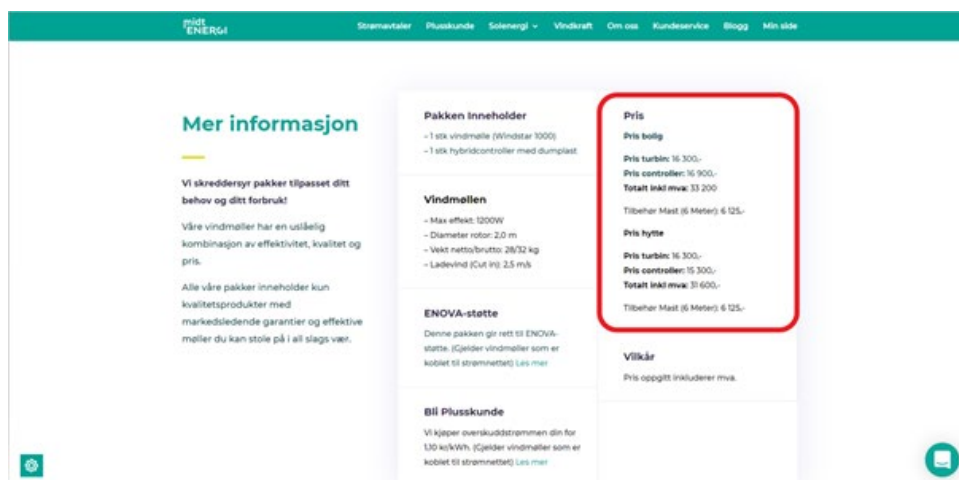
Etter anbefalinger av Enova antok vi at Midt Energi var en troverdig leverandør, og brukte mye produkter fra dem, ettersom de virket som en god kilde for vår oppgave. Vi så også på vindturbiner de tilbyr, ettersom de var en av få leverandører som hadde produkter av størrelsen vi ønsket. Her var også misinformasjon, siden pakkeprisene oppgitt ikke stemte overens når vi så på nærmere info. Se figurer under. <https://midtenergi.no/vindkraft/>

<https://midtenergi.no/windstar-1000/>

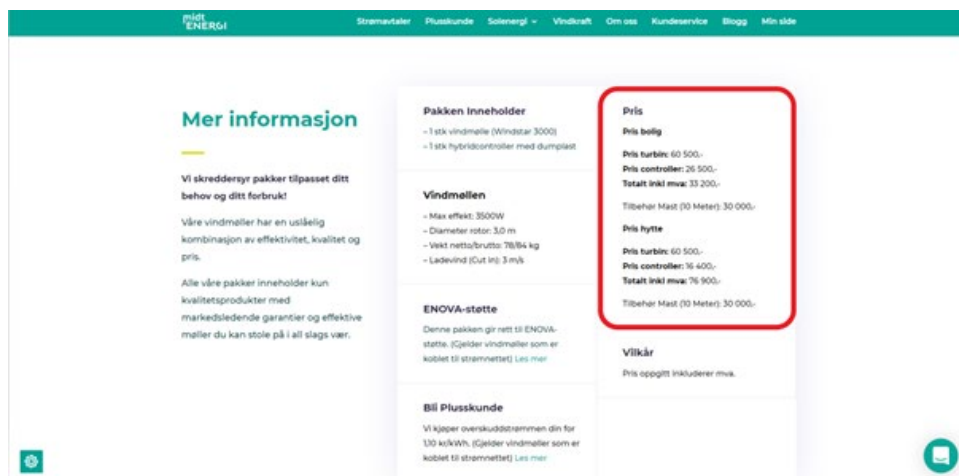
<https://midtenergi.no/windstar-3000/>



Figur 61 Midt Energi vindturbin pakker



Figur 62 Midt Energi pris for Windstar 1000



Figur 63 Midt Energi pris for Windstar 3000

Misinformasjonen på plusskundeavtalen samt vindturbinene gjorde at vi valgte å se på og gjøre kostnadsberegningene på nytt, men uten den optimistiske plusskundeavtalen deres var det mye som ikke lønte seg lenger. Vi fant med dette ut at løsningene vi så på var altfor

optimistiske og vi måtte se på mer realistiske løsninger. Vi byttet plusskundeavtalen til Tibber sin, og for vindturbiner så vi på leverandører av samme produktet, og valgte Windforce i Sverige.

7 KONKLUSJON

Gjennom vår oppgave har vi sett på om det er realistisk og gjennomførbart å prosjektere et plusshus i Norge, mer spesifikt på Vestlandet. I plusshus så medgår det to ting, å minimalisere energibehovet i bygget, og å forsyne seg selv med energi som dekker dette behovet. For å redusere energibehovet så vi på passivhusstandarden NS 3700 som en god veiledning på ønskede behov. Vår viktigste del, som kan kalles for nytenkningen var energiproduksjonen. Med dette skulle vi se på om det var lønnsomt med egenproduksjon av energi, og hvilke utfordringer det bringer ved våre forhold. Da skulle vi finne en løsning som ikke hadde ensidig fokus på solenergi.

Vi har gitt oss selv tilleggsriteriet å oppfylle passivhusstandarden, som kan være en utfordring. Det vil ikke alltid være like økonomisk lønnsomt å oppfylle alle kravene. Vi har gjennom vår oppgave sett mest på oppfyllelse av kravene ved bruk av beregningsprogrammet TEK-sjekk Energy, og sett på oppbygningen av klimaskjermen for å oppfylle U-verdien. Vi har til dels sett bort ifra normalisert kuldebroverdi og lekkasjetall. Siden vi tar utgangspunkt i en eksisterende bygning kan vi se bort ifra mange krav som allerede er oppfylt. Vi har tatt i betraktning godt inneklime og brukerkomfort.

I vår oppgave har vi prøvd å vektlegge energiforsyningen ettersom det er den delen det er minst erfaring med på markedet. Vi så da også på oppvarming, men gikk ikke like dypt i det siden vi har fått mye veiledning fra spesialister på løsninger som vil oppfylle vårt behov. Når vi så på hvordan vi kunne forsyne elektrisitetsbehovet prøvde vi å løse det på en så realistisk måte som mulig. Da så vi på hva som har fungert i lignende klima og så da på en kombinasjonsløsning med vindturbiner. Vindturbiner er noe som vil lønne seg i spesialtilfeller, men slettes ikke alle steder i landet.

Vi har kommet til den konklusjonen at det er fullt mulig å bygge plusshus som produserer mer energi enn de forbruker i Norge. Vi har også kommet fram til at energiproduserende tiltak som vindturbiner og solceller vil betale for seg selv i lengden, og plusshus virker som en god

løsning i fremtiden for nybygg. Plusshus vil lønne seg, men det er fortsatt et spørsmål rundt om det er for alle.

Mens klimaendringene er en utfordring, og dette vil gjøre byggesektoren mer bærekraftig, er det usikkerhet rundt om det norske markedet er klart for plusshus. Det er allerede mye fornybar kraft i strømmettet, 99% av all kraft i Norge kommer fra vannkraft. Vi har også lave strømpriser, om lag halvparten av resten av Eu, samt diskuterbart klima for utnyttelse av solinnstrålingen. Det norske markedet er også umodent med tanke på EL-produksjon, mens det norske solcellemarkedet har kommet seg langt, er det fortsatt noe manglende kunnskap blant leverandører. Markedet for vindturbiner i Norge er lite, det er svært få som leverer vindturbiner som kan forsyne bygg med strøm, og det er nærmest ingen som har horisontale vindturbiner med god effekt.

For å konkludere er det lønnsomt å bygge med energieffektiv bygningskropp, men kan være lurt å ikke vektlegge oppfyllelse av alle minstekravene i passivhusstandard. Passivhus kan være mulig å lønnsomt i det norske klimaet, men pga høye investeringskostnader er det kanskje best egnet for de spesielt interesserte.

8 REFERANSER

- [1] Michael Klinski, JudithThomsen, Åshild Lappegard Hauge, Sidsel Jerkø og Tor Helge Dokka, Systematisering av erfaringer med passivhus [Internett]. [09.04.2019], Tilgjengelig fra:
https://www.sintefbok.no/book/download/920/vinfopubutgivelserprosjektrapportsintef_byggforsk_prosjektrapportersb_prrapp_90nettsb_prprapp_90pdf
- [2] Byggforskserien 473.003 Energieffektive bygninger [Internett]. Tilgjengelig fra:
[https://www.byggforsk.no/dokument/4153/energieffektive bygninger begreper og d_efinisjoner](https://www.byggforsk.no/dokument/4153/energieffektive_bygninger_begreper_og_d_efinisjoner)
- [3] Enova støtteordninger [Internett]. [05.03.2019], Tilgjengelig fra,
<https://www.enova.no/privat/alle-energitiltak/>
- [4] Byggforskserien 312.019, Planlegging av småhusområder [Internett]. Tilgjengelig fra:
[https://www.byggforsk.no/dokument/5173/planlegging av smaahusomraader tomt o_g_bebyggelse](https://www.byggforsk.no/dokument/5173/planlegging_av_smaahusomraader_tomt_o_g_bebyggelse)
- [5] ZERO-Rapport [Internett]. [03.03.2019], Tilgjengelig fra: <https://zero.no/wp-content/uploads/2016/05/plusshus.pdf>
- [6] Artikler om plusskunde [Internett]. [10.04.2019], Tilgjengelig fra:
https://www.tu.no/artikler/debatt-betraktninger-fra-norges-forste-plusskunde/320929?fbclid=IwAR2DhmFLHps4CXTcvNuQFNC0N6qwpPtH_OFeD86GdPpTPhMJ0N99kmUfgnA
- [7] Plusshuskunde https://www.tu.no/artikler/debatt-betraktninger-fra-norges-forste-plusskunde/320929?fbclid=IwAR2DhmFLHps4CXTcvNuQFNC0N6qwpPtH_OFeD86GdPpTPhMJ0N99kmUfgnA
- [8] Dagslys i passivhus [Internett]: Tilgjengelig fra: <https://bygg.tekna.no/slik-sikrer-du-godt-dagslys-i-passivhus/>
- [9] Geotermisk energi [Internett]. [08.04.2019], Tilgjengelig fra:
<http://ungenergi.no/energikilder/geotermisk-energi/hva-er-geotermisk-energi/>
- [10] Energikilder for varmepumper, [Internett]. [10.04.2019], Tilgjengelig fra:
<https://www.varmepumpeinfo.no/energikilder-for-varmepumper/jordvarme>

- [11] Energitilskud til jordvarme, [Internett]. [12.04.2019], Tilgjengelig fra:
<http://energitilskud.info/tilskud-ti-jordvarme/>
- [12] Byggforskserien 573.344 typer og egenskaper til varmeisolasjonsmaterialer [Internett]. [14.05.2019], Tilgjengelig fra:
https://www.byggforsk.no/dokument/604/varmeisolasjonsmaterialer_typer_og_egenskaper#i9
- [13] Byggforskserien 473.010 Generelt om passivhus [internett]. [24.04.2019], Tilgjengelig fra:
https://www.byggforsk.no/dokument/4108/generelt_om_passivhus_valg_og_konsekvenser#i33
- [14] Byggforskserien 472.212 bruksanvisning for energiberegningsprogrammet tek-sjekk energi [internett]. [28.03.2019], tilgjengelig fra:
https://www.byggforsk.no/dokument/4025/bruksanvisning_for_energiberegningsprogrammet_tek-sjekk_energi
- [15] Byggforskserien 474.624 luftlekkasjemåling av bygninger [internett]. [29.04.2019], Tilgjengelig fra:
https://www.byggforsk.no/dokument/4126/luftlekkasjemaaling_av_bygninger_hensikt_og_vurdering#fig13
- [16] Byggforskserien 472.235 Passivhus i tre, detaljer for varmeisolering og tetting [Internett]. [27.03.2019], Tilgjengelig fra:
https://www.byggforsk.no/dokument/4036/passivhus_i_tre_eksempler_paa_detaljer_for_or_varmeisolering_og_tetting
- [17] Byggforskserien 421.621 metoder for distribusjon av dagslys [internett]. [25.03.2019], Tilgjengelig fra:
https://www.byggforsk.no/dokument/3004/metoder_for_distribusjon_av_dagslys_i_bygninger
- [18] Byggforskserien 57.953 isolerruter [internett]. [25.03.2019], Tilgjengelig fra:
https://www.byggforsk.no/dokument/581/isolerruter_typer_og_konstruksjoner#fig211
- [19] Løsninger for vinduer [Internett]. Tilgjengelig fra: <https://bygg.tekna.no/losninger-for-vinduer/> <https://www.sparevinduer.no/toppstyrte-vinduer/1-rute/>
- [20] Byggforskserien 533.102 typer og funksjoner av vinduer [internett]. Tilgjengelig fra:
https://www.byggforsk.no/dokument/437/vinduer_typer_og_funksjoner#i2

- [21] Byggeteknisk forskrift (TEK 17), [Internett]. [22.05.2019], Tilgjengelig fra:
<https://dibk.no/byggereglene/byggeteknisk-forskrift-tek17/13/v/13-7/>
- [22] Passiv-solvarme [internett], [02.05.2019]. Tilgjengelig fra: (krever brukernavn og
passord) <http://www.fornybar.no/solenergi/teknologi/passive-systemer/passiv-solvarme>
- [23] Unngå for høye inne-temperatur i passivhus, [Internett]. [21.04.2019], Tilgjengelig fra:
<https://bygg.tekna.no/slik-unngar-du-for-hoye-innetemperaturer-i-passivhus/>
- [24] Solskjerming og energiberegninger, [Internett]. [21.04.2019], Tilgjengelig fra:
<https://bygg.tekna.no/solskjerming-og-energiberegninger/>
- [25] Balansert ventilasjon med varmegjenvinning [internett]. Tilgjengelig fra:
<https://bygg.tekna.no/balansert-ventilasjon-med-varmegjenvinning/>
- [26] Byggeteknisk forskrift (TEK 17), ventilasjon i boligbygning [Internett]. Tilgjengelig
fra: <https://dibk.no/byggereglene/byggeteknisk-forskrift-tek17/13/i/13-2/>
- [27] Byggforskserien 552.335 prosjektering av energieffektive ventilasjonsanlegg
[Internett]. [26.03.2019] Tilgjengelig fra:
https://www.byggforsk.no/dokument/2960/prosjektering_av_energieffektive_ventilasjonsanlegg%2027.3
- [28] Byggforskserien 552.340 varmegjenvinnere i ventilasjonsanlegg [Internett].
[26.03.2019], Tilgjengelig fra:
https://www.byggforsk.no/dokument/537/varmegjenvinnere_i_ventilasjonsanlegg
- [29] Byggforskserien 552.103 oppvarming av boliger [Internett]. [26.03.2019],
Tilgjengelig fra:
https://www.byggforsk.no/dokument/519/oppvarming_av_boliger_energiforbruk_og_kostnader
- [30] Vannbåren varme [Internett]. [26.03.2019], Tilgjengelig fra:
https://www.enova.no/privat/alle-energitiltak/varmepumper/vannbaren-varme-/?gclid=CjwKCAjwYXmBRAOEiwAYsyl3LORuprsjvqQvo7Ko0CLw20JWgJsbxNjCtW7N3qAHh215AaTQsJSYRoCwkwQAvD_BwE
- [31] Byggforskserien 552.403 funksjonsbeskrivelse for varmepumper i bygning [Internett].
[26.03.2019], Tilgjengelig fra:

- https://www.byggforsk.no/dokument/541/varmepumper_i_bygninger_funksjonsbeskrivelse#fig11
- [32] Varmepumpe virke måte [Internett]. [26.03.2019], Tilgjengelig fra:
<https://www.varmepumpeinfo.no/verdt-a-vite-om-varmepumper/slik-virker-en-varmepumpe>
- [33] Luft-til-luft varmepumpe [Internett]. [27.03.2019], Tilgjengelig fra:
<https://www.varmepumpeinfo.no/varmepumpetyper/luft-til-luft-varmepumpe>
- [34] Luft-til-vannvarmepumpe [Internett]. [27.03.2019], Tilgjengelig fra:
<https://www.varmepumpeinfo.no/varmepumpetyper/luft-til-vann-varmepumpe>
- [35] Tappevannsvarmepumper [Internett]. [27.03.2019], Tilgjengelig fra:
<https://www.varmepumpeinfo.no/varmepumpetyper/tappevannsvarmepumpe>
- [36] Avtrekksvarmepumpe [Internett]. [27.03.2019], Tilgjengelig fra:
<https://www.varmepumpeinfo.no/varmepumpetyper/avtrekksvarmepumpe>
- [37] Bergvarmepumpe [Internett]. [27.03.2019], Tilgjengelig fra:
<https://www.varmepumpeinfo.no/varmepumpetyper/bergvarmepumpe-og-jordvarmepumpe>
- [38] Jordvarme bilder [Internett]. [08.04.2019], Tilgjengelig fra:
https://www.google.com/search?q=jordvarme&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjEi8aot8DhAhXF4KYKHaFuCdIQ_AUIDigB&biw=1920&bih=888
- [39] Hvordan en bergvarme fungerer og kostnader [Internett]. [08.04.2019], Tilgjengelig fra:
<https://www.thermia.no/bergvarme-jordvarme-sjoevarme/bergvarme/hvordan-fungerer-bergvarme/> <https://www.thermia.no/bergvarme-jordvarme-sjoevarme/bergvarme/bergvarme-kostnader-pris/>
- [40] Vær og klima for Vestlandet siden 1900 [Internett]. [09.04.2019], Tilgjengelig fra:
<https://www.met.no/vaer-og-klima/klima-siste-150-ar/regionale-kurver/vestlandet-siden-1900>
- [41] Solceller og solfangere [Internett]. [05.04.2019], Tilgjengelig fra:
<https://www.solenergi.no/norske-solforhold>
<http://ungenergi.no/energikilder/solenergi/solfanger/>
- [42] Solvarme [Internett]. [06.04.2019], Tilgjengelig fra:
<https://www.solenergi.no/solvarme>

- [43] Byggforskserien 552.455 funksjon og energiutbytte av vannbaserte solfangere [Internett]. [05.04.2019], Tilgjengelig fra: https://www.byggforsk.no/dokument/542/vannbaserte_solfangere_funksjon_og_energiutbytte
- [44] Temperature coefficient [Internett]. [09.04.2019], Tilgjengelig fra: https://www.pv-tech.org/news/temperature_coefficient_playing_key_role_in_pv_system_performance_report?utm_source=pvtech-feeds&utm_medium=rss&utm_campaign=news-rss-feed
- [45] Solar cell efficiency [Internett]. [09.04.2019], Tilgjengelig fra:
- [46] Solenergi i det kalde været [Internett]. [09.04.2014], Tilgjengelig fra: <https://www.tek.no/artikler/solceller-virker-best-ved-lave-temperaturer/167345>
- [47] Solcelle virke måte [Internett]. [10.04.2014], Tilgjengelig fra: <https://www.otovo.no/blog/2017/06/08/slik-virker-et-solcelleanlegg/>
- [48] Solcellepaneler i Norge [Internett]. [10.04.2019], Tilgjengelig fra: <https://stromvalget.no/artikkel/50/derfor-har-ikke-solcellepaneler-slaatt-an-i-norge>
- [49] BIPViNorge2018.pdf utarbeidet av SUSOLTECH, SOLENERGIKLYNGEN, NORSKENERGIFORENING og BIPVNO [Internett]. [12.04.2019], Tilgjengelig fra: http://solenergiklyngen.no/app/uploads/sites/4/180313-rapport_solkraft-markedsutvikling-2017-endelig.pdf
- [50] 180313-rapport_solkraft-markedsutvikling-2017-endelig.pdf, rapport om “solcellesystemer og sol i systemet” utarbeidet av Multiconsult og Asplan Viak på oppdrag fra Solenergiklyngen [Internett]. [12.04.2019], Tilgjengelig fra: http://solenergiklyngen.no/app/uploads/sites/4/180313-rapport_solkraft-markedsutvikling-2017-endelig.pdf?fbclid=IwAR2T00-0V81rflaxRxrZjEiYpk9pNzUJM6iV13TEZY_IFE8Mr6_Aj1roefM
- [51] Solar PV-cell construction [Internett]. [13.04.2019], Tilgjengelig fra: <https://www.cleanenergyreviews.info/blog/solar-pv-cell-construction>
- [52] N-type Solar cells [Internett]. [13.04.2019], Tilgjengelig fra: <https://www.velocitysolar.com.au/blogs/n-type-solar-panels-the-way-of-the-future/>
- [53] Forskjellen mellom N-type og P-type solceller [Internett]. [14.04.2019], Tilgjengelig fra: <https://www.aleo-solar.com/differen13ce-n-type-p-type-solar-cells/>

