

UNIVERSITETET FOR MILJØ- OG BIOVITENSKAP





## Forord

Dette arbeidet er den avsluttende oppgaven på min mastergrad i Byggeteknikk og arkitektur ved Universitetet for miljø- og biovitenskap (UMB) våren 2011. Oppgaven tilsvarer et semesters arbeid på 30 studiepoeng.

Jeg har valgt en oppgave som sammenfører alle feltene innen studieretningen jeg har valgt - planlegging, husbyggingsteknikk og konstruksjon. Dette gjør oppgaven veldig reell i forhold til en arbeidssituasjon. Det har vært fem lærerike måneder, men også vanskelige måneder. Gjennom et jevnt og trutt arbeid har jeg nå kommet i mål og er fornøyd med resultatet.

Oppgaven er utført for professor Torgeir Lyngtveit som også har vært min hovedveileder. Jeg retter en stor takk til han for hans engasjement og konstruktive tilbakemeldinger. Jeg vil også rette en stor takk til professor Thomas Thiis som har vært min biveileder og som har hjulpet meg med spørsmål vedrørende simuleringene mine. Takk til førsteamanuensis Espen Olsen har bistått som ekspert ved spørsmål om solcelleteknologi.

Til slutt vil jeg vil rette en stor takk til mine foreldre som har lest korrektur og heiet meg fram fra dag én. Og sist men ikke minst, tusen takk til min kjære samboer, Olav, som har vært til stor støtte og holdt motet mitt oppe under hele perioden.

Ås, 12. mai 2011

.....

Marita Åsgård



### Sammendrag

Oppgaven omhandler oppgradering av TF-bygget ved Universitetet for miljø- og biovitenskap i Ås. TF-bygget er et funksisbygg som stod ferdig i 1963. I dag framstår det som lite moderne, med et slitent ytre, for liten kapasitet i forhold til brukermengden og lite energieffektivt. Konstruksjonsmessig er bygget i god stand. Målet med oppgaven har derfor vært å prosjektere en moderne, høyteknologisk og brukervennlig bygning som skal oppfylle kriteriene til et nullenergihus.

For å løse oppgaven er det benyttet forskjellige metoder. Simuleringsprogrammet SIMIEN er brukt for å beregne energiforbruket til bygget både før og etter oppgradering. ArchiCAD14 er et prosjekteringsverktøy brukt til å tegne opp bygget og komme med forslag til løsning ved en rehabilitering. Et litteraturstudium er utført for å finne gode løsninger på problemene, da spesielt hvilke kriterier bygge må oppfylle for å bli et nullenergibygg og hvilken fornybar energikilde som skal dekke behovet for den elektriske energien bygget bruker.

Resultatene viser er godt planlagt bygg der universell utforming har stått sentralt i oppgaveløsningen. Energimessig har bygget gått fra å ha et totalt energibehov på 257,5 kWh/m<sup>2</sup>/år til 94,1 kWh/m<sup>2</sup>/år. Dette oppfyller kravet til undervisningsbygg med passivhusstandard. Oppvarmingsbehovet har gått fra å være 182,4 kWh/m<sup>2</sup>/år til å være 24,0 kWh/m<sup>2</sup>/år. Dette er ikke under kravet til passivhusstandarden som ligger på 16,3 kWh/m<sup>2</sup>/år. Varmetapstallet oppfyller heller ikke passivhuskriteriene som er 0,50 W/m<sup>2</sup>K. Denne har gått fra å være 1,91 W/m<sup>2</sup>K til å være 0,64 W/m<sup>2</sup>K.

Konklusjonene er at TF-bygget har blitt universelt utformet og er nå brukervennlig for alle. Det har fått alle de fasilitetene det manglet slik at hverdagen til studenter og ansatte har blitt bedre. TF-bygget oppfyller derimot ikke kravene til et nullenergihus. Det er likevel et svært energieffektivt bygg, som oppfyller kravet til et lavenergibygg og er selvforsynt med elektrisitet.



### Abstract

This master thesis deals with upgrading of the TF-building, hosting the department of mathematical sciences and technology at the University of Life Sciences in Ås, Norway. The TF-building was originally built as a functionalistic building which was completed in 1963. Today it has a rundown appearance, too little capacity relative to the amount of users and it is very energy consuming. The load bearing constructions are in good condition. The goal of the presented work has been to project a modern, high tech and user-friendly building that will meet the criteria for a zero energy building.

It has been used different methods to solve the task. The simulation program SIMIEN was used to calculate the energy consumption of the building, both before and after the upgrade. ArchiCAD14 is a drawing tool used to draw the building and show the suggested solution for rehabilitation. A literature review was carried out to find which criteria the building must meet for becoming a zero-energy building and to find a renewable energy source that will meet the need of the buildings demand for electrical supply.

The results show that it is possible to obtain a well-functioning building, with a universal design. Energy-wise, the building has changed from using a total amount of energy of 257.5 kWh/m<sup>2</sup>/year to 94.1 kWh/m<sup>2</sup>/year. With this change the building fulfils the requirement for educational buildings with passive house standard. The heating demand can be reduced from 182.4 kWh/m<sup>2</sup>/year to only 24.0 kWh/m<sup>2</sup>/year. This is not the requirement for passive standard set at 16.3 kWh/m<sup>2</sup>/year. Further the heat loss figure does not meet the passive house criteria of 0.50 W/m<sup>2</sup>K. Here the improvement is indicated from 1.91 W/m<sup>2</sup>K to 0.64 W/m<sup>2</sup>K.

The work also shows that the TF-building can get a universal designed and become a user friendly building. It can get all the amenities which has been lacking so far so that the workday of students and staff can be improved. However with suggested changes the TF-building, does not meet the requirements for a zero energy building. Nevertheless it becomes a very energy-efficient building that fulfils the criteria of a low energy building and is self-sufficient with electricity.





## Innholdsfortegnelse

1.	Innledning.....	1
1.1	Bakgrunn for arbeidet .....	1
1.2	Problemstilling.....	2
1.3	Omfang og begrensning .....	3
1.4	Definisjoner og begreper.....	3
2.	Metode.....	5
2.1	Energiberegning med SIMIEN.....	5
2.2	Tegninger med ArchiCAD 14.....	6
2.3	Litteraturstudie.....	7
3.	Bakgrunnsteori .....	9
3.1	TF-bygget.....	9
3.2	Hva er passivhus og nullenergihus? .....	12
3.3	Matematiske likninger som ligger til grunn for energisimuleringen.....	17
3.4	Energisystemer.....	20
3.4.1	Dyp jordvarme .....	20
3.4.2	Vindkraft.....	22
3.4.3	Solceller .....	23
4.	Veien fram mot resultatet.....	26
4.1	Tegning – plass til ulike funksjoner i bygget.....	26
4.1.1	Universell utforming.....	27
4.2	Energiberegning .....	29
4.2.1	Beregningsbetingelser etter rettelser .....	30
4.2.2	Beregningsbetingelser etter utbedring .....	31
4.3	Løsning av valgt energisystem.....	37
5.	Resultater .....	40
5.1	Tegning .....	40
5.2	Energiberegninger .....	56
5.2.1	Passivhusevaluering for dagens situasjon før utbedring.....	56
5.2.2	Passivhusevaluering etter utbedring.....	61
6.	Diskusjon .....	67
6.1	Tegning .....	67
6.2	Energiberegninger .....	68

7. Konklusjon .....	71
8. Forslag til videre arbeid .....	72
9. Referanser .....	73
10. Vedlegg .....	77

## Figurliste

Figur 1: TF-bygget (umb.no) .....	9
Figur 2: Plantegning, 1. etasje, av TF-bygget slik det er i dag (DSA 2005).....	10
Figur 3: Energiforbruk i boliger (Andersen 2008).....	12
Figur 4: Kyotopyramiden -fremgangsmåte ved "passiv energidesign". (Lavenergiboliger 2007) .....	15
Figur 5: Prinsippskisse av et geotermisk kraftverk (Brandtenberg 2007b) .....	21
Figur 6: Vindkraftkart av Norge, til venstre, og vindrose fra Rygge, til høyre (eKlima 2011; Fornybar.no 2009).....	22
Figur 7: Energiutbytte av solceller versus energibehovet til TF-bygget (JRC European Commission 2011).....	24
Figur 8: Prinsippskisse for solcelle (Brandtenberg 2007a; Fossdal et al. 2007). .....	24
Figur 9: Prinsippskisse av betongvegg med utvendig etterisolering (Marita Åsgård).....	33
Figur 10: Fordeling av varmetap i et energisparende vindu (Landa 2008). .....	34
Figur 11: U-verdi for energisparende vindu (Landa 2008) .....	34
Figur 12: Takkonstruksjon (Rockwool 2010a) .....	35
Figur 13: Snitt av hvordan taket over nybygget vil se ut (Marita Åsgård).....	36
Figur 14: Skisse innfallende solstråler mot tak med solcellepanel (Marita Åsgård). .....	39
Figur 15: Taket på TF-bygget med solceller (Marita Åsgård). .....	39
Figur 16: TF-bygget (Marita Åsgård).....	40
Figur 17: Taket over nybygget (Marita Åsgård).....	41
Figur 18: Auditoriet (Marita Åsgård). .....	41
Figur 19: Lesesaler og grupperom (Marita Åsgård).....	42
Figur 20: Kantine/vrimleareal (Marita Åsgård). .....	42
Figur 21: Bibliotek (Marita Åsgård). .....	43
Figur 22: Infrastruktur (Marita Åsgård) .....	44
Figur 23: Trinnfrie adkomster (Marita Åsgård). .....	45
Figur 24: Det månedlige netto energibehovet for TF-bygget i dag, angitt i kWh (Marita Åsgård). .....	59
Figur 25: Det månedlige netto energibehov etter utbedringer i kWh (Marita Åsgård).....	64
Figur 26: Skissert gevinst av etterisolering i forhold til tykkelse på isolasjon (Marita Åsgård).....	69