- [54] Vindturbiner [Internett]. [18.03.2019], Tilgjengelig fra:
<http://ungenergi.no/energikilder/vindkraft/fysikk-energi-og-effekt-i-vinden/>
- [55] Vindkraft [Internett]. [29.03.2019], Tilgjengelig fra:
<https://www.nve.no/energiforsyning/vindkraft/>
<https://temakart.nve.no/link/?link=nasjonalramme>
- [56] Knut Harstveit, seniorrådgiver ved Kjeller Vindteknikk
- [57] Vindstyrke, [Internett]. [07.05.2019], Tilgjengelig fra: <https://snl.no/vind#-Vindfarten>
- [58] Døgnutjevning [Internett]. [03.05.2019], Tilgjengelig fra:
http://promotions.eaton.com/content/dam/beacon/residential/enduser/xStorage-home-b2c/brochures/xStorage_homeBrochure_update_June_2017.pdf
- [59] Kjemisk lagring [Internett]. [11.04.2019], Tilgjengelig fra:
<http://www.fornybar.no/overforing-og-lagring-av-energi/lagring-av-energi/teknologier-for-lagring-av-energi>
- [60] Batterier [Internett]. [06.05.2019], Tilgjengelig fra:
<https://elbil.no/elbilstatistikk/elbilsalg/>
- [61] Plusskunde [Internett]. [23.04.2019], Tilgjengelig fra:
<https://elhub.no/aktorer-og-markedsstruktur/aktorenes-roller/elhub-for-aktorer-med-plusskunder/>
- [62] Brannsikkerhet i solcelleanlegg, vindturbiner og elektriskanlegg [Internett].
[07.05.2019], Tilgjengelig fra: <https://www.ise.fraunhofer.de/en/press-media/press-releases/2013/fire-protection-in-photovoltaic-systems.html>
<https://brannvernforeningen.no/gode-rad/el-og-brannfare/elektriske-anlegg/>
<https://www.elsikkerhetsportalen.no/elbil/batterier-elbilbranner/>
<https://www.smp.no/nyheter/article410316.ece>
- [63] Byggeskikk [Internett]. [27.03.2019], Tilgjengelig fra:
<https://trondheim2030.no/2018/04/13/hvilket-bygg-synes-fortjener-arets-byggeskikkpris/>
- [64] SINTEF BYGGFORSK 5 TREHUS HÅNDBOK
- [65] Varmeovergangsmotstander i henhold til NS-EN ISO 6946
- [66] Korreksjon for luftåpninger ΔU , i henhold til NS-EN ISO 6946 D.2
- [67] NS 3700 Kriterier for passivhus og lavenergibygninger

- [68] Horisontale vindturbiner [Internett]. [02.05.2019], Tilgjengelig fra:
<https://midtenergi.no/windstar-3000/>
- [69] Vannkraft [internett]. [25.04.2019], Tilgjengelig fra:
https://www.statkraft.no/Energikilder/Vannkraft/?fbclid=IwAR1IcrNtB9jPjTQZrJ6FbHbluWnlr_-l4nldXEv4tDpNWx1A3x87i5itCK8
- [70] Veiledning om tekniske krav til byggverk [Internett]. [10.05.2019], tilgjengelig fra:
https://dibk.no/globalassets/endringshistorikk/byggteknisk-forskrift/kapittel-14-energi_byggteknisk-forskrift_2015.pdf.
- [71] Vinter tilpasset Luft-til-luft varmepumper [Internett]. [07.05.2019], Tilgjengelig fra:
<https://general.no/varmepumpe-lz-vinterkongen/>
- [72] Luft-til-vann varmepumper [Internett]. [07.05.2019], Tilgjengelig fra:
<https://www.nibe.no/produkter/luft-til-vann-varmepumper/>
- [73] Solvarme i kombinasjon med andre varmekilder, publisert av solenergiforening [Internett]. [08.05.2019], Tilgjengelig fra:
https://static1.squarespace.com/static/597512eb579fb3d3de0207aa/t/59afb36de3df28513645e6dd/1504686997570/NorskSolenergi_ha%CC%8Andbok_solvarme_A4_web.pdf
- [74] Bioenergi [Internett]. [29.04.2019], Tilgjengelig fra:
<http://www.fornybar.no/bioenergi/teknologi?fbclid=IwAR0xEqOCZ3SVCqIKWQyk8gWEDQ00tZBXrntd153dIwsdUcaoRPbFq7DZn9o>
- [75] Varmeinstallasjon fra fossilt brensel [Internett]. [09.05.2019], Tilgjengelig fra:
<https://dibk.no/byggereglene/byggteknisk-forskrift-tek17/14/14-4/>
- [76] Plusskundeavtale [Internett]. [13.05.2019], Tilgjengelig fra: <https://norge.tibber.com/>
<https://midtenergi.no/plusskunde/>
- [77] Vindhastigheten [Internett]. [10.05.2019], Tilgjengelig fra:
<https://www.yr.no/observasjonar/>
- [78] Horisontal vindturbiner produktinformasjon [Internett]. [23.04.2015], Tilgjengelig fra:
<https://www.windforce.se/vindkraft-windstar3000.php>
- [79] Solcelle produktdata JAM60S01 310/PR [Internett]. [23.04.2015], Tilgjengelig fra:
<https://www.eidsivaenergi.no/globalassets/strom/dokumenter/solceller/solpanel/data-sheet-jam60s01-pr-305-310.pdf>

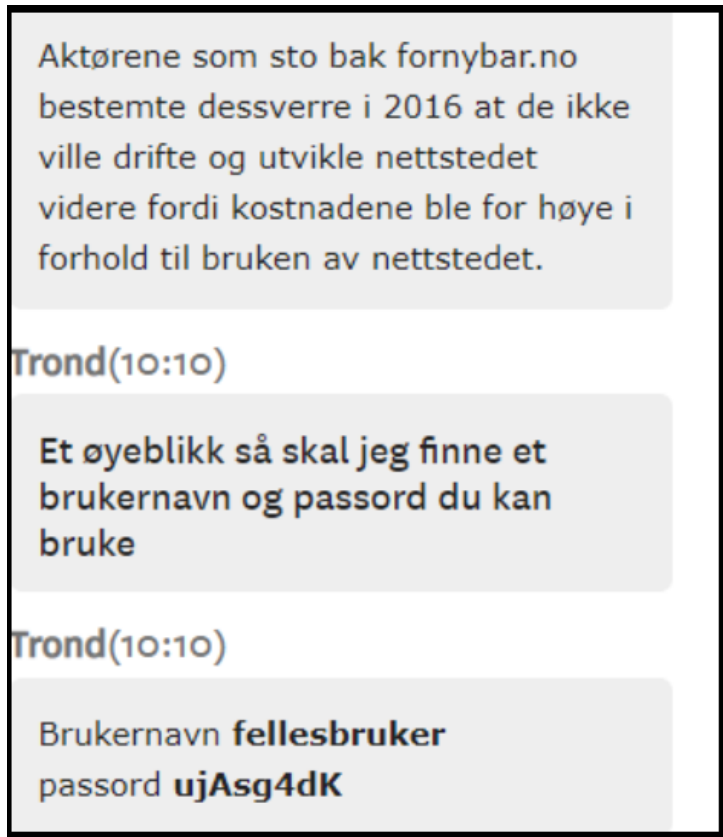
- [80] Solar batteries and storage [Internett]. [06.05.2019], Tilgjengelig fra:
<https://naked solar.co.uk/storage/>
- [81] Batterier (xStorage home og Tesla Powerwall) [Internett]. [06.05.2019], Tilgjengelig fra: http://promotions.eaton.com/content/dam/beacon/residential/enduser/xStorage-home-b2c/brochures/xStorage_homeBrochure_update_June_2017.pdf
https://www.tesla.com/sites/default/files/pdfs/powerwall/Powerwall%20AC_Datasheet_en_northamerica.pdf
- [82] Kostnadsoptimalitet, Energiregler i TEK, utarbeidet av SINTEF og Multiconsult [Internett]. [13.05.2019], tilgjengelig fra: <https://dibk.no/globalassets/energi4/rapport-kostnadsoptimalitet.pdf>
- [83] forskningsrapporter/SINTEF Fag, kostnader for nye småhus til høyere energistandard [Internett]. [13.05.2019], Tilgjengelig fra: (lastes ned)
https://www.sintefbok.no/book/index/1106/kostnader_for_nye_smaahus_til_hoeyere_energistandard?fbclid=IwAR2cLWR4JNqBe4QHDK8Ee6NsMSfLuk3ivOmrBHTnhCX1QeHjycKeV9rXCpM

VEDLEGG

Vedlegg 1 TEK-skjekk	9 sider
Vedlegg 2 Revit-tegninger	20 sider
Vedlegg 3 Beregnet energibehov for ulike isolasjonstykkelser	2 sider
Vedlegg 4 Beregning av u-verdi	3 sider
Vedlegg 5 Forprosjektrapport	13 sider
Vedlegg 6 Framdriftsplan	1 side

Figur 62 Brukernavn og passord som ble brukte til fornybar.no

<http://www.fornybar.no>



Figur 64 Brukernavn og passord til fornyba.no

Vedlegg'3/8

Vedlegg 1

TEK-sjekk

Boligen oppfyller kriteriene i NS 3700: Passivhuskriterier (bolig).

1: GENERELT		Beskrivelse av bygning:	Plusshus enebolig		Utførende	Kunde / byggherre / referanse:	Ole & Kari Norman, Oslo	
Type beregning		Bygningskategori:	Småhus: Enebolig			Beregningen utført av firma:	Byggmester Ola Norman AS	
Tilleggsinfo.		Type kontrollberegning:	NS 3700: Passivhuskriterier (bolig)		Beregningen utført av person:		Byggmester Ola Norman	
		Beregningen omfatter:	Hele bygningen		Lokalt klima:		Oslo	
		Antall boenheter i bygget:	1	Byggeår:	2019	Vindeksponeering:		Landlig Lave trær / boligstrøk / jordbruk
		Ev. matrikkelinfo:			Jordart:		Sand og grus	
2: BYGNINGEN								Dokumentasjon / kommentar
Dimensjoner	Oppvarmet del av bruksareal, BRA	123	m ²	BRA for bygningskomplekset er		123	m ²	
	Oppvarmet luftvolum	281,5	m ³					
	Ekspontert omkrets	38,1	m					
Bygningskropp	Normalisert kuldebroverdi, ψ	0,03	W/(m ² K)					Kolebro-rapport xx, dato dd.mm.yyyy
	Lekkasjetall (lekkasjetest), n_{50}	0,6	Luftomsetninger / time, ved 50 Pa					01.01.2016
	Bygningens varmekapasitet	32	Wh/(m ² K)					
Ventilasjon	Ventilasjonsprinsipp	Mek. balansert						
	Luftmengde, dagtid	1,2	(m ³ /h)/m ² = 148 m ³ /h.	Spesifikk vitteeffekt (SFP), dagtid:	1,5	kW/(m ³ /s)		
	Luftmengde, natt / helg	som over			Spesifikk vitteeffekt (SFP), natt / helg:	som over	kW/(m ³ /s)	
	Varmegjenvinning, virkningsgrad	85 %			Oppgitt virkningsgrad gjelder for:		Varmevexleren (EN 308)	
Klimatisering	Varmegjenvinner, frostsikring	-10	°C					
	Styring av tilluftstemperatur	18°C			Driftsdata (driftstid, internlast, settpunkter)	standard		
	Type kjøling (mekanisk eller lufting)	Vinduslufting			Arealandel vinduer som kan åpnes:	60 %		
Belysning	Nattsinking (utenom driftstid)	Nei						
	Styring av belysning	Vanlig manuell						
	Ønsket lysstyrke	300	Lux			1,95	W/m ²	
3: KONSTRUKSJONSTYPER								
Konstruksjonstype	Beskrivelse	U-verdi	Ekstra motstand	Type kledning	Dokumentasjon / kommentar			
		W/(m ² K)	+ΔR, (m ² K)/W	(hulrom, farge)				
Yttervegg mot friluft	Yttervegg av bindingsverk og isolasjon	0,110	-	Ventilert, lys	TEK17 passivhus yttervegg Rockwool ucalc			
Golv på grunnen	Støpt betong over EPS 350mmEPS+50mm påstøp	0,090	(+jord)	-	TEK17 passivhus golv-på-grunn Rockwool ucalc			
Tak/himling mot annen beregningssone (lik temperatur)	-	-	-	-	SINTEF Byggforsk Ucalc			
Skråtak (>20°) mot friluft	TEK 2017 energitiltak, tak	0,100		Ventilert, lys	Rockwool ucalc			
4: TYPER VINDU / DØR								
Vindus-/dørtype	U-verdi	Lysåpning	Glass lystransmisjon / solfaktor	Solskjerming	Solskjerming	Vindussmyg	Dokumentasjon / kommentar	
	W/(m ² K)	F, %	LT% / g%	type	Te% / Re%	↑ [;<=> [;>]]		
3-lags, argon, 2 lav-e-belegg, isolert trekarm, isolerende	0,640	80 %	72/51	Auto (ute)	07/59	0,1/1,2;0,1/1,1	(Verdiene endret. Rediger beskrivelse?)	
Glassdør, eldre, 50% glass	0,700	50 %	72/51	Manuell (inne)	19/67	0.1/2;0.1/1	Nyere* dør 3 lags rute	
Ytterdør, nyere isolert, 0% glass	0,650	0 %	-	-	-	-	(Verdiene endret. Rediger beskrivelse?)	
5: FASADER / BYGNINGSKROPPEN								
Beskrivelse	Konstruksjonstype	Himmelretning	Bruttoareal	Vindus-/dørtype	Vindu/dør	Horisonten	Utspring	Dokumentasjon / kommentar
		(grader fra N.)	m ²		m ²	grader	↑ [;<=> [;>]]	
VeggN	Yttervegg mot friluft	N (0°)	36,94	3-lags, argon, 2 lav-e-belegg, iso	1,39	10°	0	
				Ytterdør, nyere isolert, 0% glass	2,10	-	-	
VeggS	Yttervegg mot friluft	S (180°)	36,94	3-lags, argon, 2 lav-e-belegg, iso	4,91	10°	0	
VeggØ	Yttervegg mot friluft	Ø (90°)	36,76	Glassdør, eldre, 50% glass	2,09	10°	0	
				3-lags, argon, 2 lav-e-belegg, iso	5,14	10°	0	
VeggV	Yttervegg mot friluft	V (270°)	36,76	3-lags, argon, 2 lav-e-belegg, iso	5,56	10°	0	
Golv	Golv på grunnen	-	74	-	-	-	-	
Tak	Skråtak (>20°) mot friluft	S (180°)	36,71			10°	0	
Tak	Skråtak (>20°) mot friluft	N (0°)	36,71			10°	0	
6: ENERGIFORSYNING								
Energivare	Systemtype (grunnforsyning øverst i listen, topplast-forsyning nederst)					Andel last	Dokumentasjon / kommentarer	
						dekket		
El.varmepumpe	Varmepumpe luft/vann. Dynamisk beregning: Vannbåren golvvarme og tappevann					42w/m2	COP=3.9 ved 10/35°C. Virkningsgrader er faste verdier	
Elektrisitet	Helelektrisk bygning (termostatstyrte elektriske radiatorer, varmtvannsbereider, varmbatteri, forbruksstrøm)					rest	NS 3031 Tillegg B	

Bygning / prosjekt: Plusshus enebolig. Kunde/ref: Ole & Kari Norman, Oslo.
Type beregning: NS 3700: Passivhuskriterier (bolig). Hele bygningen (småhus: enebolig) er beregnet.

NETTO ENERGIBEHOV (normalklima)

Energipost	Energibehov kWh/år	Spesifikt behov kWh/(m²år)
Romoppvarming	2706	22,0
Ventilasjonsvarme	58	0,5
Varmtvann	3663	29,8
Vifter	539	4,4
Pumper	195	1,6
Belysning	1401	11,4
Teknisk utstyr	2155	17,5
Romkjøling	-	-
Ventilasjonskjøling	-	-
Sum denne bygning:	10716	87
Andel til oppvarming:	2764	22
Passivhus-krav ≤	-	22

VARMETAPSBUDSJETT

Varmetapspost	Netto areal m²	U-verdi [W/m²K]		Varmetap [(W/K)/m²]	
		Denne bygning	Passivhus minstekrav	Denne bygning	Passivhus varmetaps-ramme
Vegger	126,2	0,110	0,22	0,113	-
Tak	73,4	0,100	0,18	0,060	-
Gulv	74,0	0,082	0,18	0,050	-
Vinduer & dører	21,2	0,647	0,80	0,111	-
Kuldebro	123,0	ψ=0,03	ψ=0,03	0,030	-
Infiltrasjon	-	n ₅₀ =0,6	n ₅₀ =0,6	0,032	-
Ventilasjon	-	η _{år} ≈84,8%	η _{år} =80%	0,060	-
Bygningens varmetapstall, H" [(W/K)/m²]:				0,460	-
Hvorav andelen transmisjon og infiltrasjon, H"tr,inf [(W/K)/m²]:				0,400	0,480

ENERGIFORSYNING (normalklima)

Energivare	Lvert energi kWh/år	Spesifikk lvert kWh/(m²år)	Dekningsgrad varmebehov
Direktevirkende el.	5060	41,0	11,7 %
El. til VP & solenergi	2731	22,0	88,3 %
Olje	-	-	-
Gas	-	-	-
Fjernvarme	-	-	-
Biobrensel	-	-	-
Annen fornybar	-	-	-
Sum denne bygning:	7791	63	100,0 %
Lvert fossilt & el:	7791	100,0 %	-
Passivhus-krav ≤	8885	100,0 %	-

CO₂ utslipp cirka 25 kg/m² pr år ved normalklima.

Tilleggsinfo, dekningsgrad pr energisystem (normalklima)

Energisystem	Dekning av netto energibehov, kWh/år						Dekningsgrad av egen last	System-virkningsgrad
	Romoppv.	Vent.varme	Varmtvann	Romkjøling	Vent.kjøl.	El.spesifikt		
El.varmepumpe	2703	-	2969	-	-	-	89 %	2,08
Elektrisitet	3	58	694	-	-	4289	47 %	1,00
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total behov:	2706	58	3663	-	-	4289	-	-

SAMMENDRAG

- Energi:** ► Boligen oppfyller kriteriene i NS 3700: Passivhuskriterier (bolig).
- Inneklima:** Innetemperaturen er tilfredsstillende. Den overskrider komfortgrensen (Inneklimakategori II i EN 15251:2007 §A.2) bare 2 timer i året, med vinduslufting.
- Dagslys:** Estimert arealmidlet dagslysfaktor i randsone Nord=3,3%; Øst=3,3%; Sør=3,3%; Vest=3,3%; Kjerne=0%; dvs. cirka 59% av BRA har en dagslysfaktor på minst 2%.
- Kjernen utgjør 41% av BRA. Vurder taklys e.l. som gir dagslys i kjernen.
 - Total glassareal (ekskl. karm) utgjør 11,9% av BRA.

Dokumentasjon av kontrollberegning i henhold til NS 3031:2014

Bygningsbeskrivelse, adresse:	Plusshus enebolig	Byggeår 2019. Kunde/ref: Ole & Kari Norman, Oslo
Lokalt klima:	Oslo	(Landlig Lave trær / boligstrøk / jordbruk)
Type kontrollberegning:	NS 3700: Passivhuskriterier (bolig)	Hele bygningen er beregnet
Beregning utført av:	Byggmester Ola Norman AS	v/ Byggmester Ola Norman

SENTRALE INNDATA FOR ENERGIBEREGNINGEN, dokumentert iht. NS 3031:2014 Tillegg J:

Størrelser	Inndata	Dokumentasjon	
Bygningskategori	Småhus	Enebolig (1 boenhet)	
Arealer [m ²]	Yttervegger	126 m ²	Yttervegg av bindingsverk og isolasjon
	Tak	73 m ²	_TEK 2017 energiltak, tak
	Gulv	74 m ²	Støpt betong over EPS
	Vinduer, dører, og glassfelt	21 m ²	bl.a. 3-lags, argon, 2 lav-e-belegg, isolert trekarm, isolerende avst.-list
Oppvarmet del av BRA (A_{fl}) [m ²]	123 m ²	-	
Oppvarmet luftvolum (V) [m ³]	282 m ³	-	
U-verdi for bygningsdeler [W/(m ² ·K)]	Yttervegger	0,11 W/(m ² K)	TEK17 passivhus yttervegg Rockwool ucalc
	Tak	0,1 W/(m ² K)	Rockwool ucalc
	Gulv	0,08 W/(m ² K)	TEK17 passivhus gulv-på-grunn Rockwool ucalc
	Vinduer, dører, og glassfelt	0,65 W/(m ² K)	bl.a. (Verdiene endret. Rediger beskrivelse?)
Arealandel for vinduer, dører og glassfelt, som % av BRA (γ_{sol})	17 %	-	
Normalisert kuldebroverdi (ψ') [W/(m ² ·K)]	0,03	Kolebro-rapport xx, dato dd.mm.yyyy	
Normalisert varmekapasitet (C'') [Wh/(m ² ·K)]	32	-	
Lekkasjetall (n_{50}) [/h]	0,6	01.01.2016	
Temperaturvirkningsgrad (η_T) for varmeveklser	85,0 %	-	
Årsmiddel temperaturvirkningsgrad for varmegjenvinner pga. frostsikring (men ikke tillufttemperatur-styring)	84,8 %	Avkast>-10°C, Tilluft=18°C.	
Spesifikk vifteeffekt (SFP) relatert til luftmengder, i driftstiden [kW/(m ³ /s)]	1,5	Mek. balansert ventilasjon	
Spesifikk vifteeffekt (SFP) relatert til luftmengder, utenom driftstiden [kW/(m ³ /s)]	-	-	
Gjennomsnittlig spesifikk mekanisk ventilasjonsluftmengde i driftstiden ($V_{\text{on}}/A_{\text{fl}}$) [(m ³ /h)/m ²]	1,2	Infiltrasjon (dvs. luftlekkasjer) utgjør ca. 0,1 (m ³ /h)/m ² i tillegg	
Gjennomsnittlig spesifikk mekanisk ventilasjonsluftmengde utenom driftstiden ($V_{\text{on}}/A_{\text{fl}}$) [(m ³ /h)/m ²]	-	-	
Årsgjennomsnittlig systemvirkningsgrad for oppvarmingssystemet	184 %	-	
Installert effekt for romoppvarming og ventilasjonsvarme (varmebatteri) [W/m ²]	19,0	Ingen nattsinking	
Settpunkt-temperaturer for romoppvarming [°C]	21	Ventilasjonsluft settpunkt: 18/18°C sommer/vinter	
Årsgjennomsnittlig effektfaktor for kjølesystemet	-	-	
Installert effekt for romkjøling og ventilasjonskjøling [W/m ²]	-	-	
Settpunkt-temperaturer for kjøling [°C]	-	-	
Spesifikk pumpeeffekt (SPP) [kW/(l/s)]	0,5	-	
Driftstid for oppvarming, kjøling, lys, utstyr, varmtvann / ventilasjon / personer	16 / 24 / 24 timer/døgn	Hhv. 7 døgn/uke og & 52 uker/år, jf. NS 3031	
Spesifikk effektbehov for belysning i driftstiden [W/m ²]	1,95	J.fr. NS 3031 Tillegg A	
Spesifikk varmetilskudd fra belysning i driftstiden (q''_{lys}) [W/m ²]	1,95	J.fr. NS 3031 Tillegg A	
Spesifikk effektbehov for utstyr i driftstiden [W/m ²]	3,00	J.fr. NS 3031 Tillegg A	
Spesifikk varmetilskudd fra utstyr i driftstiden (q''_{uts}) [W/m ²]	1,80	J.fr. NS 3031 Tillegg A	
Spesifikk effektbehov for varmtvann i driftstiden (q''_{w}) [W/m ²]	5,10	J.fr. NS 3031 Tillegg A	
Spesifikk varmetilskudd fra varmtvann i driftstiden [W/m ²]	0,00	J.fr. NS 3031 Tillegg A	
Spesifikk varmetilskudd fra personer i driftstiden (q''_{pers}) [W/m ²]	1,50	J.fr. NS 3031 Tillegg A	
Total solfaktor (g_T) for vindu og solavskjerming (N/Ø/S/V/Tak)	0,058/0,138/0,058/0,058	Beregnet iht. EN 13363-1. Auto (ute) solskjerming.	
Gjennomsnittlig karmfaktor (F_F)	0,23	-	
Solskjermingsfaktor pga. horisont, nære bygninger, vegetasjon, og eventuelle bygningsutspring	0,77	-	

KONKLUSJON FRA KONTROLLBEREGNINGEN:

► Boligen oppfyller kriteriene i NS 3700: Passivhuskriterier (bolig).

lørdag 18. mai 2019

dato

underskrift

Skjermstørrelse: 600

Vis fasade: VeggN



Skjermstørrelse: 600

Vis fasade: VeggV



Skjermstørrelse: 600

Vis fasade: VeggØ #2 vindu/dør



Skjermstørrelse: 600

Vis fasade: VeggØ



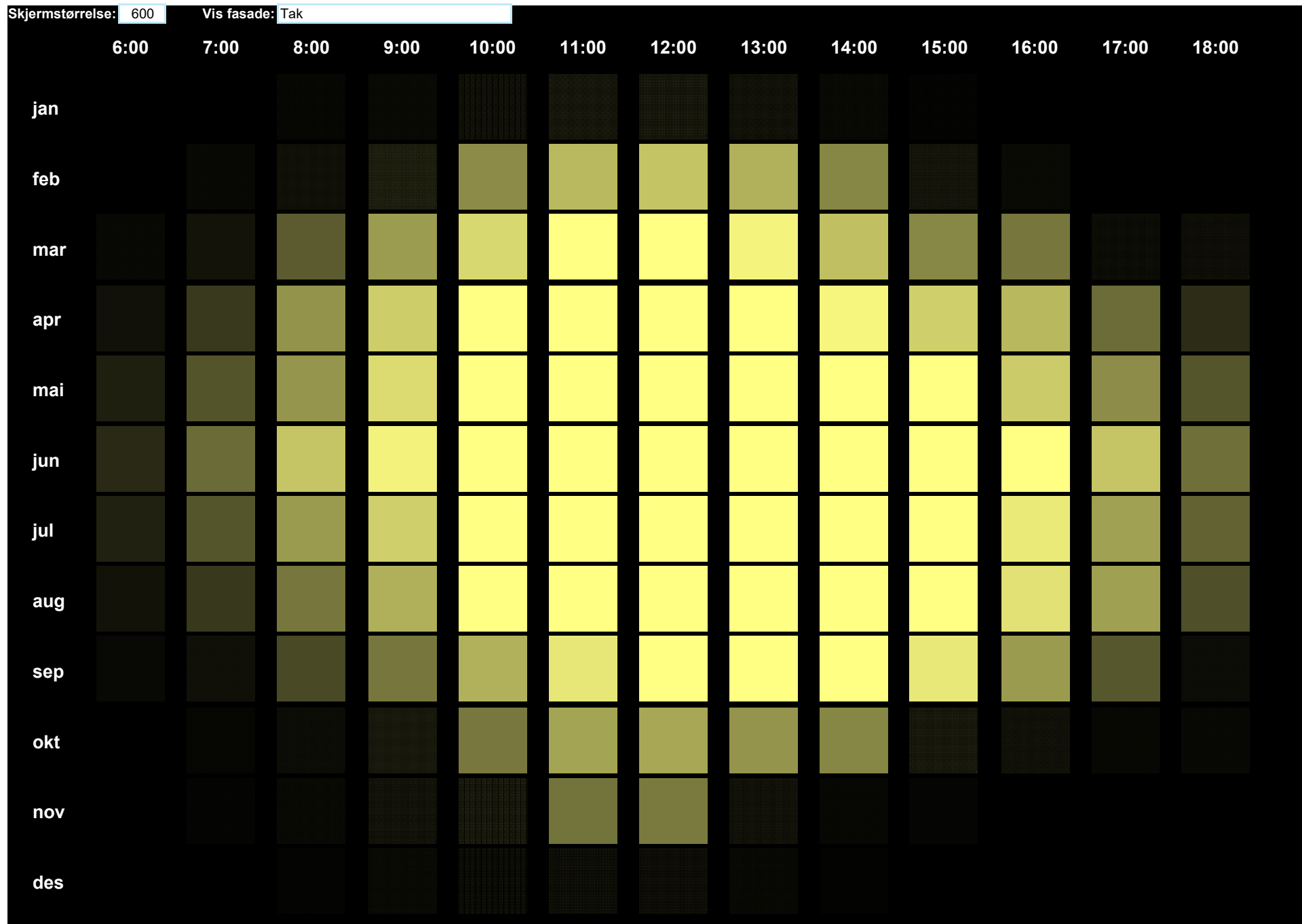
Skjermstørrelse: 600

Vis fasade: VeggS



Skjermstørrelse: 600

Vis fasade: Tak



Vedlegg 2

Energibehov

Energibehov

Beregnet energibehov for ulike isolasjonstykkelser ved bruk av TEK-sjekk og u-verdi beregningsprogrammet ROOCKWOLL.

Vindu og dør u-verdi som ble brukt på denne beregning:

- Vindu 0,64 W/(m² K).
- Ytterdør 0,65 W/(m² K)
- Glassdør (50% glass) 0,7 W/(m² K).

Andel til oppvarming passivhuskrav ≤ 22 KW/h(m²år).

		Isolasjon tykkelse mm				
		250	300	350	400	450
U-verdi (W/(m ² K))	Yttervegg	0,176	0,149	0,129	0,11	0,10
	Golv på grunn	0,157	0,132	0,114	0,09	0,08
	U-verdi Tak	0,180	0,143	0,118	0,10	0,09
Total netto energibehov kWh/år		12543	11758	11211	10713	10462
Andel til oppvarming KWh/(m ² år) (Romoppvarming + ventilasjonsvarme)		37	31	26	22	20
Netto energibehov reduksjon (%) ved økning av isolasjon tykkelse med 50mm		-----	6,31%	4,65%	4,44%	2,34%

NETTO ENERGIBEHOV (normal klima)			VARMETAPSBUDSJETT							
Energipost	Energibehov kWh/år	Spesifikt behov kWh/(m ² år)	Varmetapspost	Netto areal m ²	U-verdi [W/m ² K]		Varmetap [(W/K)/m ²]			
					Denne bygning	Passivhus minstekrav	Denne bygning	Passivhus varmetaps-ramme		
Romoppvarming	2461	20,0	Vegger	126,2	0,100	-	0,22	0,103	-	
Ventilasjonsvarme	58	0,5	Tak	73,4	0,090	-	0,18	0,054	-	
Varmtvann	3663	29,8	Gulv	74,0	0,074	-	0,18	0,044	-	
Vifter	539	4,4	Vinduer & dører	21,2	0,647	-	0,80	0,111	-	
Pumper	185	1,5	Kuldebro	123,0	$\psi^*=0,03$	-	$\psi^*=0,03$	0,030	-	
Belysning	1401	11,4	Infiltrasjon	-	$n_{50}=0,6$	-	$n_{50}=0,6$	0,032	-	
Teknisk utstyr	2155	17,5	Ventilasjon	-	$\eta_{50}=84,8\%$	-	$\eta_{50}=80\%$	0,060	-	
Romkjøling	-	-	Bygningens varmetapstall, H* [(W/K)/m ²]:						0,430	-
Ventilasjonskjøling	-	-	Hvorav andelen transmisjon og infiltrasjon, H*tr,inf [(W/K)/m ²]:						0,370	0,480
Sum denne bygning:	10462	85								
Andel til oppvarming:	2519	20								
Passivhus-krav \leq	-	22								

Figur 1 Isolasjon tykkelse 450mm

Type beregning: NS 3700: Passivhuskriterer (bolig). Hele bygningen (småhus; enebolig) er beregnet.

NETTO ENERGIBEHOV (normalklima)			VARMETAPSBUDSJETT				
Energi-post	Energi-behov kWh/år	Spesifikt behov kWh/(m²år)	Varmetaps-post	Netto areal m²	U-verdi [W/m²K]	Passivhus minstekrav	Varmetap [(W/K)/m²]
					Denne bygning		Denne bygning
Romoppvarming	2706	22,0	Vegger	126,2	0,110	-	0,113
Ventilasjonsvarme	58	0,5	Tak	73,4	0,100	-	0,080
Varmtvann	3663	29,8	Gulv	74,0	0,082	-	0,050
Vifter	539	4,4	Vinduer & dører	21,2	0,647	-	0,111
Pumper	195	1,6	Kuldebro	123,0	$\psi=0,03$	$\psi=0,03$	0,030
Belysning	1401	11,4	Infiltrasjon	-	$n_{e0}=0,6$	$n_{e0}=0,6$	0,032
Teknisk utstyr	2155	17,5	Ventilasjon	-	$\eta_a=84,8\%$	$\eta_a=80\%$	0,060
Romkjøling	-	-					
Ventilasjonskjøling	-	-					
Sum denne bygning:	10716	87					Bygningens varmetapstall, H'' [(W/K)/m²]: 0,460
Andel til oppvarming:	2764	22					Hvorav andelen transmisjon og infiltrasjon, $H''_{tr,inf}$ [(W/K)/m²]: 0,400 0,480
Passivhus-krav \leq	-	22					

Figur 2 Isolasjon tykkelse 400mm

NETTO ENERGIBEHOV (normalklima)			VARMETAPSBUDSJETT				
Energi-post	Energi-behov kWh/år	Spesifikt behov kWh/(m²år)	Varmetaps-post	Netto areal m²	U-verdi [W/m²K]	Passivhus minstekrav	Varmetap [(W/K)/m²]
					Denne bygning		Denne bygning
Romoppvarming	3181	25,9	Vegger	126,2	0,129	-	0,132
Ventilasjonsvarme	58	0,5	Tak	73,4	0,118	-	0,070
Varmtvann	3663	29,8	Gulv	74,0	0,102	-	0,061
Vifter	539	4,4	Vinduer & dører	21,2	0,647	-	0,111
Pumper	214	1,7	Kuldebro	123,0	$\psi=0,03$	$\psi=0,03$	0,030
Belysning	1401	11,4	Infiltrasjon	-	$n_{e0}=0,6$	$n_{e0}=0,6$	0,032
Teknisk utstyr	2155	17,5	Ventilasjon	-	$\eta_a=84,8\%$	$\eta_a=80\%$	0,060
Romkjøling	-	-					
Ventilasjonskjøling	-	-					
Sum denne bygning:	11211	91					Bygningens varmetapstall, H'' [(W/K)/m²]: 0,500
Andel til oppvarming:	3239	26					Hvorav andelen transmisjon og infiltrasjon, $H''_{tr,inf}$ [(W/K)/m²]: 0,440 0,480
Passivhus-krav \leq	-	22					

Figur 3 Isolasjon tykkelse 350mm

NETTO ENERGIBEHOV (normalklima)			VARMETAPSBUDSJETT				
Energi-post	Energi-behov kWh/år	Spesifikt behov kWh/(m²år)	Varmetaps-post	Netto areal m²	U-verdi [W/m²K]	Passivhus minstekrav	Varmetap [(W/K)/m²]
					Denne bygning		Denne bygning
Romoppvarming	3708	30,1	Vegger	126,2	0,149	-	0,153
Ventilasjonsvarme	58	0,5	Tak	73,4	0,143	-	0,085
Varmtvann	3663	29,8	Gulv	74,0	0,116	-	0,070
Vifter	539	4,4	Vinduer & dører	21,2	0,647	-	0,111
Pumper	235	1,9	Kuldebro	123,0	$\psi=0,03$	$\psi=0,03$	0,030
Belysning	1401	11,4	Infiltrasjon	-	$n_{e0}=0,6$	$n_{e0}=0,6$	0,032
Teknisk utstyr	2155	17,5	Ventilasjon	-	$\eta_a=84,8\%$	$\eta_a=80\%$	0,060
Romkjøling	-	-					
Ventilasjonskjøling	-	-					
Sum denne bygning:	11758	96					Bygningens varmetapstall, H'' [(W/K)/m²]: 0,540
Andel til oppvarming:	3766	31					Hvorav andelen transmisjon og infiltrasjon, $H''_{tr,inf}$ [(W/K)/m²]: 0,480 0,480
Passivhus-krav \leq	-	22					