## Tabelliste

Tabell 1: Minstekrav til bygningsdeler, komponenter og lekkasjetall for passivhus og lavenergihus. (Standard Norge 2010) .....	13
Tabell 2: Høyeste varmetapstall for passivhus og lavenergihus (Standard Norge 2010).....	14
Tabell 3: Krav til høyeste beregnede netto energibehov til oppvarming (Standard Norge 2010).....	14
Tabell 4: Energimerking. Grenser for årlig energiforbruk (NVE 2010) .....	16
Tabell 5: Standardisert energibehov for belysning, utstyr og varmtvann (Standard Norge 2007).....	18
Tabell 6: Energiforbruk per år i TF bygget – Faktisk og simulert. ....	29

Tabell 7: Energiforbruk per år i TF-bygget etter rettelsler (Åsgård) .....	31
Tabell 8: Solinnstråling på Ås - månedlig gjennomsnitt (Åsgård)(JRC European Commission 2011)...	38
Tabell 9: Resultat av evalueringen for TF-bygget i dag (Marita Åsgård) .....	56
Tabell 10: Varmetapsbudsjett for TF-bygget i dag ( $W/m^2K$ ) (Marita Åsgård) .....	56
Tabell 11: Energiytelse per år for TF-bygget i dag samt kravet til passivbygg (Marita Åsgård) .....	57
Tabell 12: U-verdier og minstekrav til enkeltkomponenter for TF-bygget i dag (Marita Åsgård).....	57
Tabell 13: Energibudsjett per år for TF-bygget i dag (Marita Åsgård).....	58
Tabell 14: Levert energi til TF-bygget i dag (Marita Åsgård) .....	60
Tabell 15: Oppsamlingstabell over resultater for situasjonen i dag (Marita Åsgård). .....	60
Tabell 16: Resultatet av evalueringen av TF-bygget etter utbedring (Marita Åsgård).....	61
Tabell 17: Varmetapsbudsjett for TF-bygget etter utbedringer ( $W/m^2K$ ) (Marita Åsgård) .....	61
Tabell 18: Energiytelse for TF-bygget etter utbedringer (Marita Åsgård).....	62
Tabell 19: Beregnede oppnådde u-verdier og minstekrav til enkeltkomponenter for TF-bygget etter utbedring (Marita Åsgård).....	62
Tabell 20: Energibudsjett per år for TF-bygget etter utbedring (Marita Åsgård).....	63
Tabell 21: Levert energi til TF-bygget etter utbedring (Marita Åsgård).....	65
Tabell 22: Oppsamlingstabell over resultater etter utbedringer (Marita Åsgård) .....	65
Tabell 23: Etterisoleringens virkning på oppvarmingsbehovet (Marita Åsgård).....	66

## Formelliste

Formel 1: Totalt årlig netto energibehov: .....	17
Formel 2: Beregning av energibehov for romoppvarming og ventilasjonsvarme (Standard Norge 2007).....	17
Formel 3: Energibehov for kjøling (Standard Norge 2007) .....	18
Formel 4: Energibehov for vifter (Standard Norge 2007). .....	19
Formel 5: Energibehov for pumper i vannbaserte varme-, kjøleanlegg (Standard Norge 2007).....	19
Formel 6: Varmebehov for frostsikring av varmegjenvinner .....	19
Formel 7: Effektiviteten til et solcellepanel (Olsen 2011b).....	37

# 1. Innledning

## 1.1 Bakgrunn for arbeidet

Norges eksisterende bygningsmasse er av stor verdi, og det regnes med at 80 % av denne fortsatt vil være i bruk i år 2050 (Bjørberg 2010). Slik det er i dag er det et stort etterslep på vedlikehold av bygninger. Det vil derfor være restaurering av eksisterende bygningsmasse som står for store deler av byggenæringens oppdrag i framtiden. Dette gjør tema for denne oppgaven, oppgradering av et eksisterende instituttbygg, svært relevant.

Bygget til Institutt for matematiske realfag og teknologi ved Universitetet for miljø- og biovitenskap i Ås i Akershus, heretter kalt TF-kvartalet, sto ferdig i 1963 og ble planlagt for en mye mindre brukermasse enn de som bruker bygget i dag. Nå er studentmassen ved instituttet oppe i ca. 800 elever i tillegg til 120 arbeidsplasser, der 80 av disse er fast ansatte og 40 er stipendiater.

I følge instituttleder Vidar Thue Hansen vil en nå foreløpig ikke øke opptaket videre slik at studentmassen vil ligge stabilt på rundt 800. Øker studentmassen ytterligere, frykter en for kvaliteten på studiet og for arbeidsplassene. For å bedre situasjonen, vil en rehabilitering av TF-kvartalet kunne hjelpe på to viktige forhold. Bygget vil få bedre kapasitet, slik at studenter og ansatte får en bedre hverdag. I tillegg vil økonomien bedres ved at bygget blir mer energivennlig.

TF-bygningen, er i tilstandsanalysen av bygget, vurdert til ikke å ha nevneverdig historisk eller arkitektonisk verneverdi (Statsbygg 2001). Trenger derfor ikke å ta slike spesielle hensyn ved en rehabilitering. Det hersker derimot en faglig uenighet om dette innen arkitektstanden. Disse mener at bygget har verdier som bør tas vare på.

Til oppvarming og drift av bygningsmassen i Norge, går det med over 40 prosent av det totale energiforbruket i landet. Næringsbygg står for 33 prosent av dette energiforbruket (Enova, 2010). Her vil det være et stort potensiale for å spare energi med bedre energiøkonomisering. Dette kan også være tilfellet for TF-bygget. Dersom en får redusert

energiutgiftene, kan det bedre den økonomiske situasjonen til instituttet og det vil kunne gi en positiv miljøgevinst.

Ved inngangen til 2011 er det bare bygget ca. 70 passivhus i Norge, det vil si hus som ikke bruker mer enn 80 kWh/m<sup>2</sup> i året (Husbanken 2010). Men det er mange tusen som er under planlegging i følge Tor Helge Dokka ved Sintef (2010). Krav til passivhus vil bli nærmere presentert i kapittel 3.2. Sintef arbeider for å innføre passivhus som en standard for alle typer bygg i Norge. Her får de politisk medhold, da det blir arbeidet for at alle nye bygg skal være passivhus innen 2020. For et institutt som skal være ledene innen teknologi, må det være et mål å gå foran som et godt eksempel gjennom ta i bruk ny teknologi og tenke miljøvennlig. Dette ligger også i navnet til universitetet, Universitetet for miljø- og biovitenskap.

### 1.2 Problemstilling

Målet med denne masteroppgaven er å utarbeide et forslag til renovering av TF-bygget. Oppgaven blir å prosjektere en moderne, høyteknologisk og brukervennlig bygning. I dag fremstår bygningen som utvendig nedslitt, energikrevende og lite miljøvennlig.

Oppgaven omfatter følgende problemstillinger:

- Gjøre TF-kvartalet så energieffektivt som praktisk mulig, der målet er å innfri kravene til et nullenergihus.
- Finne gode tekniske løsninger for å redusere energiforbruket. Energiforsyningen som i dag dekkes med fjernvarme til oppvarming vil bli beholdt. For energiforbruket som dekkes av elektrisitet vil nye løsninger bli utredet.
- Prosjektere en bygning som blir brukervennlig for alle, altså universelt utformet, en bygning som vil takle og bestå de utfordringer som kommer i fremtiden.