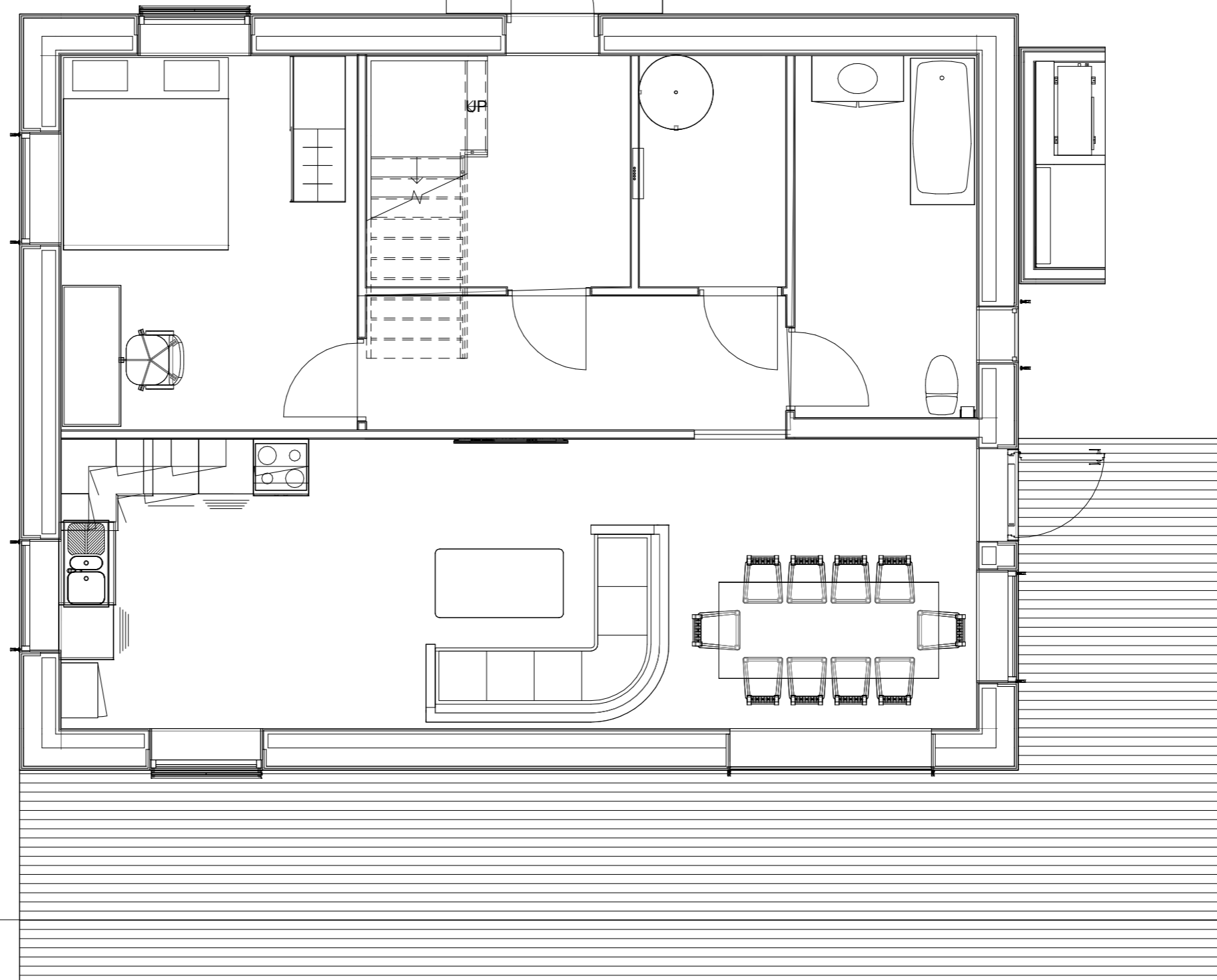
Figur 4 Isolasjon tykkelse 300mm

NETTO ENERGIBEHOV (normalklima)			VARMETAPSBUDSJETT				
Energi-post	Energi-behov kWh/år	Spesifikt behov kWh/(m²år)	Varmetaps-post	Netto areal m²	U-verdi [W/m²K]	Passivhus minstekrav	Varmetap [(W/K)/m²]
					Denne bygning		Denne bygning
Romoppvarming	4464	36,3	Vegger	126,2	0,176	-	0,181
Ventilasjonsvarme	58	0,5	Tak	73,4	0,180	-	0,107
Varmtvann	3663	29,8	Gulv	74,0	0,135	-	0,081
Vifter	539	4,4	Vinduer & dører	21,2	0,647	-	0,111
Pumper	264	2,1	Kuldebro	123,0	$\psi=0,03$	$\psi=0,03$	0,030
Belysning	1401	11,4	Infiltrasjon	-	$n_{e0}=0,6$	$n_{e0}=0,6$	0,032
Teknisk utstyr	2155	17,5	Ventilasjon	-	$\eta_a=84,8\%$	$\eta_a=80\%$	0,060
Romkjøling	-	-					
Ventilasjonskjøling	-	-					
Sum denne bygning:	12543	102					Bygningens varmetapstall, H'' [(W/K)/m²]: 0,600
Andel til oppvarming:	4522	37					Hvorav andelen transmisjon og infiltrasjon, $H''_{tr,inf}$ [(W/K)/m²]: 0,540 0,480
Passivhus-krav \leq	-	22					

Figur 5 Isolasjon tykkelse 250 mm

Vedlegg 3

Revit-tegninger



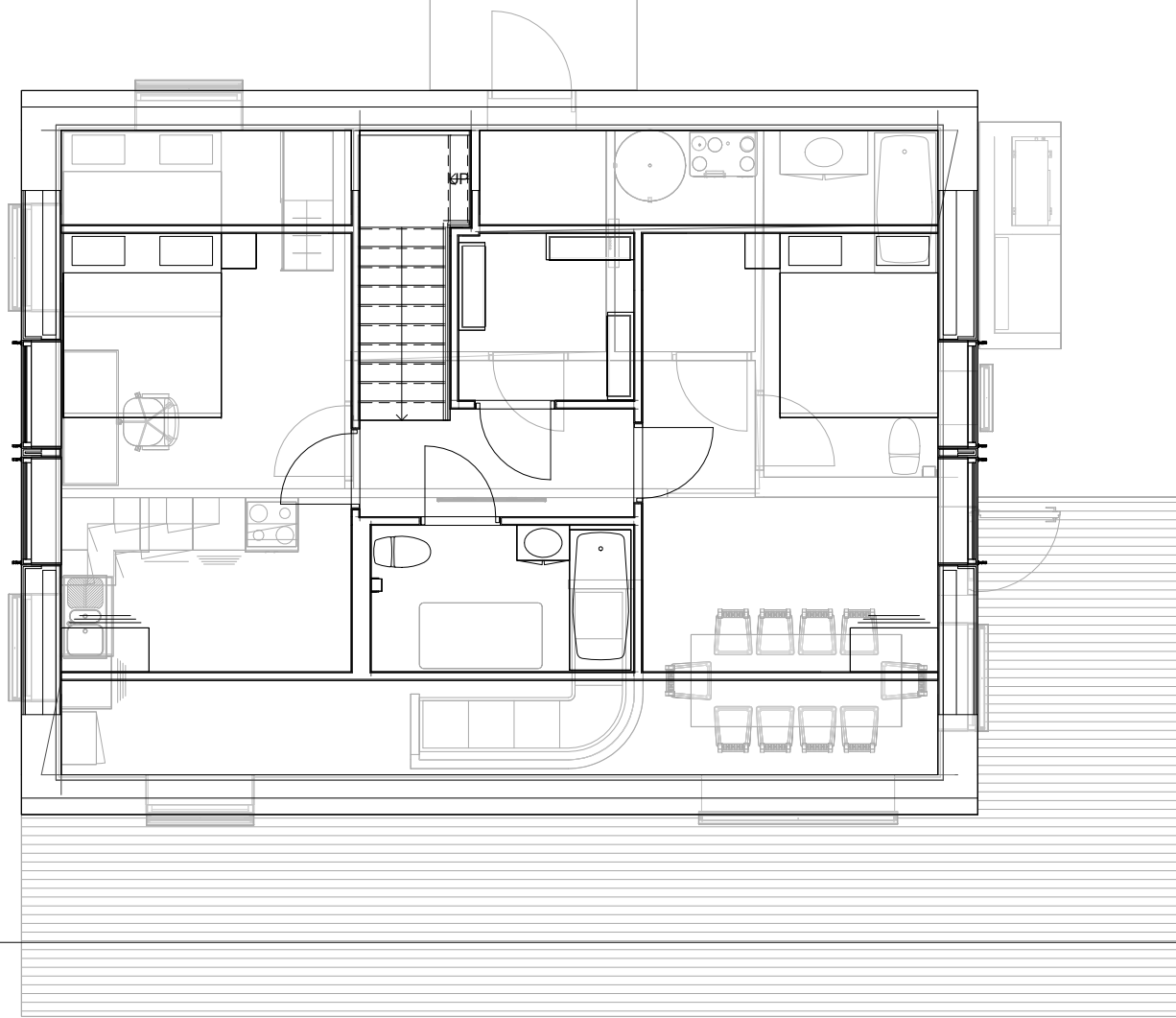
Plan 01
1 : 50



Plusshus

Areal 01

Project number	1	A1	1 : 50
Date	15.05.2019		
Drawn by	Egor Rørvik	Scale	
Checked by	Checker		



Plan 02
1 : 50

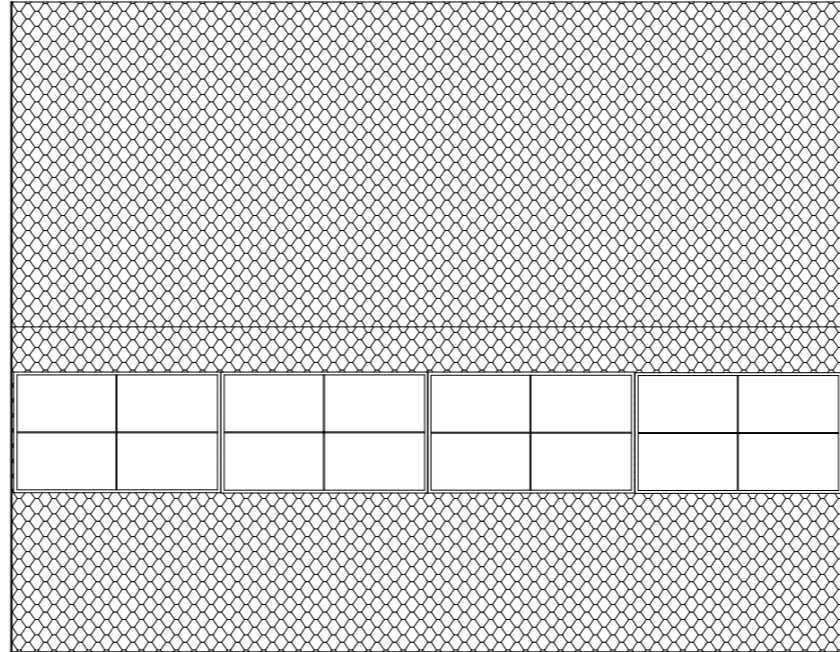


Plusshus

Areal 02

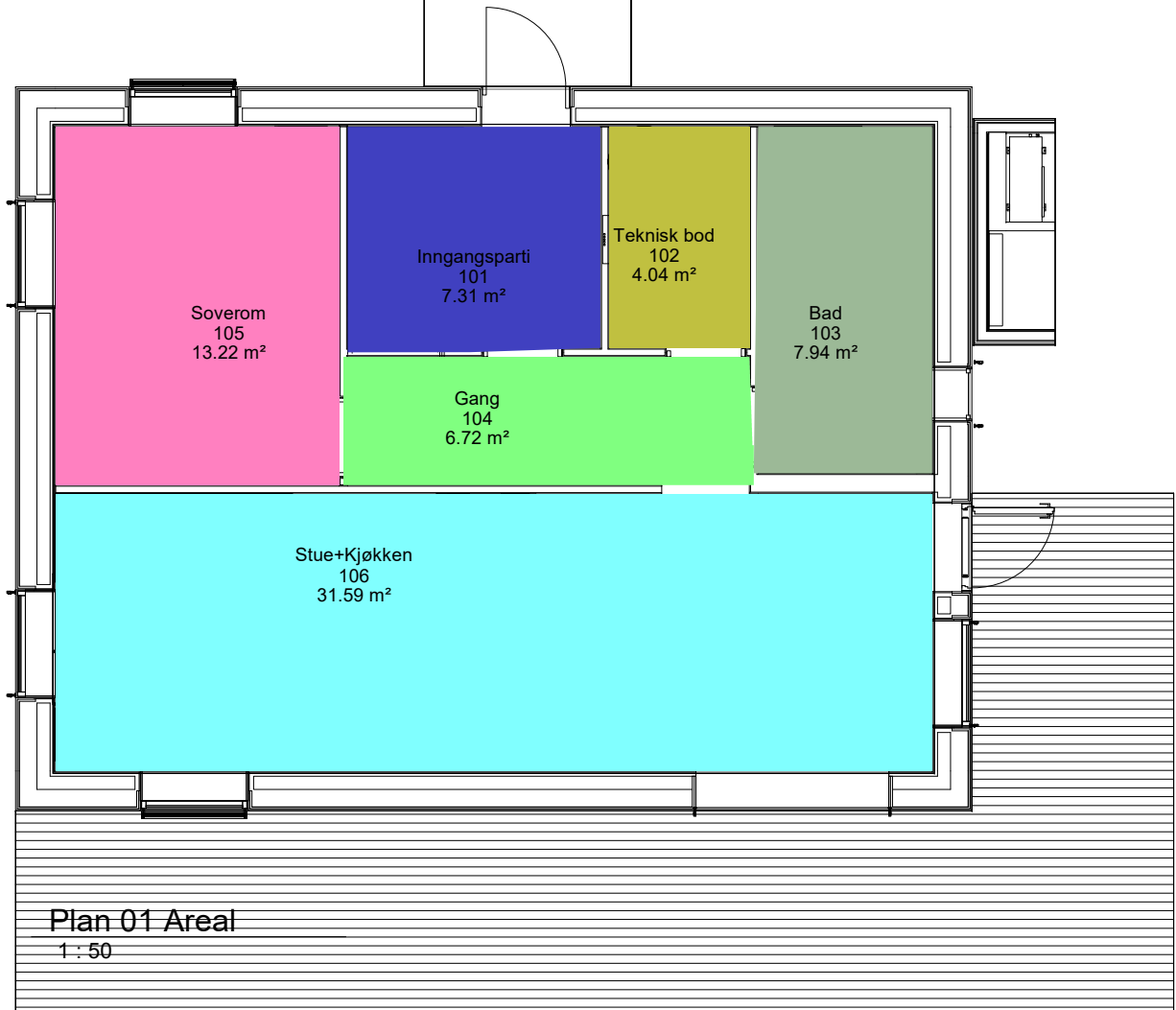
Project number	1	A4
Date	15.05.2019	
Drawn by	Egor Rørvik	Scale
Checked by	Checker	
		1 : 50

18.05.2019 11:13.04



Tak
1 : 100

Areal-plan 1 & 2



Room Legend

- Bad
- Gang
- Inngangsparti
- Soverom
- Stue+Kjøkken
- Teknisk bod

Plan 01 Areal
1 : 50

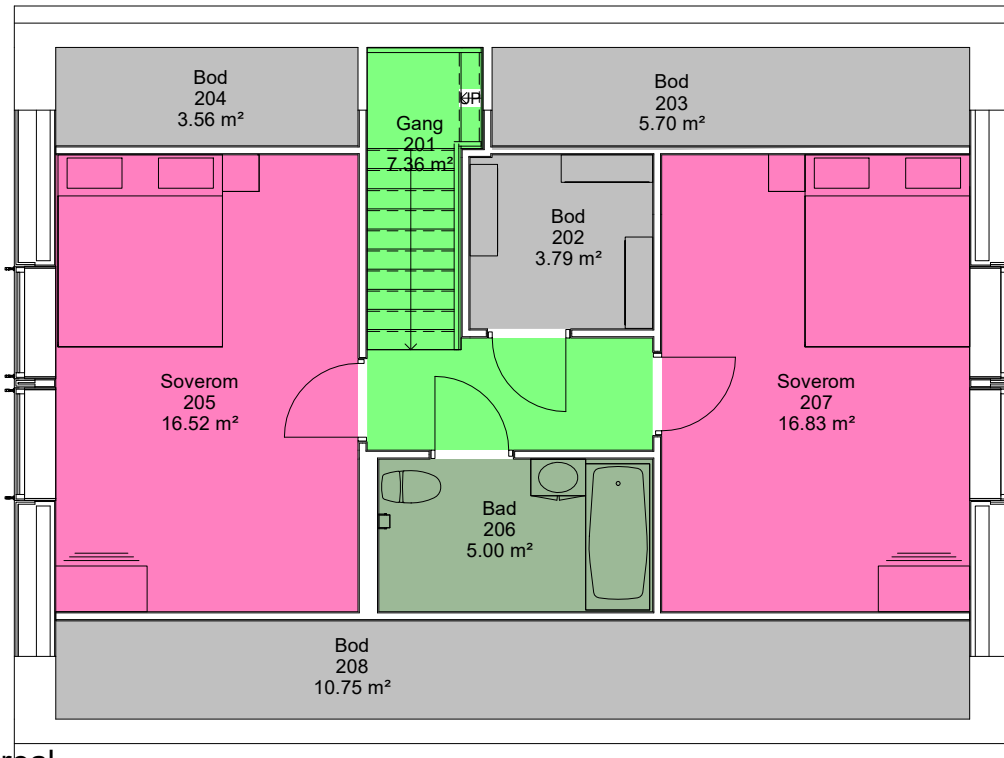


Prosjektnavn

Areal 01 Plan

Project number	Prosjektnummer	A2
Date	Dato	
Drawn by	Author	Scale
Checked by	Checker	

1 : 50



Room Legend

- Bad
- Bod
- Gang
- Soverom

Plan 02 Areal

1 : 50



Prosjektnavn

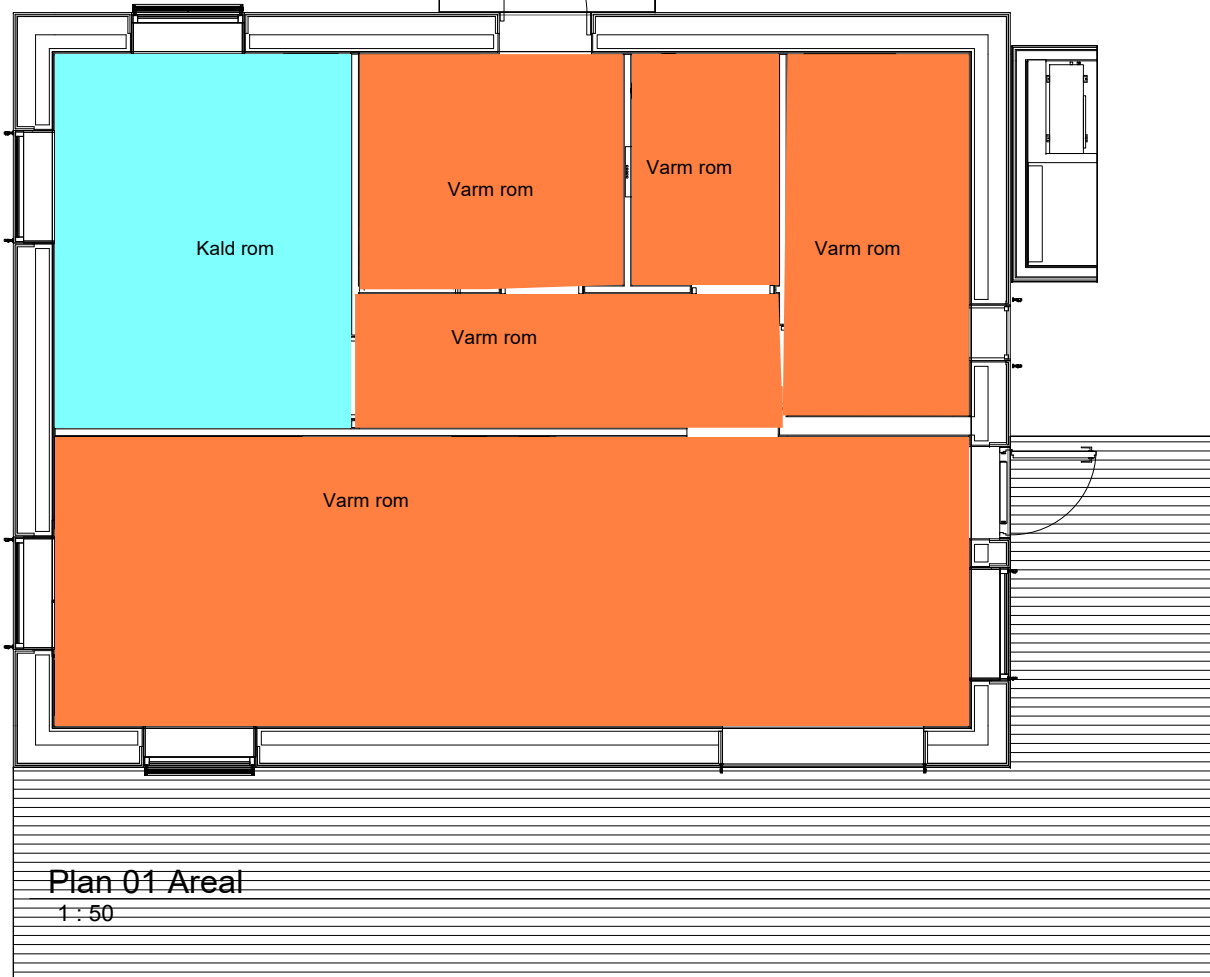
Areal 02 Plan

Project number	Prosjektnummer	A5
Date	Dato	
Drawn by	Author	1 : 50
Checked by	Checker	
Scale		

Varmeflyt

Room Legend

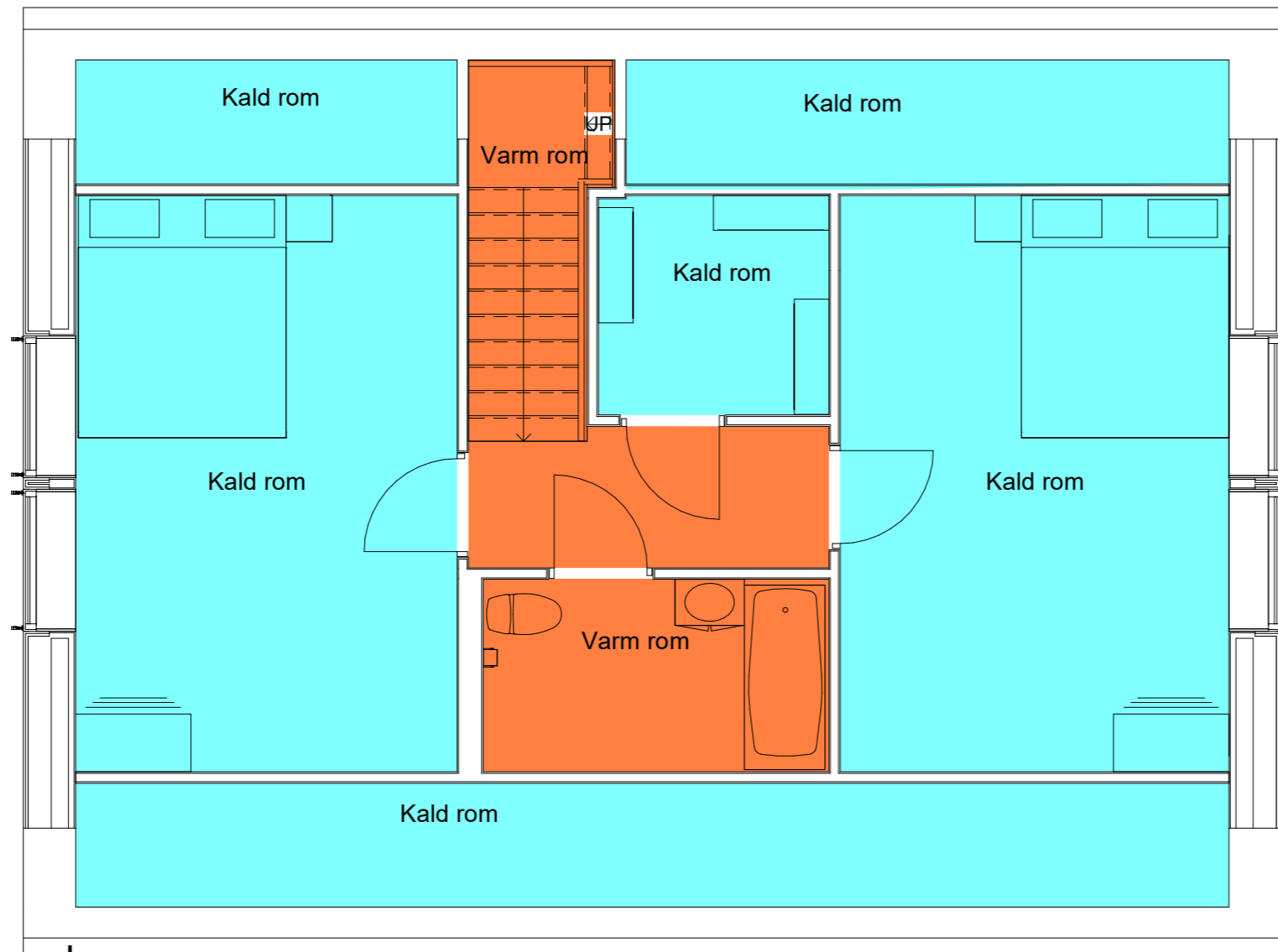
-  Kald rom
-  Varm rom



Plusshus

Areal 01 Varmeflyt

Project number	1	A2
Date	15.05.2019	
Drawn by	Egor Rørvik	
Checked by	Checker	Scale
		1 : 50



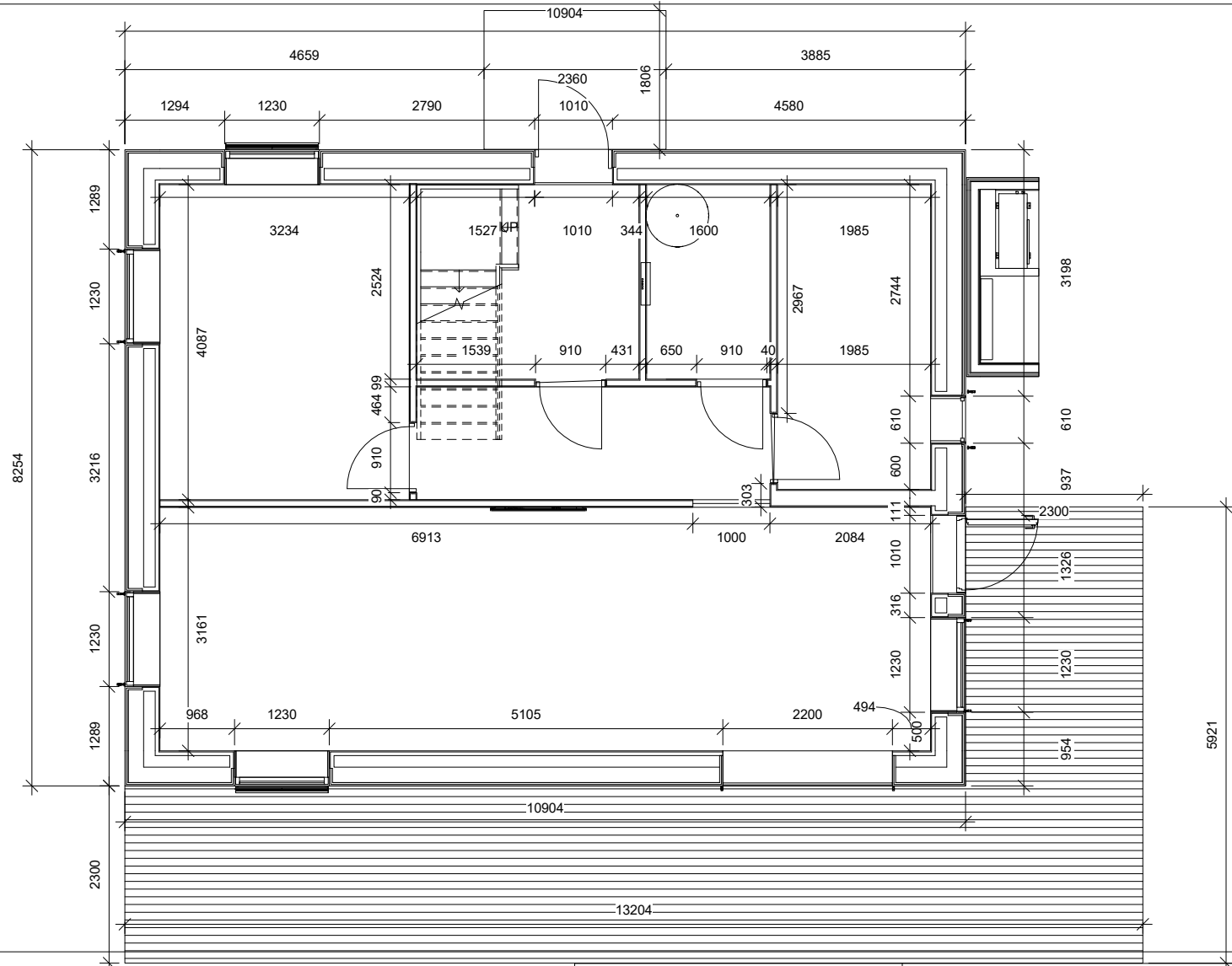
Room Legend

- Kald rom
- Varm rom

Plan 02 Areal
1 : 50

Project number	1	A5
Date	15.05.2019	
Drawn by	Egor Rørvik	Scale
Checked by	Checker	
		1 : 50

Arealmål



Prosjektnavn

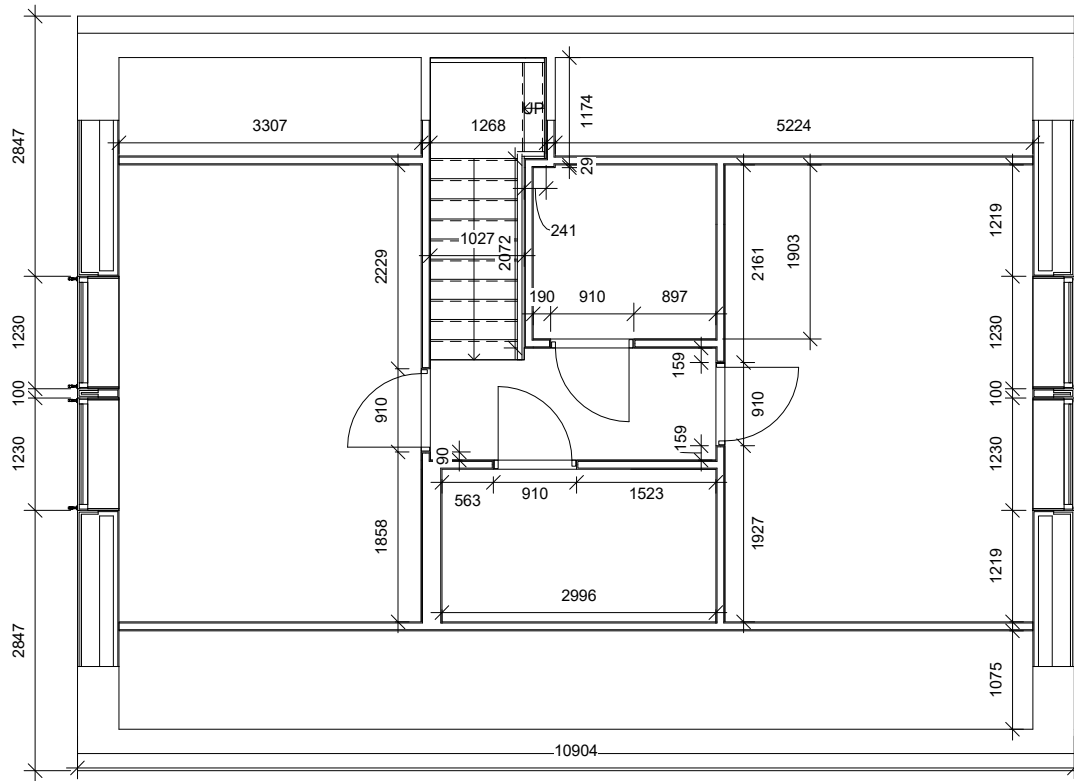
Areal 01 Mål

Project number	Prosjektnummer
Date	Dato
Drawn by	Author
Checked by	Checker

A3

Scale

1 : 50



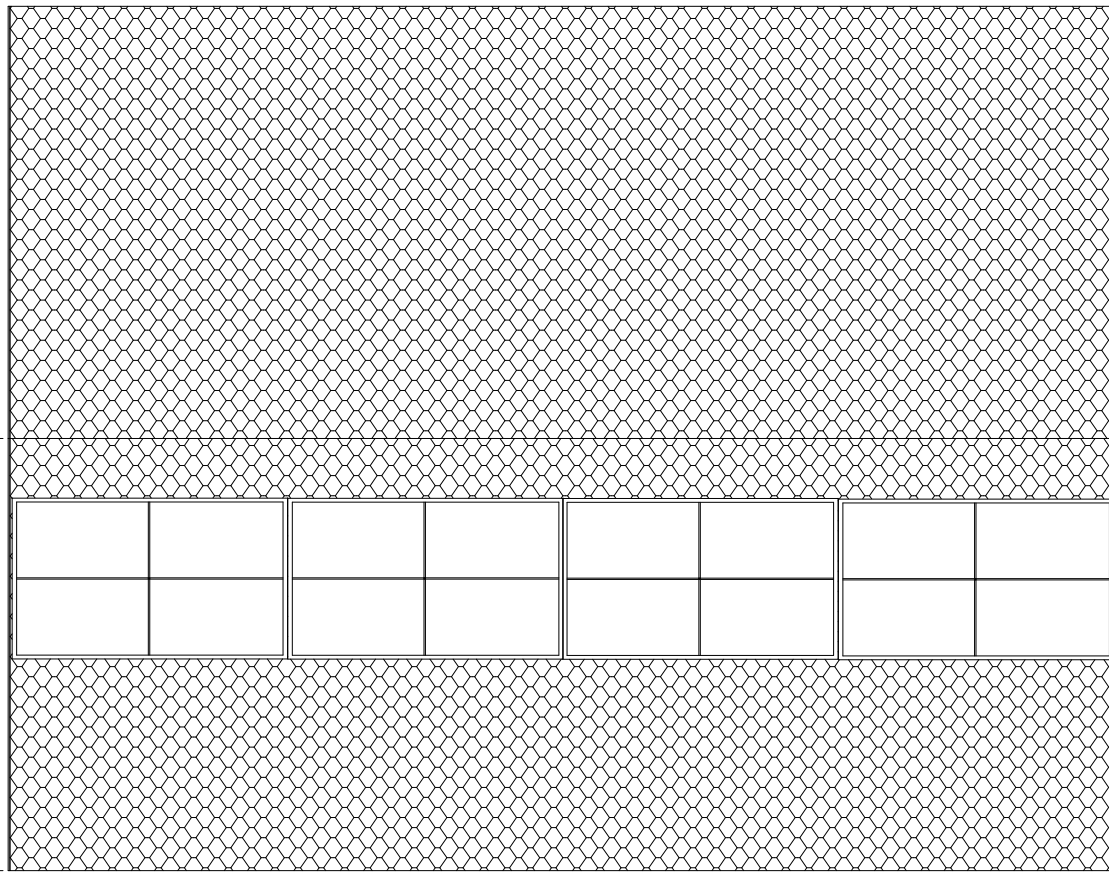
Plan 02 Mål
1 : 50



Prosjektnavn

Areal 02 Mål

Project number	Prosjektnummer	A6
Date	Dato	
Drawn by	Author	Scale
Checked by	Checker	
		1 : 50



Tak Mål
1 : 50

12104

9454



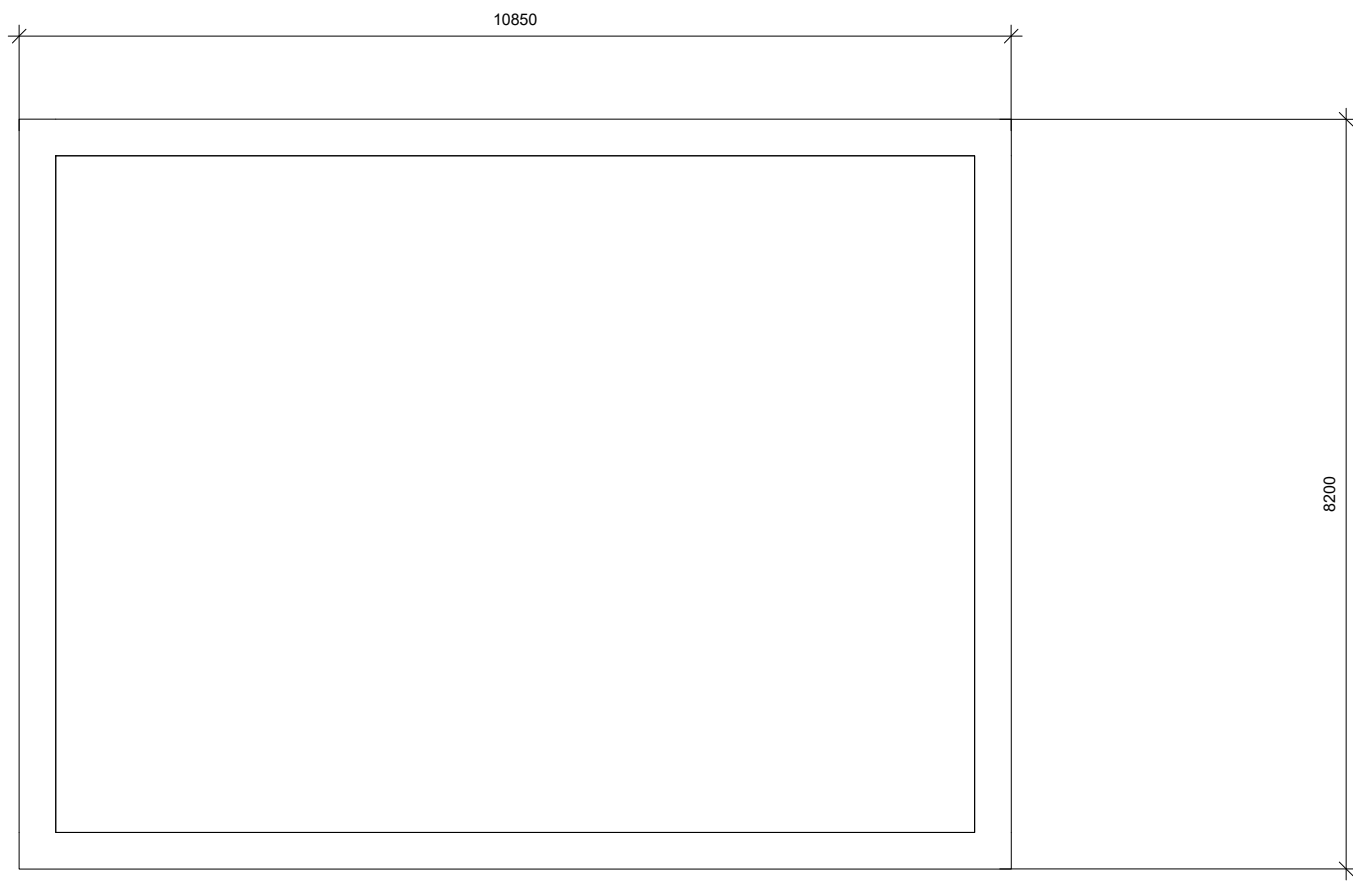
Prosjektnavn

Tak Mål

Project number	Prosjektnummer	A8
Date	Dato	
Drawn by	Author	Scale
Checked by	Checker	