### 1.3 Omfang og begrensning

Oppgaven tar for seg det totale energiforbruket til bygget. Men når det kommer til energiforsyningsystem vil den bare se på et system som vil erstatte dagens elforsyning. Det betyr at det ikke vil bli foreslått endring for dagens fjernvarmeløsning som bygget får gjennom et fyringsanlegg for pellets. I praksis er det i første rekke energi fra solceller som vil bli vurdert. Oppgaven vurderer også eventuell bruk av vindkraft og jordvarme.

Denne oppgaven vil også omhandle oppgradering av kontor- og undervisningsfløy i TF-bygget. For ikke å gjøre oppgaven for vid, har en valgt å begrense arbeidet med de økonomiske aspektene ved rehabiliteringen og heller konsentrere arbeidet om det som må til for å tilfredsstille kravene til et nullenergihus.

Det er lagt vekt på i størst mulig grad å respektere byggets opprinnelige arkitektur. Samtidig er det søkt på best mulig måte å inkorporere framtidsrettet teknikk og arkitektur for å utvide bygningsareal og ta i bruk nye energisystemer.

### 1.4 Definisjoner og begreper

I denne oppgaven gjelder følgende definisjoner og begreper

**BRA:** Bruksarealet for en bygning ekskludert åpent overbygd areal, etter NS 3940. BRA er summen av alle målverdige plan uavhengig av bruken dvs. bruttoarealet minus arealet som opptas av yttervegger (Standard Norge 2010).

**Kuldebroverdi:** Lineær varmegjennomgangskoeffisient for felter med lavere isolasjonsevne enn omkringliggende konstruksjon/bygningsdel (Standard Norge 2007).

**Lavenergibygg:** Bygg med et totalt energibehov på under  $143 \text{ kWh/m}^2/\text{år}$  og med et oppvarmingsbehov lavere enn  $32 \text{ kWh/m}^2/\text{år}$  ( $\text{kWh/m}^2/\text{år}$  = kilowattimer per kvadratmeter og år).

**Lekkasjetall, ( $n_{50}$ )[ $\text{h}^{-1}$ ]:** Luftvolum per innvendig volum og per tidsenhet som lekker gjennom klimaskjermen ved referansetrykkdifferansen, 50 Pa, over klimaskjermen (Standard Norge 2007).

**Levert energi:** Summen av energi, uttrykt per energivare, levert over bygningens systemgrenser for å dekke bygningens samlede energibehov inkludert systemtap som ikke gjenvinnes (Standard Norge 2007).

**Netto energibehov:** Bygningens energibehov uten hensyn til energisystemets virkningsgrad eller tap i energikjeden (Standard Norge 2007).

**Normalisert kuldebroverdi:** Samlet stasjonær varmestrøm fra kuldebroer dividert med oppvarmet del av BRA (Standard Norge 2007).

**Nullenergibygg:** Bygg med passivhusstandard og som er selvforsynt med elektrisk energi.

**Passivbygg:** Bygg med et totalt energibehov mindre enn  $95 \text{ kWh/m}^2/\text{år}$  og et oppvarmingsbehov under  $15 \text{ kWh/m}^2/\text{år}$  ( $\text{kWh/m}^2/\text{år}$  = kilowattimer per kvadratmeter og år).

**Sone:** Et bygg blir delt inn i soner etter hvilket bruksmønster de forskjellige sonene har. En sone har like forutsetninger ved en simulering.

**Spesifikt energibehov:** Energibehov per kvadratmeter oppvarmet del av BRA (Standard Norge 2007).

**TEK10:** Teknisk forskrift som gjelder fra år 2010, om krav til byggverk til Plan- og bygningsloven.

**U-verdi:** En verdi for mengde varme som passerer en kvadratmeter av konstruksjonen pr. tidsenhet ved en temperaturforskjell på én Kelvin mellom konstruksjonens to sider,  $\text{W/m}^2\text{K}$  ( $\text{W/m}^2\text{K}$  = watt per kvadratmeter og grad Kelvin) (Edvadsen & Ramstad 2007).

**Varmetapstall:** Varmetransportkoeffisienten for transmisjon, infiltrasjon og ventilasjon dividert på oppvarmet BRA,  $\text{W/m}^2\text{K}$  ( $\text{W/m}^2\text{K}$  = watt per kvadratmeter og grad Kelvin) (Standard Norge 2007).



## 2. Metode

I dette kapitlet presenteres det en beskrivelse av hvilke metoder som er brukt for å løse problemstillingen i oppgaven. SIMIEN er et dataprogram brukt for å simulere energibruken i bygg. For å løse de arkitektoniske aspektene ved rehabiliteringen av TF-bygget, har ArchiCAD14 blitt brukt som prosjekteringsverktøy. Et litteraturstudium er utført for å gå gjennom relevant stoff i forhold til oppgaven og finne gode løsninger til problemstillingene.

### 2.1 Energiberegning med SIMIEN

SIMIEN er et norsk program som er utviklet av Programbyggerne for å simulere energibruk, effektbehov og inneklime i bygninger (SIMIEN 2010). Databasen er utstyrt med nasjonale klimadata, og typiske bygningskonstruksjoner som gjør det spesielt egnet for norske forhold. I programmet definerer en bygningsmassen og plotter inn egne aktuelle data i inndataark. Dette gjelder volumer og størrelser på de forskjellige bygningskomponentene. Programmet har en del forhåndsdefinerte (default) verdier som blir valgt ved definering av bygningstype. Disse verdiene kommer fra NS 3031:2007, *Beregning av bygningers energiytelse. Metode og data*, og kan manipuleres ved behov. Slik får en et mest mulig realistisk resultat. Resultatene av beregningene blir så vist i oversiktlige tabeller og diagrammer.

SIMIEN bygger på den dynamiske beregningsmetoden som er beskrevet i standarden nevnt ovenfor. Denne metoden egner seg godt til komplekse bygninger som TF-bygget. Bygningen deles inn i soner etter hvilke funksjoner de forskjellige delene i bygningskroppen har, og hva som anses som hensiktsmessig. De ulike delene kan f.eks. ha forskjellige tekniske installasjoner, ulike egenskaper i bygningskroppen og ulikt soltilskudd. På basis av tilstanden i hver enkelt sone, beregnes det samlede energibehov for bygget gjennom simuleringen.

Det er seks forskjellige simuleringstyper en kan benytte seg av.

- Sommersimulering: inneklimate og dimensjonerende effekt ved sommerforhold.
- Vintersimulering: inneklimate og dimensjonerende effekt ved vinterforhold.
- Årssimulering: energibehov, varighetskurver mm
- Evaluering mot forskrifter (TEK10): energiltak, varmetapstall energiramme.
- Simulering for energimerking av bygningen.
- Evaluering mot passivhusstandard (NS3700/NS3701).

I denne oppgaven vil det i hovedsak bli benyttet årssimulering og evaluering mot passivhusstandard. Årssimuleringen vil bli brukt for å sammenligne simulerte tall med faktiske tall for energiforbruk per år, slik de foreligger i dag. Evaluering opp mot passivhusstandard vil bli brukt for å se hva som kreves av TF-bygget for at det skal bli et godkjent nullenergihus.

## 2.2 Tegninger med ArchiCAD 14

ArchiCAD 14 (Graphisoft 2010), er et internasjonalt tegneprogram som brukes av arkitekter og ingeniører. Det er et komplett prosjekteringsverktøy som ved hjelp av 3D-modeller gjør at all informasjonen en trenger ligger i tegningene, også kalt BIM (bygninginformasjonsmodell). Fordelen med BIM er at alle tegningene henger sammen og blir oppdatert dersom det blir gjort endringer på en av dem. Dette letter arbeidet mellom de forskjellige aktørene innenfor et byggeprosjekt og bidrar til mindre feil og forsinkelser.

ArchiCAD 14 håndteres av Graphisoft Norge og inneholder norske maler, biblioteker og krav, noe som gjør det svært brukervennlig. Derfor er programmet blitt brukt i prosjekteringsfagene ved instituttet og videre i denne oppgaven.

### 2.3 Litteraturstudie

Litteraturstudie er gjort for å finne informasjon som er relevant i forhold til oppgaven. Det har vært viktig å finne god og oppdatert litteratur som kan understøtte kvaliteten på oppgaven. Det er derfor benyttet de nyeste og mest aktuelle publikasjonene som finnes på områdene. Utviklingen skjer fort, det kommer hele tiden nye resultater i forskningen, noe som gjør det viktig å være oppdatert.