1 : 50

18.05.2019 12.06.41



Fundament Mål

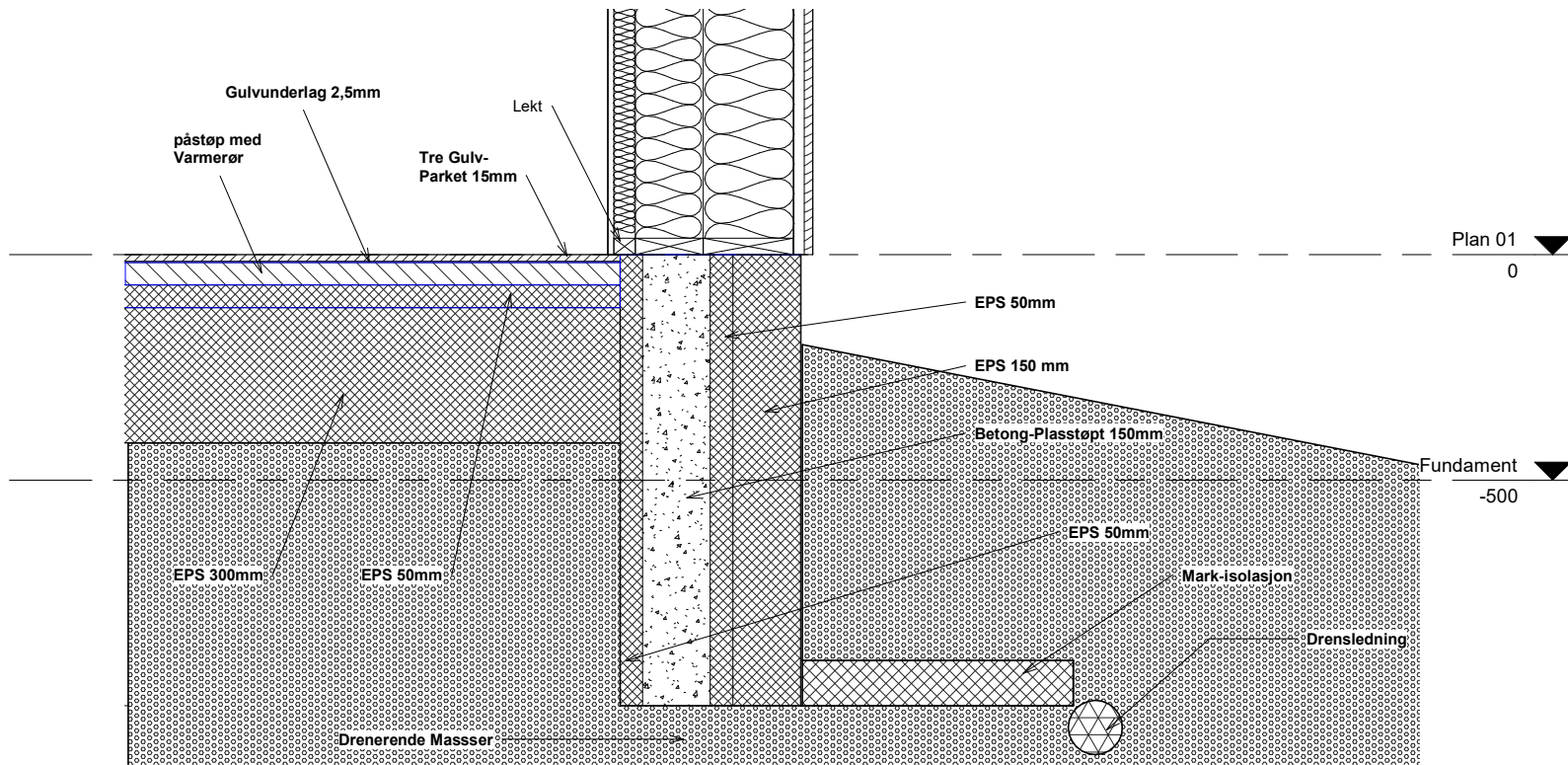
1 : 50



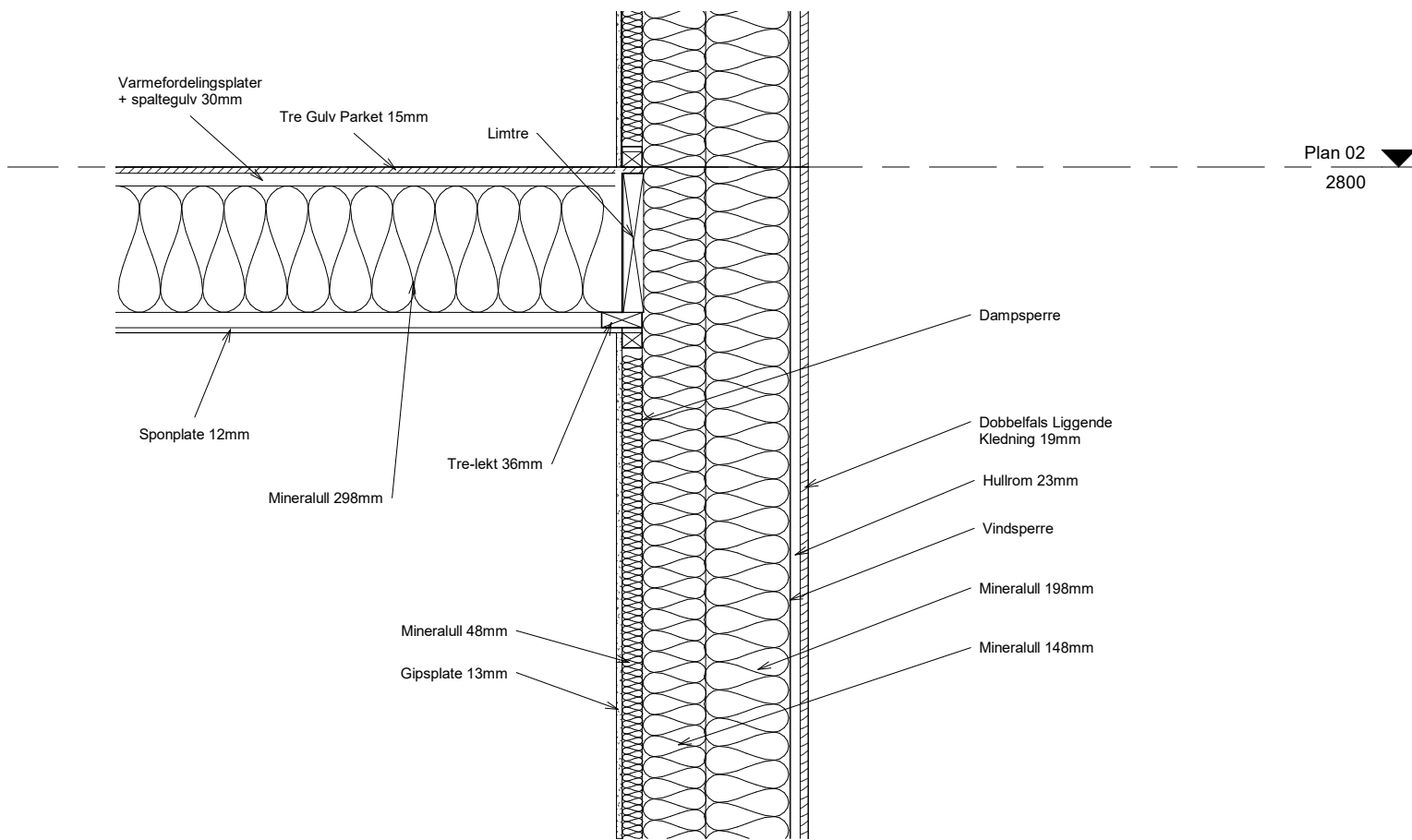
Prosjektnavn		Fundament Mål	
		Project number Date	Prosjektnummer Dato
		A10	
		Drawn by Checked by	Author Checker
		Scale	1 : 50

18.05.2019 12.06.42

Detaljtegninger

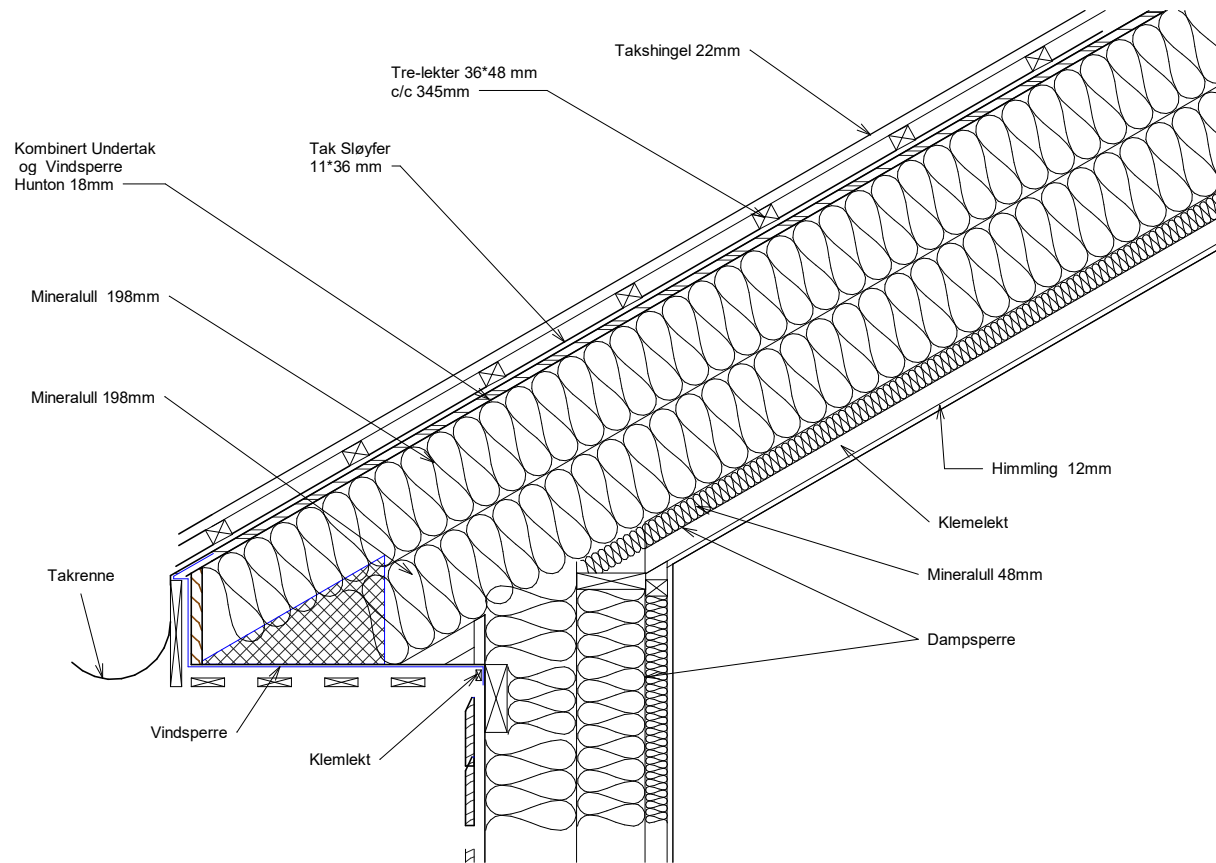


Section 1 - Fundament
1 : 10



Section 1 - Etasjekiller
1 : 10

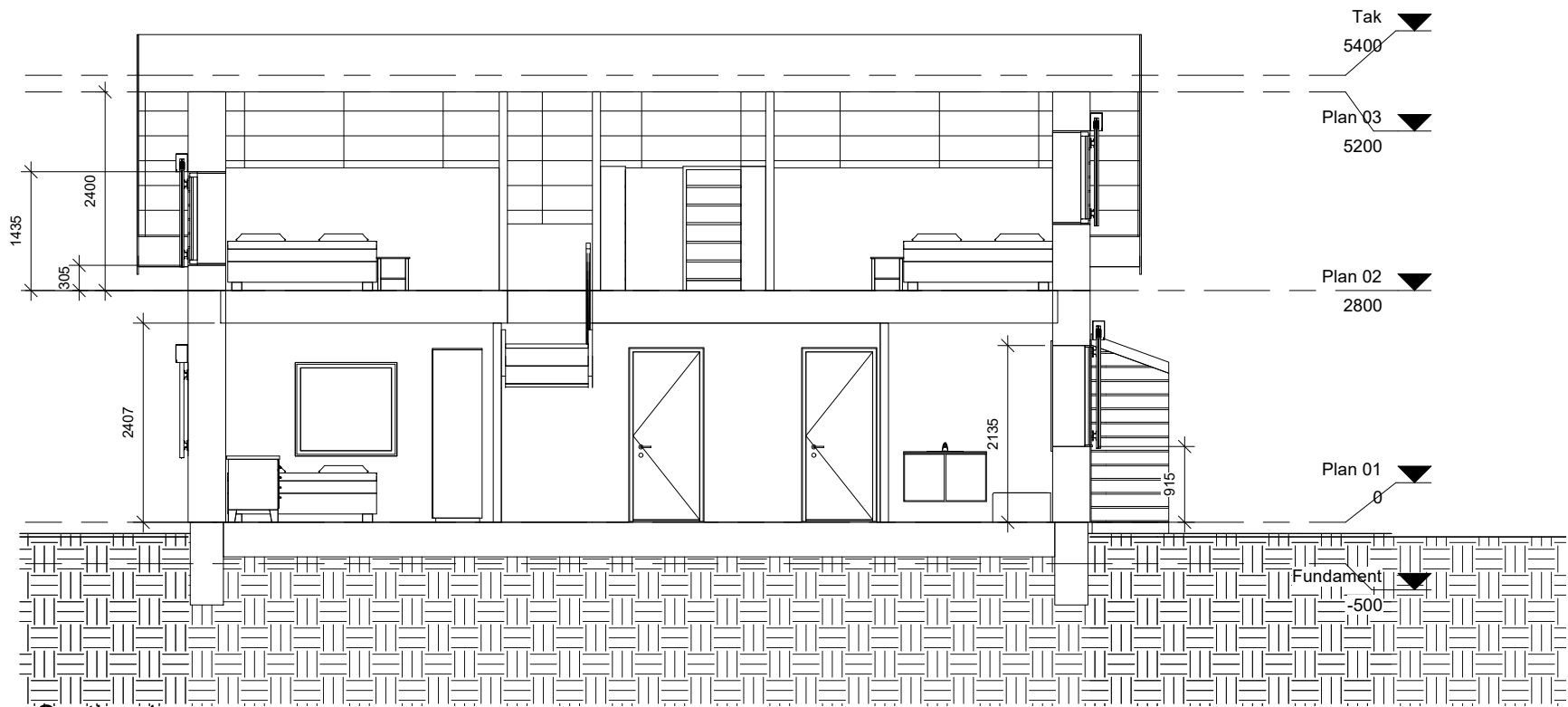
Project number	Prosjektnummer	A3-2
Date	02.05.209	
Drawn by	Yared, Egor og Asgeir	Scale
Checked by	Checker	



Section 1 - Tak
1 : 10

Project number	Prosjektnummer	A3-3
Date	02.05.209	
Drawn by	Yared, Egor og Asgeir	Scale
Checked by	Checker	

Section



Section 1
1 : 50

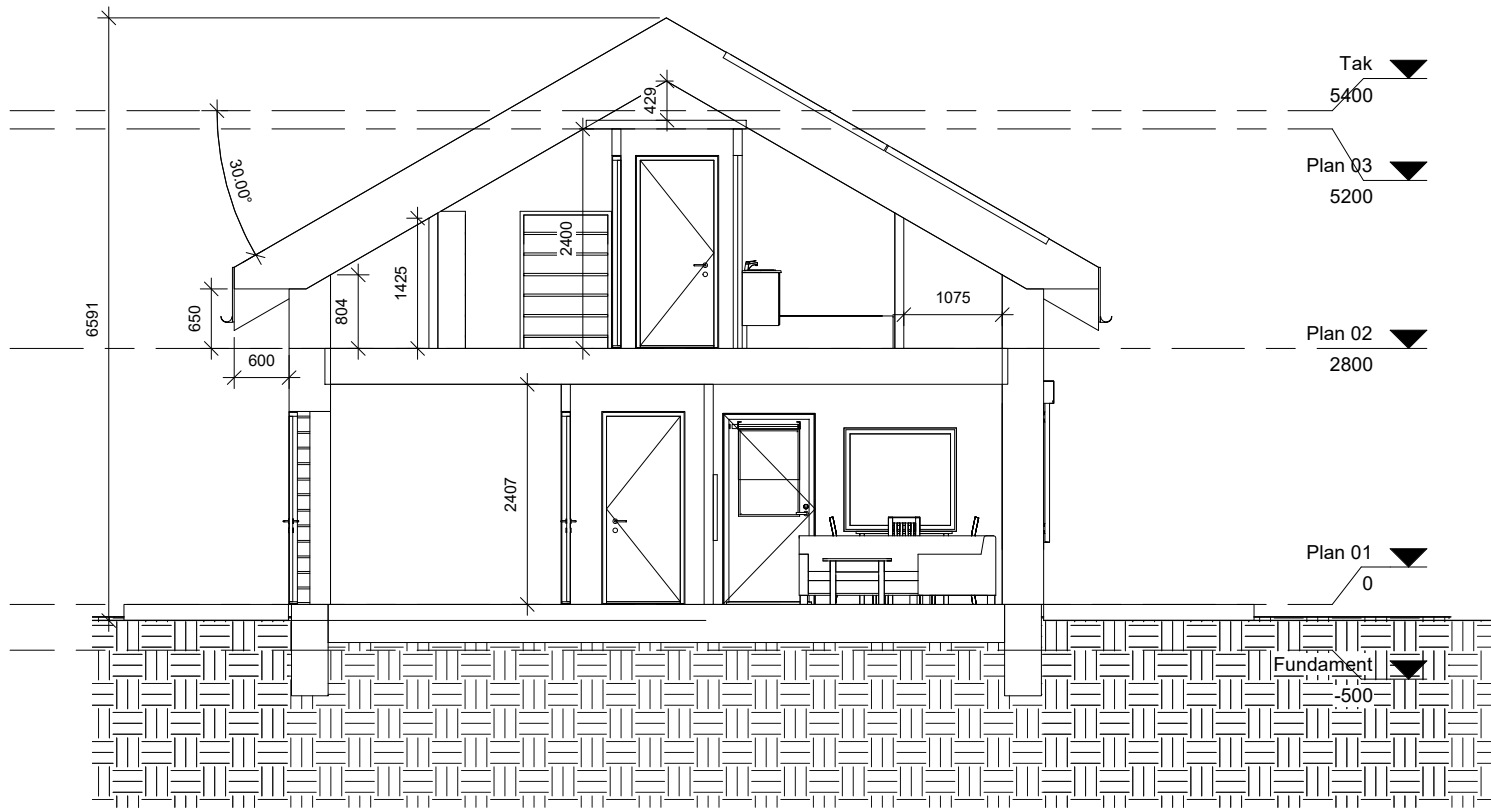


Prosjektnavn

Section 1

Project number	Prosjektnummer	A15
Date	Dato	
Drawn by	Author	Scale
Checked by	Checker	

1 : 50



Section 2
1 : 50



Prosjektnavn

Section 2

Project number	Prosjektnummer	A16
Date	Dato	
Drawn by	Author	Scale
Checked by	Checker	
		1 : 50