Litteraturstudie er presentert i kapittel 3, Bakgrunnsteori, og omfatter følgende temaer:

- TF-byggets historie og konstruksjon. Her har det vært viktig å finne ut av hvilke utfordringer som vil komme ved en renovasjon og hvilke hensyn en må ta ved rehabiliteringen. Opplysninger om dette finnes på nettsidene til UMB (Våge 2007) og i tilstandsrapporten som ble skrevet av Statsbygg i 2001 etter befaringer på bygget.
- En nærmere studie i hva passiv- og nullenergihus er, har vært et viktig punkt, herunder hvilke tiltak som må til for å redusere energimengden som blir brukt i bygninger. Litteratur er hentet fra avisartikler (Dokka et al. 2010), internettsidene til Husbanken (Husbanken 2010), Lavenergiboliger (Lavenergiboliger 2010) (Lavenergiboliger 2007) og NVE (NVE 2010) og fra Norsk Standard NS 3700 og NS 3031.
- Det er sett på hvilke matematiske ligninger som ligger til grunn for energisimuleringen i SIMIEN da de fysiske tilstandene blir beregnet ut fra disse. Disse finner en i NS3031 – 2007.
- Hvilke energisystemer som vil egne seg for produksjon av strøm til det aktuelle bygget og hvordan de virker, er gjennomgått. Informasjon om dette finnes i boken Fornybar energi (Fossdal et al. 2007), deres tilhørende internettside, og på Bellonas sin hjemmeside (Bellona 2005).

For å kunne tegne opp bygget og angi rette mål og volum i SIMIEN, var det behov for tegninger av TF-kvartalet. Ved drift- og serviceavdelingen ved UMB hadde de 2-D

tegninger av etasjene og noen snittegninger. Disse har vært til stor hjelp og der tegningene har vært ufullstendige, har det vært nødvendig med oppmålinger.

### 3. Bakgrunnsteori

I dette kapittelet ser en på det aktuelle bygget og hvilke krav en stiller til passivhus og nullenergihus. Dessuten blir de matematiske ligningene som er grunnlaget for simulering av energiforbruk i bygg. Til slutt er det en gjennomgang av energisystemer.

#### 3.1 TF-bygget

TF-kvartalet, der Instituttet for matematiske realfag og teknologi (IMT) holder til, stod ferdig i 1963 (Våge 2007). Det er tegnet av Leif Olav Moen som også har tegnet nabobygget Aud Max for kulturelle aktiviteter. Kvartalet er et minimalistisk funksisbygg med lange, rette vindusbånd. Bygget er tegnet i etterkrigstiden og bærer preg av det, da det er et stort bomberom i kjelleren og tegnet slik at det lett skal kunne gjøres om til et hjelpesykehus dersom det skulle bli nødvendig. Bygget er oppført i betong og var opprinnelig i grå murpuss. Veggene er isolert utvendig med 130 mm gassbetong. Rundt 1990 ble bygget malt hvitt, slik vi kjenner det i dag. Kvartalet består av fire fløyer; forsøksfløy (fløy 00), undervisningsfløy (fløy 0), administrasjonsfløy (fløy I) og verkstedsfløy (fløy II) Se Figur 1 under.



Figur 1: TF-bygget (umb.no)

Fløy 00 er en enetasjes bygning med plate på mark. Den er fundamentert med veggfundamenter av betong på leire. Bærevegger og dekke er utført i plaststøpt betong. Taket er et påføret flatt treak.



Figur 2: Plantegning, 1. etasje, av TF-bygget slik det er i dag (DSA 2005)

Fløy 0 er en 2 etasjes bygning med full kjeller. Den er fundamentert med veggfundamenter og søylefundamenter på leire. En kombinasjon av plaststøpte vegger og søyler danner bæringen for betongbjelker og betongdekker.

Fløy 1 er en 3 etasjes bygning med full kjeller. Den har samme konstruksjon som undervisningsfløyen.

Fløy II er en 2 etasjes bygning med en sidefløy, der hovedfløyen har et nyere påbygg over seg. Hovedfløyen er fra 1955 og er på en etasje med en mesanin<sup>1</sup> etasje. Den er fundamentert med søylefundamenter av betong på leire. Bæresystemet er store betongrammer som spenner fra vegg til vegg. Bygningen var opprinnelig på én etasje med takkonstruksjon av påforet tretak på betongplate. Denne platen danner i dag golvet i påbygget. I 1958 ble sidefløyen på en etasje påbygd. Bygningen er fundamentert med betongfundamenter på leire under bærevegger av betong. Taket er påforet tretak på betongplate. I 1992 ble hovedfløyen påbygd med en etasje. Denne strekker seg langs hele hovedfløyen. I tillegg har den et påbygg på 9 meter. Detaljene rundt denne konstruksjonen er litt uklar, men etter befaring antar en at tilbygget på enden har egne fundamenter og bæring. Takkonstruksjonen er kompakt lettak.

I følge tilstandsrapporten, skrevet av Statsbygg (2001), er det ikke registrert noen vesentlige feil på bærekonstruksjonen ved noen av fløyene. Dekkene er i bra stand. Ingen tegn til riss eller sprekker. De har riktig kapasitet og er dimensjonert til dagens bruk. Fasadene derimot er svært slitte. Her er det avflassing og frostsprengning av puss som er hovedproblemet. Bygget har vært malt flere ganger, men årsaken til avflassing synes å ligge i malingsproduktet. Ved utbedring vil det derfor være nødvendig å fjerne gammel maling før en tilleggsisolerer. Taket er i god stand og har bra fall, men i forbindelse med omtrekking av taket kan det med fordel tilleggsisoleres. Da vil innblåsing av mineralull være et godt alternativ. Vinduene er gamle av tolags koblede glass og trenger utbedringer på samtlige bygg. Som følge av manglende vedlikehold er en del av vinduene skadet utvendig i overflaten. Dette har ført til mindre råteskader og tendenser til at karmene går opp i sammenføyningene. Ved utbedring anbefaler Statsbygg at vindusramma blir spesiallaget slik at den kan brukes mot eksisterende foringer innvendig.

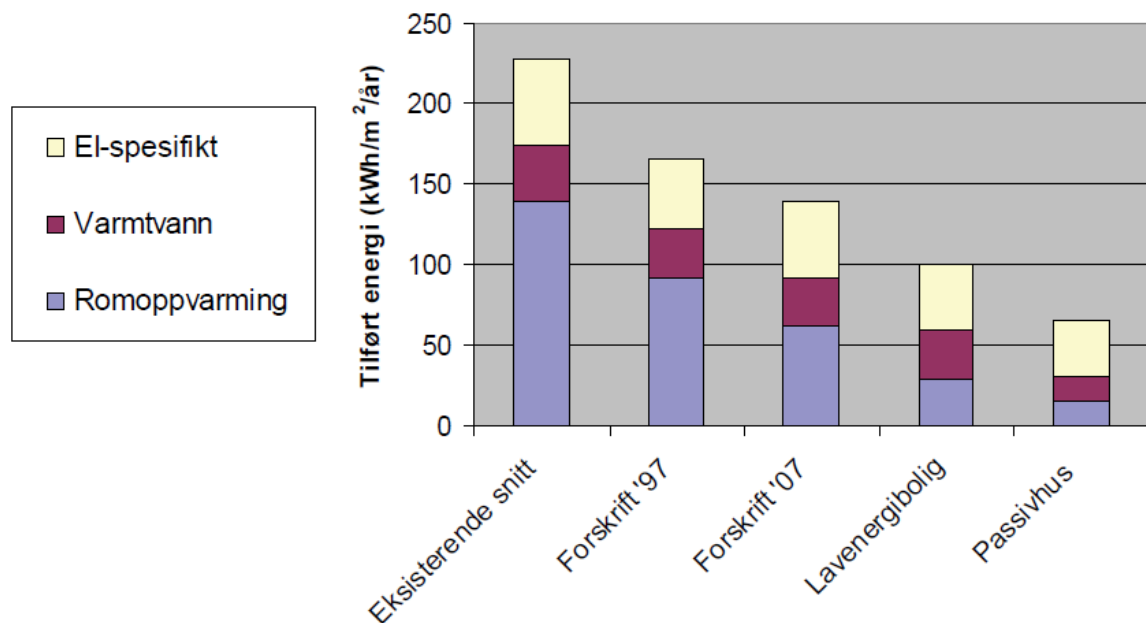
Innvendige overflater er generelt nedslitt i fløy 00, fløy I og fløy II. Her trenger både golv, vegger og himling oppgradering. Fløy 0 ble pusset opp innvendig høsten 2008. Her er det ikke nødvendig med utbedringer. Heller ikke kjelleren i fløy I, som stod ferdig oppusset i januar 2011, trenger en å utbedre.

---

<sup>1</sup> Mesanin er en lav etasje innskutt mellom to høyere etasjer i en bygning.

### 3.2 Hva er passivhus og nullenergihus?

Idéen med passivhus er å redusere behovet for energi. Passivhus er opprinnelig et tysk begrep, utarbeidet av Passivhusinstituttet i Darmstadt, Tyskland (Lavenergiboliger 2010). Passivhus er et hus som bruker betydelig mindre energi enn en vanlig bygg. Figur 3 under viser forskjellene i energibehovet for en normal bolig, en bolig bygget etter Forskrift om krav til byggverk til Plan- og bygningsloven (TEK) 97, en bolig bygget etter TEK 07, en lavenergibolig og et passivhus.



Figur 3: Energiforbruk i boliger (Andersen 2008)

Vurderingen som gjelder bolighus er ikke direkte relevant for denne oppgaven, men det finnes ikke lignende sammenligninger for universitetsbygg. Det er forventet at det skal være en tilsvarende reduksjon i energiforbruket til et undervisningsbygg. Dette fordi det det vil bli gjort like tiltak for dette bygget som for et passivhus.

Ett av kriteriene for at det kan kalles et passivhus, er at behovet for romoppvarming for en vanlig bolig ikke overskrider 15 kWh per m<sup>2</sup> i året. I Norge er det utarbeidet en egen standard, NS 3700, som tar hensyn til det kalde klimaet og til byggets størrelse. Her er



det totale energibehovet til en bolig satt til 79 kWh/m<sup>2</sup>/år i Oslo klima, noe som er under halvparten av forbruket til en vanlig bolig. (Husbanken 2010).

Den norske standarden NS 3700, Kriterier for passivhus og lavenergihus – Boligbygninger, tar ikke for seg andre bygninger enn de som blir brukt til bolig. Denne oppgaven vil likevel ta utgangspunkt i denne standarden, i mangel av et bedre alternativ.

Tabell 1: Minstekrav til bygningsdeler, komponenter og lekkasjetall for passivhus og lavenergihus. (Standard Norge 2010)

Egenskap	Passivhus	Lavenergihus	
		Klasse 1	Klasse 2
U-verdi yttervegg	≤ 0,15 W/m <sup>2</sup> K	≤ 0,18 W/m <sup>2</sup> K	≤ 0,22 W/m <sup>2</sup> K
U-verdi tak	≤ 0,13 W/m <sup>2</sup> K	≤ 0,13 W/m <sup>2</sup> K	≤ 0,18 W/m <sup>2</sup> K
U-verdi gulv	≤ 0,15 W/m <sup>2</sup> K	≤ 0,15 W/m <sup>2</sup> K	≤ 0,18 W/m <sup>2</sup> K
U-verdi vindu	≤ 0,80 W/m <sup>2</sup> K	≤ 1,20 W/m <sup>2</sup> K	≤ 1,60 W/m <sup>2</sup> K
U-verdi dør	≤ 0,80 W/m <sup>2</sup> K	≤ 1,20 W/m <sup>2</sup> K	≤ 1,60 W/m <sup>2</sup> K
Normalisert kuldebroverdi, Ψ	≤ 0,03 W/m <sup>2</sup> K	≤ 0,04 W/m <sup>2</sup> K	-
Årsgjennomsnittlig temperaturvirkningsgrad for varmegjenvinner	≥ 80 %	≥ 70 %	-
SFP-faktor ventilasjonsanlegg	≤ 1,5 kW/m <sup>3</sup> /s	≤ 2,0 kW/m <sup>3</sup> /s	-
Lekkasjetall ved 50 Pa, n <sub>50</sub>	≤ 0,60 h <sup>-1</sup>	≤ 1,0 h <sup>-1</sup>	≤ 3,0 h <sup>-1</sup>
U-verdi regnes som gjennomsnittsverdi for de ulike bygningsdelene.			

Tabell 1 ovenfor viser minstekravene til bygningsdeler, komponenter og lekkasjetall i et passivhus. Oppgaven vil gå ut i fra disse kriteriene, da kravene går direkte på bygningsdeler når det blir gjort forbedringer.

Tabell 2: Høyeste varmetapstall for passivhus og lavenergihus (Standard Norge 2010).

		Varmetapstall, H'' W/(m <sup>2</sup> K)		
		Boligbygning der A <sub>fi</sub> < 100 m <sup>2</sup>	Boligbygning der 100 m <sup>2</sup> ≤ A <sub>fi</sub> < 250 m <sup>2</sup>	Boligbygning der A <sub>fi</sub> ≥ 250 m <sup>2</sup>
Passivhus		0,60	0,55	0,50
Lavenergihus	Klasse 1	0,80	0,75	0,65
	Klasse 2	1,05	0,95	0,80

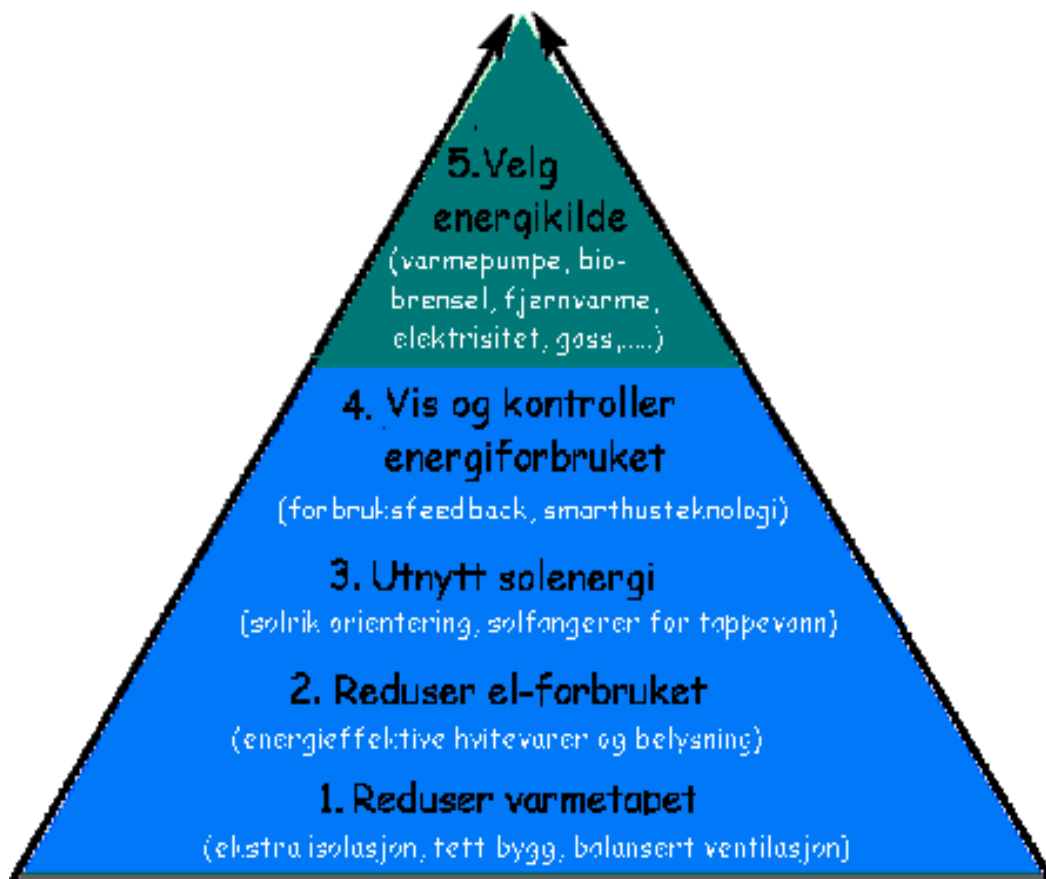
Varmetapstallet er beregnet ut fra NS 3031. Tabell 2 ovenfor, viser det høyeste varmetapstallet et passivhus kan ha, ut fra hvor stort bygget er. I denne oppgaven blir det brukt varmetapstallet for en boligbygning der den oppvarmede delen av bruksarealet, heretter forkortet BRA, er over 250 m<sup>2</sup>. Det vil si et varmetapstall, H'' = 0,50 W/(m<sup>2</sup>K).

Tabell 3: Krav til høyeste beregnede netto energibehov til oppvarming (Standard Norge 2010)

Årsmiddel- temperatur, θ <sub>ym</sub>	Høyeste beregnede netto energibehov til oppvarming kWh/m <sup>2</sup> /år	
	Boligbygning der A <sub>fi</sub> < 250 m <sup>2</sup>	Boligbygning der A <sub>fi</sub> ≥ 250 m <sup>2</sup>
≥ 6,3 °C	$15 + 5,4 \times \frac{250 - A_{fl}}{100}$	15
< 6,3 °C	$15 + 5,4 \times \frac{250 - A_{fl}}{100} + \left(2,1 + 0,59 \times \frac{(250 - A_{fl})}{100}\right) \times (6,3 - \theta_{ym})$	$15 + 2,1 \times (6,3 - \theta_{ym})$

For beregning av energibehov til oppvarming blir det tatt utgangspunkt i en årsmiddeltemperatur < 6,3 °C, da gjennomsnittet de siste 30 årene har ligget på 5,7 °C (Lie 2010). Oppvarmet BRA blir satt til større enn 250 m<sup>2</sup>. Dette vil gi et høyeste netto energibehov til oppvarming på 16,26 kWh/(m<sup>2</sup>år).