Fasade

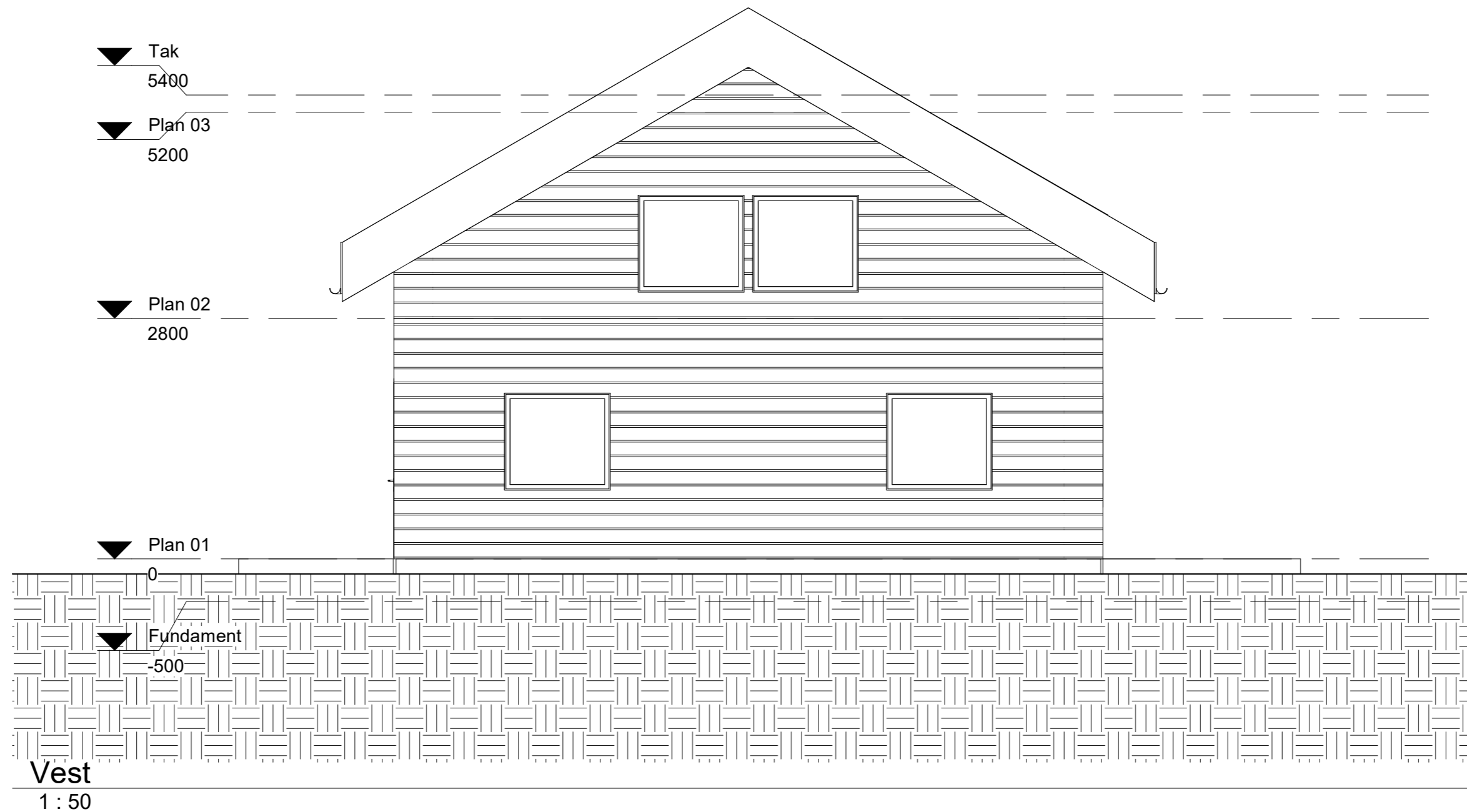


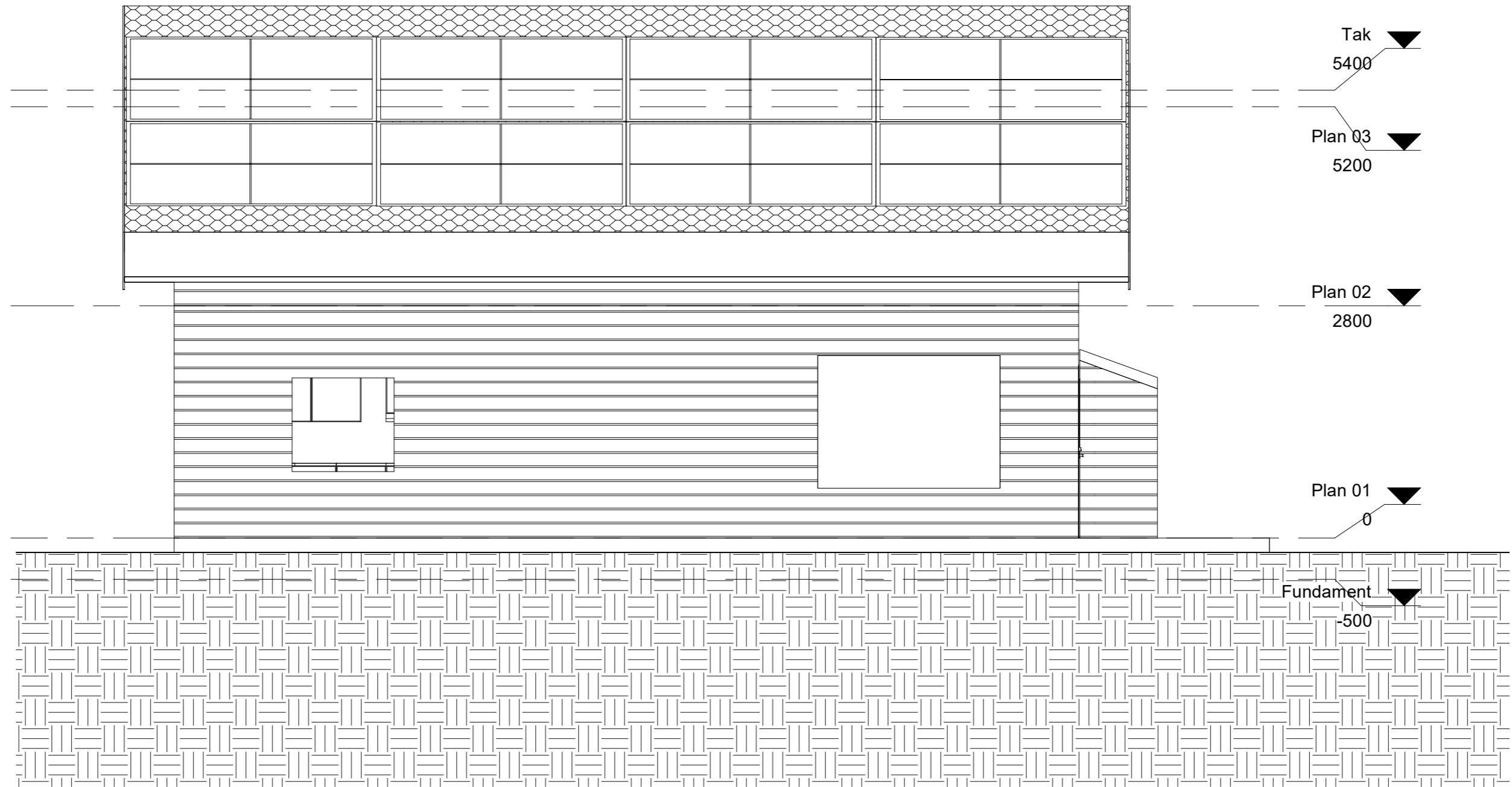
Plusshus

Fasade Øst

Project number	1	A14
Date	15.05.2019	
Drawn by	Egor Rørvik	Scale
Checked by	Checker	

1 : 50





Sør
1 : 50

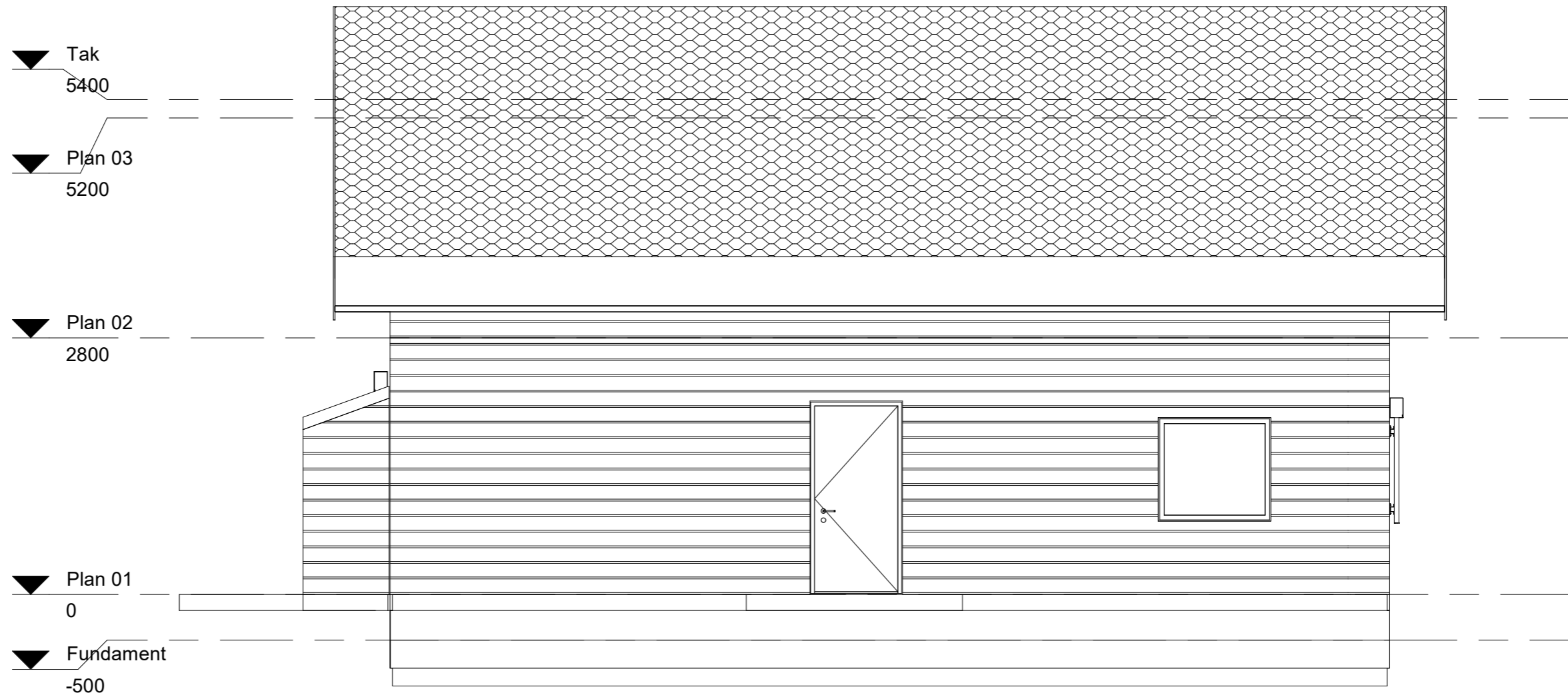


Plusshus

Fasade Sør

Project number	1	A12
Date	15.05.2019	
Drawn by	Egor Rørvik	Scale
Checked by	Checker	
		1 : 50

15.05.2019 17.14.12



Nord
1 : 50



Plusshus

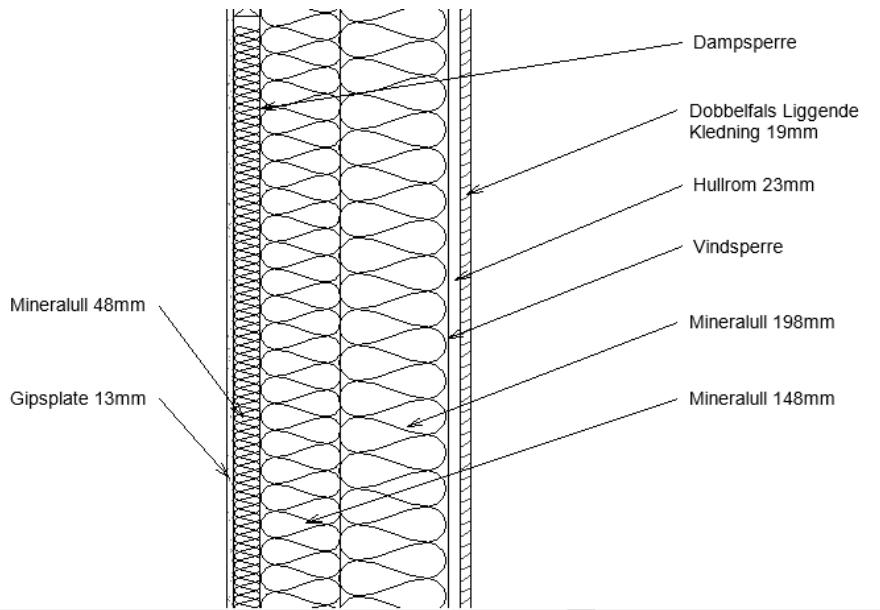
Fasade Nord

Project number	1	A11
Date	15.05.2019	
Drawn by	Egor Rørvik	Scale
Checked by	Checker	
		1 : 50

Vedlegg 4

[wgtxgi i 'w/xgtf k

Beregning av u-verdi



Figur 1 Horisontalsnitt

I For hånd beregningen regnes korreksjon $\Delta U = 0,01 \text{ W/m}^2\text{K}$, mens ROCKWOOL regnes korreksjon $\Delta U = 0 \text{ W/m}^2\text{K}$. Det er fordi med ROCKWOLL det forutsettes nøyaktig montering av bindingsverket og isolasjon med litt større bredde, høyde og tykkelse enn hulrommene.

Korreksjonsnivå	ΔU^* (W/(m ² K))	Beskrivelse av isolasjonssjiktet
0	0,00	Ingen lufttommer i isolasjonen eller mindre lufttommer som ikke har signifikant betydning for U-verdien
1	0,01	Sammenhengende lufttommer mellom varm og kald side av isolasjonen, men uten luftspalter som gir fri luftsirkulasjon mellom varm og kald side av isolasjonen
2	0,04	Sammenhengende lufttommer mellom varm og kald side av isolasjonen, kombinert med luftspalter som gir fri luftsirkulasjon mellom varm og kald side av isolasjonen

Figur 2 Korreksjon for luftåpninger ΔU , i henhold til NS-EN ISO 6946 D.2

Varmeovergangsmotstander i henhold til NS-EN ISO 6946

Overflate	Varmeovergangsmotstand (m ² K/W)		
	Varmestrømsretning		
	Oppover	Horisontalt ¹⁾	Nedover ²⁾
Innvendig (R _{si})	0,10	0,13	0,17
Utvendig (R _{se})	0,04	0,04	0,04
Utvendig, inkludert ventilert kledning	0,10	0,13	0,17

¹⁾ Horisontalt gjelder varmestrømsretninger som ikke avviker mer enn 30° fra horisontalplanet.

²⁾ Brukes også på undersiden av gulvkonstruksjoner mot uoppvarmet/kald kjeller og uventilert kryperom

Figur 3 Standard varmeovergangsmotstand

Øvre grenseverdi

Sjikt	Varmemotstand m^2 K/W Isolasjon felt stenderfelt		Referanse
Ventilert kledning og Utvendig varmemotstand	0,13	0,13	Varmemotstand setts lik R_{si} , Figur 3
Vindsperre	0,03	0,03	
Mineralull $\lambda_d = 0,035$ W/(mK)	10	–	$R = t_1 / \lambda_d$ $R = 0,35\text{mm} / 0,035$ W/(mK)
Limtrestender λ_d $= 0,12$ W/(mK)	–	2,91	$R = 0,35\text{mm} / 0,12$ W/(mK)
Dampsperre	0,03	0,03	
Mineralull $\lambda_d = 0,035$ W/(mK)	1,37	–	$R = t_2 / \lambda_d$ $R = 0,048\text{mm} / 0,035$ W/(mK)
Påføring $\lambda_d = 0,12$ W/(mK)		0,4	$R =$ $0,048\text{mm} / 0,12$ W/(m K)
Gipsplate	0,06	0,06	
Innvending varmeovergangsmot stand	0,13	0,13	Figur 3
Sum	11,75	3,69	
Total varmemotstand	$R_{T\emptyset} = \mathbf{9,31 \text{ m}^2\text{K/W}}$		

Nedre grenseverdi

Sjikt	Varmemotstand m ² K/W	Referanse
Ventilert kledning og	0,13	Figur 3
Vindsperre	0,03	
Mineralull og stender	7.74	$R = \frac{0,35}{0,88 * 0,035 + 0,12 * 0,12}$
Dampsporre	0,03	
Påforing og mineralull	1,06	$R = \frac{0,048}{0,88 * 0,035 + 0,12 * 0,12}$
Gipsplate	0,06	
Innvending varmeovergangsmotstand	0,13	Figur 3
Sum	$R_{Tn} = \underline{\underline{9,18 \text{ m}^2 \text{ K/W}}}$	

Total Varmemotstand $R_t = \frac{1}{2} * (R_{T\emptyset} + R_{Tn}) = \frac{1}{2} * (9,31 + 9,18) = \underline{\underline{9,24 \text{ m}^2 \text{ K/W}}}$

$R_{T\emptyset} = 9,31 \text{ m}^2 \text{ K/W}$

$R_{Tn} = 9,18 \text{ m}^2 \text{ K/W}$

U-verdi: $U = 1/(R_t) + \Delta U$, $R_t = 9,24 \text{ m}^2 \text{ K/W}$ og $\Delta U = 0,01 \text{ W/m}^2\text{K}$

$U = (1/9,24) + 0,01 = 0,108 + 0,01 = \underline{\underline{0,118 \text{ W/m}^2}} = \underline{\underline{0,12 \text{ W/m}^2\text{K}}}$

For hånd beregnet u-verdi: $U = (1/9,24) + 0,01 = 0,108 + 0,01 = \underline{\underline{0,118 \text{ W/m}^2}} \approx \underline{\underline{0,12 \text{ W/m}^2\text{K}}}$

ROCKWOOL Energiprogram $\underline{\underline{U=0,11 \text{ W/m}^2\text{K}}}$

* Om vi setter $\Delta U=0$, vil vi få:

$U = (1/9,24) + 0,0 = 0,108 + 0,0 = 0,108 \approx \underline{\underline{0,11 \text{ W/m}^2\text{K}}}$, med dette får like resultater.

Vedlegg 5

Forprosjektrapport

TITTEL:

Plusshus

KANDIDATNUMMER(E): MANGLER
DELTAGERE I GRUPPEN:

Asgeir Aune Reiten, Yared Okubay og Egor Rørvik

DATO:	EMNEKODE: *	EMNE:	DOKUMENT TILGANG:
01/02/19	IB303312	Bacheloroppgave (Bygg)	- Åpen
STUDIUM:		ANT SIDER/VEDLEGG:	BIBL. NR:
BYGG INGENIØR		/	- Ikke i bruk -

OPPDRAGSGIVER(E)/VEILEDER(E):

Oppdragsgiver: Byggmann, Yngve koppen

Veileder: Terje Tvedt

OPPGAVE/SAMMENDRAG:

Oppgaven vår omhandler plusshus. Et plusshus produserer mer energi enn som går med til å produsere materialer, bygge, drifte og rive huset.

Oppgaven vår fokuserer på om plusshus er lønnsomt allerede i dag, vi skal også lage et konsept-hus som kan gjøre det attraktivt for private kunder.

INNHOLD

INNHOLD

INNHOLD	2
1 INNLEDNING	3
2 BEGREPER	3
3 PROSJEKTORGANISASJON	4
3.1 PROSJEKTGRUPPE.....	4
3.1.1 Oppgaver for prosjektgruppen - organisering.....	4
3.1.2 Oppgaver for prosjektleder.....	4
3.1.3 Oppgaver for sekretær.....	4
3.1.4 Oppgaver for øvrige medlem.....	4
3.2 STYRINGSGRUPPE (VEILEDER OG KONTAKTPERSON OPPDRAGSGIVER).....	4
4 AVTALER	5
4.1 AVTALE MED OPPDRAGSGIVER.....	5
4.2 ARBEIDSSTED OG RESSURSER.....	5
4.3 GRUPPENORMER – SAMARBEIDSREGLER – HOLDNINGER.....	5
5 PROSJEKTBESKRIVELSE	6
5.1 PROBLEMSTILLING - MÅLSETTING - HENSIKT.....	6
5.2 KRAV TIL LØSNING ELLER PROSJEKTRESULTAT – SPESIFIKASJON.....	6
5.3 PLANLAGT FRAMGANGSMÅTE(R) FOR UTVIKLINGSARBEIDET – METODE(R).....	7
5.4 INFORMASJONSINNSAMLING – UTFØRT OG PLANLAGT.....	8
5.5 VURDERING – ANALYSE AV RISIKO.....	9
5.6 HOVEDAKTIVITETER I VIDERE ARBEID.....	9
5.7 FRAMDRIFTSPLAN – STYRING AV PROSJEKTET.....	10
5.7.1 Hovedplan.....	10
5.7.2 Styringshjelpemidler.....	10
5.7.3 Utviklingshjelpemidler.....	10
5.7.4 Intern kontroll – evaluering.....	10
5.8 BESLUTNINGER – BESLUTNINGSPROSESS.....	11
6 DOKUMENTASJON	11
6.1 RAPPORTER OG TEKNISKE DOKUMENTER.....	11
7 PLANLAGTE MØTER OG RAPPORTER	12
7.1 MØTER.....	12
7.1.1 Møter med styringsgruppen.....	12
7.1.2 Prosjektmøter.....	12
7.2 PERIODISKE RAPPORTER.....	12
7.2.1 Framdriftsrapporter (inkl. milepæl).....	12
8 PLANLAGT AVVIKSBEHANDLING	12
9 UTSTYRSBEHOV/FORUTSETNINGER FOR GJENNOMFØRING	13
10 REFERANSER	13
VEDLEGG	13

1 INNLEDNING

Klimaforandringene har blitt et viktig tema i dagens samfunn. Vi har valgt å fokusere på å bidra til det grønne skiftet og vi så etter muligheter innen det private bolig markedet.

Vår oppdragsgiver er Byggmann, som er en av Norges største boligkjeder av frittstående byggefirma. De bygger primært boliger av tre, og har lite erfaring med plusshus og bygg som benytter fornybare energikilder. Vår oppgave omhandler energi tilknyttet bolig, med dette skal vi se på energieffektivitet og fornybar energiproduksjon i Norske forhold, noe som vil være nytt for vår oppdragsgiver og vi ønsker å få dem opplyst om.