Fremgangsmåten for å få til et passivhus blir kalt passiv energidesign og består av 5 trinn (Lavenergiboliger 2007). Hovedmålet er først å benytte passive tiltak med lang levetid, f.eks. fjerne kuldebroer, bedre isolert bygningskropp og høyisolerte vinduer og dører, for til slutt å velge energikilde. Konseptet er godt dokumentert og utprøvd i Europa, da spesielt i Tyskland og Østerrike, og viser seg å fungere godt.



Figur 4: Kyotopyramiden -fremgangsmåte ved "passiv energidesign". (Lavenergiboliger 2007)

Drar en passivhusløsningen enda et skritt lenger kan en få bygget ned til et nullenergibygg. Da benytter en lokal fornybar energi, laget i eller nær bygningen gjennom året, for å få byggets energibehov til å balansere med det som blir laget. (Dokka et al. 2010). Passivhusstandard er da utgangspunktet for bygget, der det resterende

energibehovet blir dekket av fornybare energiløsninger. Eksempler på løsninger kan være solfangere, solceller, dyp jordvarme, varmepumper og vindenergi. Teknologien til å bygge disse nullenergibyggene finnes allerede. I Europa forøvrig, også i land der klimaet er nokså likt det norske, som Sveits og Østerrike, er nullenergihus allerede utprøvd. Men denne teknologien må utvikles videre før allmennheten med enkelhet kan ta den i bruk. Så langt krever denne type teknologi spesiell kompetanse for drifting og vedlikehold. Da bør slike løsninger ha et bedre utgangspunkt i et bygg for teknologi fylt av teknologer slik TF-bygget er.

I Norge er veien mot nullenergihus startet for allmennheten ved at det fra 1. juni 2010 ble energimerking på hus. Dette er med på å bevisstgjøre befolkningen, spesielt når de selger eller kjøper ny bolig. De fleste vil ha en bolig med god energimerking for å spare penger. En energioptimalisering vil da være ønskelig, og ballen har begynt å rulle. Energimerket sier noe om hvor energieffektiv boligen er, og består av en skala fra A til G, der A er best og tilfredsstillende kravet til passivhus. Som tabellen under viser, er kravet til totalt energibehov for et universitetsbygg 95 kWh/m<sup>2</sup>/år. Karakteren C betyr at boligen oppfyller TEK 07.

Tabell 4: Energimerking. Grenser for årlig energiforbruk (NVE 2010)

Bygningskategori	Levert Energi						
	A	B	C	D	E	F	G
	Lavere enn	Lavere enn	Lavere enn	Lavere enn	Lavere enn	Lavere enn	Lavere enn
Bygningskategori	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>
Småhus	79	118	158	231	305	458	Ingen grense
Boligblokker	67	100	134	184	235	353	Ingen grense
Barnehager	90	135	180	228	276	414	Ingen grense
Kontorbygg	84	126	168	215	263	395	Ingen grense
Skolebygg	79	118	158	208	259	389	Ingen grense
Universitets- og høyskolebygg	95	143	191	240	289	434	Ingen grense
Sykehus	179	268	358	416	475	713	Ingen grense
Sykehjem	136	203	271	328	384	576	Ingen grense
Hoteller	135	202	269	321	373	560	Ingen grense
Idrettsbygg	109	164	218	272	325	488	Ingen grense
Forretningsbygg	129	194	258	309	360	540	Ingen grense
Kulturbygg	105	158	210	256	302	453	Ingen grense
Lett industri, verksteder	106	159	212	270	329	494	Ingen grense
			Nivå for TEK 2007				

### 3.3 Matematiske likninger som ligger til grunn for energisimuleringen

På grunnlag av de opplysninger som er fremskaffet om TF-bygget, er det utført simuleringer av energibehov. De matematiske ligningene som ligger til grunn for beregningene blir behandlet her.

Utgangspunktet for energiberegningene i SIMIEN er hentet fra NS 3031-2007. Der blir det årlige totale netto energibehovet beregnet i ulike energiposter ut fra de termiske egenskapene til bygningen, for deretter å bli summert sammen:

- Formel 1: Totalt årlig netto energibehov:

$$E_t = \sum_{i=1}^{12} (Q_{H,nd,i} + Q_{C,nd,i} + E_{fan,i} + E_{defrost,i}) + Q_{W,nd} + E_p + E_l + E_{eq} \quad [\text{kWh/år}]$$

Her er  $Q_{H,nd,i}$  oppvarmingsbehovet for romoppvarming og ventilasjonsvarme.  $Q_{C,nd,i}$  er energibehovet for kjøling.  $E_{fan,i}$  er energibehovet for vifter.  $E_{defrost,i}$  er varmebehov for frostsikring av varmegjenvinner.  $Q_{W,nd}$  er energibehovet for oppvarming av tappevann.  $E_p$  gir energibehovet for pumper i vannbaserte varme- og kjøleanlegg.  $E_l$  er energibehovet for belysning og  $E_{eq}$  er energibehovet for teknisk utstyr.

- Formel 2: Beregning av energibehov for romoppvarming og ventilasjonsvarme (Standard Norge 2007).

$$Q_{H,nd,i} = Q_{H,ls,i} - \eta_{H,i} Q_{gn,i} \quad [\text{kWh}]$$

Utgangspunktet for beregningen av oppvarmingsbehovet,  $Q_{H,nd}$ , er at produktet av utnyttelsesfaktoren  $\eta_H$  og varmetilskuddet  $Q_{gn}$  trekkes fra varmetapet  $Q_{H,ls}$ . Beregningen gjøres for måneden  $i$ , og der månedene summeres for årlig oppvarmingsbehov.

- Formel 3: Energibehov for kjøling (Standard Norge 2007)

$$Q_{C,nd,i} = Q_{gn,i} - \eta_{c,i} Q_{C,ls,i} \quad [\text{kWh}]$$

Utgangspunktet for beregningen av energibehovet for kjøling  $Q_{C,nd}$  er snudd i forhold til oppvarmingsbehovet, der produktet av utnyttelsesfaktoren  $\eta_C$  og varmetapet  $Q_{C,ls}$  trekkes fra varmetilskuddet  $Q_{gn}$ . Beregningen gjøres også her for måneden  $i$ , der månedene summeres for årlig kjølingsbehov.

- Tabell 5: Standardisert energibehov for belysning, utstyr og varmtvann (Standard Norge 2007).

Bygningskategori	Belysning		Utstyr		Varmtvann	
	W/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup> /år	W/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup> /år	W/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup> /år
Småhus	2,9	17	4	23	5,1	30
Boligblokker	2,9	17	4	23	5,1	30
Barnehager	8	21	2	5	3,8	10
Kontorbygg	8	25	11	34	1,6	5
Skolebygg	10	22	6	13	4,5	10
Universitets- og høyskolebygg	8	25	11	34	1,6	5
Sykehus	8	47	8	47	5,1	30

Energibehovet for oppvarming av tappevann  $Q_{W,nd}$ , belysning,  $E_l$ , og teknisk utstyr,  $E_{eq}$ , er gitt i Tabell 5 ut fra standardverdier for gjennomsnittlig effektbehov i driftstiden.

- Formel 4: Energibehov for vifter (Standard Norge 2007).

$$E_{fan,i} = \frac{\dot{V}_{on} SFP_{on} t_{i,on} + \dot{V}_{red} SFP_{red} t_{i,red}}{3600} \quad [\text{kWh}]$$

For å finne energibehovet for viftene, summerer en produktene av luftmengde,  $\dot{V}$ , spesifikk vifteeffekt relatert til luftmengde,  $SFP$ , og antall timer i måneden, henholdsvis i og utenfor driftstiden. Årlig energibehov for vifter,  $E_{fan,i}$ , beregnes ved å summere energibehovet for månedene,  $i$ , i året.

- Formel 5: Energibehov for pumper i vannbaserte varme-, kjøleanlegg (Standard Norge 2007)

$$E_p = \dot{V}_w SPP t_{dr} \quad [\text{kWh}]$$

Energibehovet for pumper,  $E_p$ , er produktet av den sirkulære vannmengden gjennom pumpen,  $\dot{V}_w$ , spesifikk pumpeeffekt,  $SPP$ , og antall driftstimer i året for pumpe,  $t_{dr}$ .

- Formel 6: Varmebehov for frostsikring av varmegjenvinner

$$Q_{defrost,i} = 0,33 \times \dot{V} t_i \max\{0; \theta'_{1,min} - \theta'_{1,i}\} \quad [\text{kWh}]$$

I formelen er varmebehovet til frostsikring av varmegjenvinner,  $Q_{defrost}$ , produktet av luftens varmekapasitet, luftmengde,  $\dot{V}$ , antall timer i måneden,  $t_i$ , og maksimum av 0 og differansen mellom minste utetemperatur,  $\theta'_{1,min}$ , og gjennomsnittlig utetemperatur,  $\theta'_{1,i}$ . Denne er beregnet ut fra månedens middeltemperatur.

Dette er utgangspunktet for energiberegninger av bygninger generelt. En simulering i SIMIEN regner dette om til luft og overflatetemperaturer i bygget.

### 3.4 Energisystemer

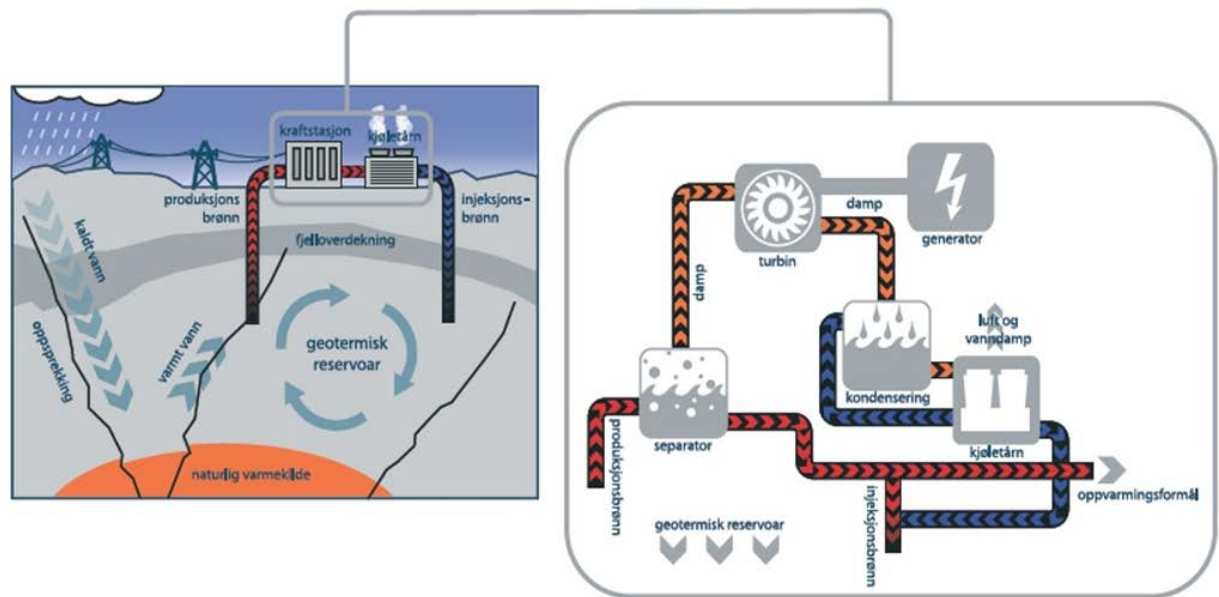
Det finnes en del forskjellige energisystemer som kan brukes til å dekke det elektriske behovet til TF-kvartalet. Slik situasjonen er i dag, brukte TF-bygget i 2010, 871 006 kWh elektrisk strøm i året bare til lys, datamaskiner og andre tekniske installasjoner som krever strøm som energikilde. Dette er 45,3 % av det totale energiforbruket i bygget. For å dekke energibehovet må en finne én fornybar energikilde som produserer tilstrekkelig energi til dette forbruket. Det finnes mange alternativer, men de mest realistiske vil bli presentert under.

#### 3.4.1 Dyp jordvarme

Dyp jordvarme er energi som kommer fra jordens indre (Fossdal et al. 2007). Den har sitt opphav i varme som stammer fra den gang jorden ble til, og radioaktive prosesser som skjer i jordskorpen. Temperaturdifferansen mellom jordens indre og jordens overflate fører til en naturlig og kontinuerlig varmestrøm mot overflaten. Dette vil si at det er en tilnærmet utømmelig energikilde.

Det er de forskjellige bruksområdene som vil avgjøre hvor langt ned det må bores. I dette tilfellet er det produksjon av elektrisk kraft som er formålet. For å utnytte varmestrømmen til dette, må det bores ned ca. 3-5 km, da temperaturen må godt over 100 °C da generatoren drives av damp. Selve borearbeidet tar en stor del av kaka når det gjelder kostnadene i et slikt prosjekt. Men det har ikke lyktes å finne noen eksakte tall på hva energikostnaden ved dyp jordvarme vil bli, da det ikke finnes noe lignende anlegg for elektrisk produksjon i Norge.





Figur 5: Prinsippsskisse av et geotermisk kraftverk (Brandtenberg 2007b)

Figur 5 viser hvordan dyp jordvarme blir utnyttet. Det begynner med at regnvann blir varmet opp til damp nede i berggrunnen. Dampen blir bragt til overflaten av produksjonsbrønnene der den blir lagt i rør fram til kraftstasjonen. Dampen blir så brukt til å rotere turbinen som er tilkoblet generatoren med en aksling. Det er generatoren, med 36 000 omdreininger i minuttet rundt magneten, som genererer elektrisiteten. Etter dampen har gått gjennom turbinen, blir den avkjølt med kondensering, før det blir sendt ned i injeksjonsbrønnen

På verdensbasis ble det i 2010 produsert totalt 67 246 GWh elektrisk energi i geotermisk kraftproduksjon. I Indonesia blir et av verdens største kraftverk planlagt. Dette skal ha en elektrisk installert effekt på 330 MW.

I Norge er det jordvarme i form av grunnvarme som er enerådende. Det vil si utnyttelse av lavtemperaturrennergi. Denne varmen blir kun bruk til oppvarming eller kjøling av bygg. I Norge finnes det ennå ikke (våren 2011) noe anlegg for dyp geotermisk energi. Det kan derfor være betydelig økonomisk risiko i et prosjekt der en vil bruke dette som energikilde. Dersom dette anlegget skulle forsyne hele universitetet og nærområdet både med oppvarming og elektrisk energi, kunne dette være aktuelt, men isolert sett for

TF-bygget vil det ikke være økonomisk forsvarlig. På denne bakgrunn vil dyp jordvarme ikke bli videre vurdert til elektrisk produksjon i denne oppgaven.

### 3.4.2 Vindkraft

Vindkraft er også en energikilde som det kunne være aktuelt å benytte seg av. Norge er et land med svært mye vind (Fossdal et al. 2007). Men som Figur 6 viser, ligger ikke Ås i de beste områdene for vindkraft i Norge. Likevel har Ås like mye vind som store deler av Europa, der vindkraft er mer utbredt. Vanlig brukstid i f.eks. Tyskland ligger på ca. 2000 timer, som vil si at en MW vindkraft gir 2 GWh/år elektrisk kraft. Da kan en gå ut i fra at det vil gi like mye elektrisk kraft i Ås.



Figur 6: Vindkraftkart av Norge, til venstre, og vindrose fra Rygge, til høyre (eKlima 2011; Fornybar.no 2009).

UMB har en egen værstasjon, og siden 1859 er det foretatt kontinuerlig meteorologiske observasjoner her. Disse dataene ligger derimot ikke inne i eKlima sin database. Har derfor hentet dataene fra Rygge, som er den nærmeste værstasjonen til Ås som måler vindhastighet samtidig som stedet ligger i samme type landskap. Det blir derfor lagt til grunn at vindhastigheten i Ås er den samme som i Rygge. Som Figur 6 av vindrosen viser, ligger vindhastigheten ofte opp i mellom 5,3-10,2 m/s noe som samsvarer med bilde til

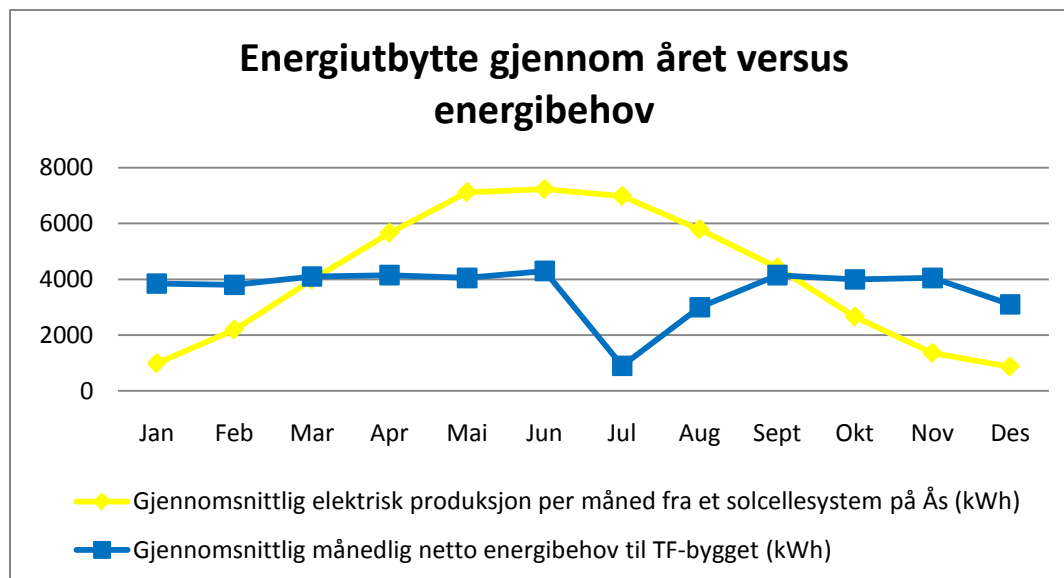
høyre i Figur 6. Dette ligger innenfor området der det vil bli produsert elektrisk energi som er ved vindhastigheter mellom 4-25 m/s (Fossdal op. sit.).