2 BEGREPER

- **Plusshus-** Bygg som produserer mer energi i driftsfasen en det som brukes under hele byggets levetid, inkludert oppføring, drift og rivning.
- **Passivhus-** Bygg som er laget for å ha lavere energibehov en dagens standard, utført gjennom passive tiltak som ekstra god isolasjon, ekstra gode vinduer, ekstra god tetthet og varmegjenvinning.
- **Lavenergibolig-** Bolig med et samlet energibehov som ligger under halvparten av gjennomsnittlig energiforbruk for norske boliger, dvs. lavere enn 100 kWh/m² per år
- **Varmegjenvinning-** Bruker varmen som allerede er i bygget til å varme det opp, som å bruke varm.
- **TEK-** Teknisk forskrift.
- **Oppdragsgiver-** Person/firma som gir noen oppdrag.
- **Prosjekt-** Et prosjekt er et tiltak som har et avgrenset omfang, og gjennomføres en gang for å nå et gitt mål innenfor en gitt tids- og ressursramme.

3 PROSJEKTORGANISASJON

3.1 Prosjektgruppe

Studentnummer(e)
Asgeir Reiten: 476490
Yared Okubay: 476150
Egor Rørvik: 460261

3.1.1 Oppgaver for prosjektgruppen - organisering

Prosjektleder- Asgeir Aune Reiten

Sekretær- Egor Rørvik

Øvrig medlem- Yared Okubay

3.1.2 Oppgaver for prosjektleder

- Angi mål, sette milepæler, delmål og beslutningspunkt.
- Løse konflikter, ta avgjørelser
- Holde kommunikasjonen i gang, holde flyt i arbeidet
- Holde gruppen strukturert og ansvarlig

3.1.3 Oppgaver for sekretær

- Avtale møter og holde kommunikasjon med oppdragsgiver(Byggmann).
- Være kontaktperson.
- Kontakte bedrifter om informasjon.

3.1.4 Oppgaver for øvrige medlem

- Møte opp til avtalt tid.
- Holde seg selv disiplinert og delta.
- Samle informasjon.
- Være fleksibel

3.2 Styringsgruppe (veileder og kontaktperson oppdragsgiver)

Kontaktperson hos Byggman- Yngve Koppen, Teknisk sjef, tlf: 959 91 457

email: yk@byggmann.no

Veileder ved NTNU- Terje Tvedt, Universitetslektor, tlf: 70161275

email: terje.tvedt@ntnu.no

4 AVTALER

4.1 Avtale med oppdragsgiver

4.2 Arbeidssted og ressurser

- Vi har ikke noe avtalt arbeidsplass med oppdragsgiver, men skal internt i gruppa bestemme møtested, enten på skolen eller over nett.
- Byggmann har tilbudt å forsyne oss med tilgjengelige ressurser, som hus tegninger, dokumenter og prosjektkostnader.
- Vi har en kontaktperson tilgjengelig i Byggmann- Yngve Koppen.
- Prosjektkostnader og diverse detalj tegninger vi får med Byggmann skal holdes i lukket krets.
- Det skal periodisk rapporteres annen hver uke, hvor erfaringer og framgang skal noteres, samt mål og fokus for neste periode.

4.3 Gruppenormer – samarbeidsregler – holdninger

I gruppa vår skal det være et fokus rundt å holde hverandre pålitelige, som innebærer å møte opp til rett tid når det er avtalt, ikke spore av når det skal arbeides og arbeide på egenhånd når det skal til. Det er planlagt å arbeide sammen minimum 3 dager uken, og da skal det møtes enten fysisk eller over nett, siden vi har opplevd at det mest effektive er å forholde seg til hverandre for å holde både seg selv og de andre i gruppa disiplinert.

Gjennom denne oppgaven håper vi å få oppnådd god evne til å kommunisere og samarbeide med andre i prosjektsammenheng, god evne til å ta ansvar. Vi skal få innsikt i hvordan prosjekt blir utført og hvordan det er å forholde seg selv til en oppdragsgiver og deres krav og ønsker.

5 PROSJEKTBEKRIVELSE

5.1 *Problemstilling - målsetting - hensikt*

Hoved problemstillingen vår er å finne ut om plusshus er lønnsomt i norske forhold med økonomi og energi i betraktning. Vi skal også undersøke lønnsomhet når det gjelder renovering av eldre bygg, den delen tar vi dersom vi har tid til overs. Vi skal lage et konsept-hus som kan gjøre plusshus attraktivt for private kunder.

Samfunns mål:

Spre oppmerksomhet rundt privatbruk av fornybar energiproduksjon.

Utvikle samfunnet i en mer miljøvennlig retning.

Gjøre det mer attraktivt å bidra til det grønnere skiftet.

Effekt mål:

Effekt målet er at brukere vil spare penger på strømregninger og bidra til en grønnere fremtid.

Resultat mål:

Plusshuset skal ha minst 2 alternative energi kilder og skal ha en bygningskropp som tar utgangspunktet i passivhus-standarden der det er mulig og lavenergibygg der det ikke er.

5.2 *Krav til løsning eller prosjektresultat – spesifikasjon*

Plusshuset vårt skal ha minst 2 alternative energi kilder og skal ha gode isolerings egenskaper. Alt dimensjoneres etter TEK17, men vi skal spekulere på neste TEK også.

Egenskaper og funksjonelle krav:

- Styringssystem for lys, oppvarming, solskjerming og ventilasjon
- Energibesparende installasjoner
- Utnytte solenergien og sollyset
- Plassering av huset i forhold til vind retning og sol retning
- Takvinkel for maksimal utnyttelse av sola
- De fleste vindu og varmekrevende rom bør vende mot sør
- Effektiv solskjerming i den varme årstiden

- Effektiv varmegjenvinning av avtrekksluft og avløpsvann fra vask, dusj og vaskemaskin.
- Ventilasjonsanlegget må utformes med korte luftføringsveier og lite trykkfall for å unngå støyproblemer og høyt energiforbruk til vifter
- Passivhus dører og vinduer (Superisolerte vinduer og dører)
- Minimalt med kuldebroer og luftlekkasjer
- Godt ventilasjonsanlegg som kompenserer for dårlig luft som kan oppstå i et passivhus

Vår ferdige oppgave skal komme med opplysende argument for plusshus, samt drøfte negative og positive aspekter med plusshus. Samtidig komme med et konsept av et plusshus som kan fungere i norsk klima og få opplyst vår oppdragsgiver Byggmann om hvilke fordeler plusshus har ovenfor en vanlig lavenergi bolig.

5.3 Planlagt framgangsmåte(r) for utviklingsarbeidet – metode(r)

1) Prosjektidentifisering:

- **Prosjektevaluering**

Her skal vi evaluere prosjektet, kaste tanker og skissere grovt hele prosjektet

- **Mulighetsstudie**

I denne fasen undersøker vi forskjellige løsninger og tekniske muligheter. Vi skal snakke med bedrifter og leverandører og prøve å finne ut mest mulig informasjon.

- **Prosjektutvikling**

Finne beste løsninger ut ifra hva vi har sett på og komme med forslag til videre fremgangsmåte.

2) Prosjektdefinering

- **Konseptdefinering**

Få inn tegninger og spesifikasjoner på de ulike produkter vi har tenkt å bruke.

Få oversikt over strømpriser, subsidier og ulike ordninger med salg av strøm til hovednettet.

- **Prosjektdefinering**

Lage en konkret gjennomføringsplan og dele opp oppgavene.

3) Prosjektgjennomføring

- **Detaljprosjektering**

Lage en prototype av huset med alle alternative energikilder i tegningene. Lage detalj tegninger av ulike deler av huset, koblinger, overganger og ventilasjonsanlegget.

- **Økonomi**

Gjøre en økonomisk analyse av bygningsfasen, driftsfasen, vedlikeholdsfasen og rivingsfasen.

- **Konklusjon**

Å konkludere om plusshus er lønnsomt/ikke lønnsomt i norske forhold og drøfte årsaker. Ta i betraktning hvilken retning utviklingen går i, fornybar energi er fremtiden, mens ikke fornybar energi vil det bli mindre av.

Vi ser at prosjektidentifiserings fase kan ta ganske lang tid dersom vi ikke koordinerer nok mellom oss. Vi skal ha klare målsetninger og prøve å skape et felles syn på prosjektet.

5.4 Informasjonsinnsamling – utført og planlagt

Utført:

- **Zero Rapport-** September 2009, Kaja Nordby
Her fant vi ut en del om plusshus kunne utføres i Norge og hvorfor det er var så få av dem i 2009
- **Powerhouse Drøbak Montessori ungdomsskole:** som er Norges mest miljøvennlige skole og den vil i over livsløpet produsere mer energi enn den bruker. På denne bygningen, orienterte de solskiven rett mot sør med en helning på 33 grader for å oppnå maksimal effekt av solcellene
- **Powerhouse Brattørkaia:** Bygning ble konstruert svært tett med lite behov for oppvarming og med god ventilasjon.

Planlagt:

- Å kontakte entreprenører som har allerede bygd plusshus, samtidig leverandører av materialer, produkter (vindturbiner, solceller og solfangere)

5.5 Vurdering – analyse av risiko

Dette er et ganske stort prosjekt som er to-delt. Begge delene vil ta oss lang tid å gjennomføre og i tillegg velger vi å se på renovering av eldre bygg. Det kan være at vi blir nødt til å begrense prosjektet etter hvert som vi får en bedre oversikt over hele prosjektets omfang.

For å lykkes med de to hoved målene må vi ta dette prosjektet seriøst og gi den første prioritering. Trusler mot suksessen vår vil være nettopp feilprioritering og dårlig bruk av tiden.

Vi har lest mye fra forskjellige kilder på nett og et risikoelement vi har møtt på er at det er litt begrenset med stoff å ta fra hvor temaet er utdypet som er publisert i nyere tid, noe som kan føre til at vi leser kilder etter eldre standarder, noe som kan påvirke vårt prosjekt i tidligere faser til vi får utdypet oss i hvilket krav og standarder som gjelder den dag i dag. Begrenset mengde kilder kan også forårsake vansker med å løsrive seg og vansker med å ha et upolitisk syn, f.eks når man leser en forskningsartikkel så vil den ofte ha en agenda.

Andre risikoelement som ikke skal dreies ut om kan være: feil ved beregninger (økonomi, energi) som kan komme av unøyaktige tall eller antagelser på verdier, vi prøver oss på å få med mest mulig informasjon i rapporten så vi får dårlig tid til å utdype oss i det mest sentrale.

5.6 Hovedaktiviteter i videre arbeid

Hovedaktivitet

- Modulere plusshus i forhold til dagens lover og forskrifter.
- Gjøre en økonomisk analyse.

Delaktiviteter

- Informasjonsinnsamling
- Få tak i ArchiCad/ Lære ArchiCad
- Sammenligne eksisterende plusshus i Norge og i andre europeiske land.

Vi har ikke utarbeidet et gant diagram for videre arbeid for dette øyeblikket.

5.7 Framdriftsplan – styring av prosjektet

5.7.1 Hovedplan

Vi har ennå ikke definert hva vi skal fokusere på, men noe det skal være fokus på i denne oppgaven er økonomi, på lang sikt hvordan vil en vanlig bolig sammenligne seg med et pluss-hus, tatt strømpriser i betraktning. Noen andre økonomi relevante betraktninger er at det vil være dyrere å oppføre et pluss hus, i Norge er det ikke gode støtteordninger for pluss-hus derfor må man transformere spenningen opp til nettspenningen dersom man skal få levert strøm på strømmettet.

Et annet fokus er klimautslipp og energi som går med i produksjonen i byggematerialer, inneklimate i bygg med kropp av passivhus, som har preg av dårligere luft grunnet tettheten i bygget, må også vurdere hvilke energireducerende tiltak som burde bli utført. Hvilket energikilder som er mest lønnsomme og hvordan disse kan utnyttes. Milepæler og oppgaver er noe som vil bli utdelt fortløpende.

5.7.2 Styringshjelpemidler

Vi planlegger å rett legge oss etter milepæler som blir bestemt grovt etter vi har fått bestemt nærmere hva vi skal fokusere på etter vi har fått samlet litt informasjon og ideer og dannet en oversikt over dem. Milepelene vil bli alternert fortløpende etter vi har fått arbeidet etter behov. Milepelene, fokus og timer vil bli vist i et gant diagram når vi har fått lagd det.

5.7.3 Utviklingshjelpemidler

- Gant-diagram
- ArchiCad
- EUROCODEexpress
- Revit
- Kildeprogram Zotero

5.7.4 Intern kontroll – evaluering

Vi skal ha rutiner i prosjekt gjennomføringen vår som skal gjøre det enklere å oppdage våre svakheter. Vi skal skrive rapport annen hver uke og snakke med veilederen vår

dersom vi sitter fast eller det dukker opp noen fremdrifts vansker. Vi skal snakke med erfarne folk som kan hjelpe oss med struktur og framdrift dersom vi sliter.

Vi kan dele opp interne kontroller i langsiktige milepæler og kortsiktige.

For å skille bedre når et mål eller milepæler er nådd må vi ordne en fremdrifts struktur der vi setter opp kortsiktige og langsiktige milepæler og mål.

5.8 Beslutninger – beslutningsprosess

Vi har individuelt samlet informasjon under arbeidet med forprosjektet og avgjort felles ut ifra den utdypningen vi har fått i temaet hva vi burde fokusere på og hva som er relevant og mindre relevant for vår oppgave. Vår oppgave er ennå ikke fullt presisert, men vi har en oversikt over mye som vi potensielt kan betrakte.

Videre skal vi arbeide felles, som vi har tatt fra erfaring at det er den beste måten å arbeide på. Fremtidige beslutninger vil bli tatt ut ifra felles interesser og en felles refleksjon over hva som er oppnådd og hva som skal oppnås.

6 DOKUMENTASJON

6.1 Rapporter og tekniske dokumenter

Vårt arbeid skal bli utført som en rapport på Word, og en teknisk tegning skal bli tegnet på Revit (ArchiCad?) og presentert på pdf. Vi skal danne oss gode rutiner og holde oss strukturert med en timeplan over hvilke dager vi skal møtes, og milepæler vi her i dette semesteret. Vi skal få bedre definerte rammer rundt prosjektet etter vi har fått samlet mer informasjon og planlagt framgang med selve oppgaven. Det skal komme med et Gant-diagram ved en senere framdriftsrapport.

Vi skal utføre en prototype av et pluss hus som skal være i samsvar med standarder og TEK 17. Vi skal prøve å få tilgang til informasjon til TEK 20 hos Byggmann for å se hvilket krav som gjelder der. Vi skal oppbevare våre dokumenter på nett så vi har liten risiko for å miste framgang.

7 PLANLAGTE MØTER OG RAPPORTER

7.1 Møter

7.1.1 Møter med styringsgruppen

Vi har ikke planlagt møte med oppdragsgiver, men vi har gitt de mulighet til å kontakte oss, og har planer om å høre med de om informasjon om TEK 20, informasjon om generelle kostnader og tegninger av bygg. Det vil bli et møte i nær framtid.

7.1.2 Prosjektmøter

Vi har som mål å møtes minimum 3 ganger i uken, og absolutt minimum er å dra etter 4 timer, vi har erfart det at innsatsen er best når vi forholder oss til andre, noe som øker selvtilliten til medlemmene i gruppa også. Siden Byggmann ikke har noe lokale å tilby oss for jobbing vil det skje enten over nett eller på skolen, noe som er blitt komplisert ettersom biblioteket og lesesalen er nå ute av drift.

7.2 Periodiske rapporter

7.2.1 Framdriftsrapporter (inkl. milepæl)

Vi skal få dannet oss gode rammer rundt prosjektet, noe som vi føler er bedre å gjøre etter vi har samlet rikelig med tilgjengelig informasjon. Vi har planer om å danne oss en framdriftsplan ved form av et gant-diagram på Excel. Vi planlegger å bruke minimum 15 timer hver på arbeid i løpet av uke 6 og levere vår første framdriftsrapport ved slutten av uka i form av et Word-dokument, hvor aktiviteter, problemer og innsats er notert, og hvor vi drøfter videre fokus og aktiviteter.

8 PLANLAGT AVVIKSBEHANDLING

Dersom vi ikke har ønsket framdrift, milepæler ikke har blitt nådd, vil det være nødvendig med økt innsats og kanskje et nytt perspektiv dersom dette er noe ansvarsrelatert. Dersom mangelen er på grunn av for dårlig innsats skal det tas opp i gruppa, ettersom denne oppgaven er en samlet innsats hvor alle sammen holdes ansvarlige.

9 UTSTYRSBEHOV/FORUTSETNINGER FOR GJENNOMFØRING

- **ArchiCad-** Vi ønsker å bruke ArchiCad til tegning av huset fordi de har alle produkter i ArchiCad database.
- **EUROCODE-express-** Den skal vi bruke ved beregningen av bærende bjelker og søyler/vegger.
- **Interne kostnadsberegninger**
- **Hustegninger**

10 REFERANSER

VEDLEGG

Fant ikke forfatter eller siste redaksjonsdata hentet om Byggmann

<https://www.byggmann.no/?fbclid=IwAR2TfjvxuB0ReccML8rMelhvNBwhN4vFbkNCOPniNeRDmsOup5-mcYuJN4> Lest 30.01.2019

Kaja Nordby, September 2009:

<https://zero.no/wp-content/uploads/2016/05/plusshus.pdf?fbclid=IwAR0ZwLFaSRYC8NmvchBDCzPbbOrwZx1X76veEhcTkKQF5B7RJM5536nwL9o> Lest 25.01.2019

Fant ikke forfatter eller siste redaksjonsdata hentet om Powerhouse

<https://www.powerhouse.no/prosjekter/> lest 01.02.2019

Rolstadås, Olsson, Johansen og Langlo, 2014, "Praktisk prosjektledelse"

<https://www.tu.no/artikler/hvordan-gjore-energisluk-til-plusshus/231179> Lest 28.01.2019

Odd Richard Valmot, 13.07.2014 <https://www.tu.no/artikler/hvordan-gjore-energisluk-til-plusshus/231179> Lest

Vedlegg 6

Framdriftsplan

Framdriftsplan

Frister

Til slutten av uke 12 skal det være ferdig utdypet om tiltak med støtte fra enova, beregninger med tall ikke det viktigste. Oversikt over hvilke tiltak det er og hvor mye de gir i støtte.

Til slutten av uke 13 skal være utdypet om fordeler og ulemper om energireducerende tiltak i boligbygg. Se på hvordan en kan oppnå passivhusstandard om det er ønsket. Beregn U-verdier.

Til slutten av Uke 14 skal det være utdypet om Fornybare energikilder. Ca beregninger av kWh produsert. Skal bruke kunnskapen vi har plukket opp til å velge et ideelt hus fra Byggmans katalog og får tilsendt tegninger og spesifikasjoner av det på møtet.

Skal avtale møte med Bygghmann i uke 15.

Til slutten av Uke 16 skal det være ferdig tegnet en prototype av et plusshus med tiltakene satt inn (eks ekstra isolasjon, vannbåren varme, avtrekksvarmepumpe, solceller)

Pågående

Skal også pågående skrives på selve oppgaven, få oversikt over strukturen av den. Skal fortsette å definere et forsøk beskrevet til Hans Christian. Målet med forsøket er å se hva vinkelen på solcelle betyr for strømmen de produserer, også hva det vil si om du ser kobler eller parallellkobler. Om det er å få til vil vi gjerne skaffe oss ett pyranometer og se hvor stor effekt per m² solcellene mottar fra sollyset.

Skal fortløpende kostnads estimere, få en oversikt over budsjett til slutten av uke 15. Dette skal inkludere støtte for tiltak(enova), kostnad av tiltak, kostnad for strøm brukt og spart(oppvarming) og oversikt over strøm produsert.