Vindkraft er én av de billigste fornybare energikildene til produksjon av elektrisitet foruten vannkraft. Energikostnaden ved vindkraft varierer mellom 30 og 60 øre/kWh (Fossdal op. sit.). Det er likevel en stor investeringskostnad, og det vil være et stort inngrep i kulturlandskapet på Ås dersom det blir gjennomført. Isolert sett, til TF bygget, synes heller ikke dette alternative å være det beste.

### 3.4.3 Solceller

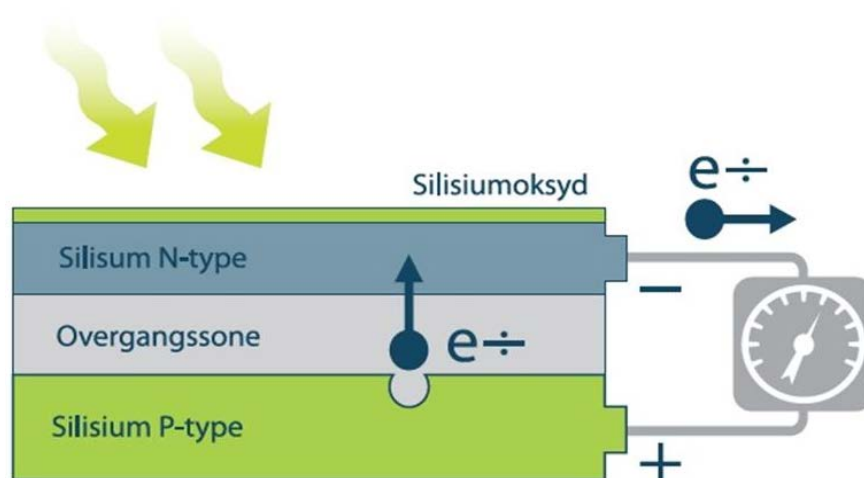
Sola er den største energikilden i verden (Fossdal et al. 2007). Solenergien som treffer jorda er 15 000 ganger større enn hele verdens årlige forbruk, og solinnstrålingen i Norge er 1500 ganger høyere enn det alle nordmenn bruker av energi. Bare 15 % av solenergien som treffer solcellepanelet blir gjort om til elektrisk energi. På Ås er den faktiske innstrålte effekten i løpet av et år  $1030 \text{ kWh/m}^2$  for en flate med vinkel  $40^\circ$  (Olsen 2011a). Det vil si at en kan få ut ca.  $155 \text{ kWh/m}^2$  strøm. Se Tabell 8. Dette er tilnærmet samme nivå som i sentral Tyskland, der solceller er i utstrakt bruk (Fossdal op. sit.).

Solceller fungerer ikke optimalt på vinteren, se figur 6 under, så en mulighet er å spare opp energien i batterier. En bedre løsning vil være å selge overskuddet av energien på sommeren ut på nettet, for så å kjøpe tilbake energien på vinteren da vannkraft er en mer fleksibel energikilde gjennom magasinering av vann og produksjon når andre kilder er mindre egnet. Dette er ikke mulig i Norge i dag, så en forutsetning for dette alternativet er at det blir lov.



Figur 7: Energiutbytte av solceller versus energibehovet til TF-bygget (JRC European Commission 2011).

Solceller fungerer ved at de omdanner solstråler til elektrisk energi. Dette kalles den fotovoltaiske effekt, fotoemisjon. Som Figur 8 viser, så består en solcelle av en halvleder der fram- og baksiden er behandlet med ulike materialer slik at framsiden blir negativt ladet og baksiden positivt ladet. Dette kan også bli gjort motsatt. Det dannes så et elektrisk felt i sjiktet mellom halvlederne som får elektronene til å bevege seg mot cellens framside. Dersom en kobler framsiden med baksiden gjennom en elektrisk krets får en elektrisk energi som i et batteri.



Figur 8: Prinsippskisse for solcelle (Brandtenberg 2007a; Fossdal et al. 2007).

Fordelene med solceller er at de produserer elektrisitet helt uten å forurense, de gir 100 % fornybar energi og skaper heller ikke støy (Bellona 2005). En slipper å transportere elektrisiteten gjennom lange strømledninger, da solcellene plasseres der energien skal brukes. Det finnes flere fine løsninger for å integrere cellene inn i bygningskroppen. De kan bygges inn i hustak, brukes som fasadeutsmykking og i vindusruter. Solceller har også noen ulemper. De har en høy investeringskostnad og det går relativt mye energi med til produksjonen av dem. Sentralt i Europa ligger energikostnaden på 3,5-4 kr/kWh, mens den i Norge ligger godt over dette (Sprenger 2011). Per dags dato vil det være lite lønnsomt å investere i solcelleanlegg. Dette er fordi prisen på energi i Norge er lav sammenlignet med andre land i Europa der solceller er i utstrakt bruk. Men dette vil endre seg. Det er ventet at energiprisen i Norge vil stige opp mot det den er i Europa og da vil solceller bli lønnsomme.

Produsentene til solceller garanterer med en 25 års levetid, men erfaringene tilsier at den er lengre enn det. Selve solcellene holder seg lenge, mens problemet er korrosjon på karmen rundt og på ledninger. Derfor er vedlikehold viktig. Rengjøring er også en avgjørende faktor for levetiden og virkningsgraden på panelet, som vil bli svekket av støv og smuss. På grunn av svevestøv fra E6 og Drøbakveien bør panelet vaskes en 4 ganger i året.

Selv om det er lite lønnsomt å investere i store solcelleanlegg, vil det isolert sett for TF bygget være den energiformen som egner seg best. Energibehovet for bygget er kjent og etter en energioppgradering vil ikke behovet for strøm være like stort som det er i dag. Hvordan dette blir løst vil bli presentert i kapitlet Resultater.

## 4. Veien fram mot resultatet

I dette kapittelet blir veien fram mot resultatet beskrevet. Her vil inputtverdiene i energisimuleringen, både før og etter utbedringer, bli forklart. Energiforsyningen vil bli dimensjonert. Og det vil bli presentert hvilke behov og mangler TF bygget har, for å prosjektere et godt nytt bygg.

### 4.1 Tegning – plass til ulike funksjoner i bygget

TF-bygget har plassmangel. Det er derfor gjennomført en undersøkelse av hva som mangler av funksjoner. Erfaringsmessig er det største problemet et tilstrekkelig stort nok auditorium. I de største fagene, der en er oppe i 190 studenter, er TF145, som er det nåværende auditoriet, alt for lite da det bare er plass til 108 studenter. De blir sittende svært trangt, noe som gjør det vanskelig å ta notater. Dette fører til at det er en del studenter som ikke følger undervisningen som betyr at kvaliteten på studiene synker. Dette er et gjennomgående problem på hele campus. Det er for lite auditorier. Et mål er derfor et nytt auditorium der det er nok plass.

TF har også for få lesesalplasser, både til masterstudenter og studenter lenger ned på studietrinnene. Slik det er nå sitter masterstudentene spredd rundt på flere bygg. De forskjellige faggruppene på instituttet er også spredd. Et mål er derfor å få nok plass slik at faggruppene blir samlet i samme bygg. Lesesalplasser for andre enn mastergradstudenter er så å si fraværende. Tilstrekkelig med lesesalsplasser er derfor høyt prioritert.

Neste tiltak er ny kantine/vrimleareal/møteplasser. Eksisterende kantine har for liten kapasitet. Det fins ingen vrimlearealer der en kan slappe av mellom forelesninger eller ta en pause i lesingen. Dette er derfor et kjærkomment ønske blant studenter og ansatte.

TF har ikke eget fagbibliotek i bygget. Det ble flyttet til et annet institutt, Institutt for naturforvaltning som sto ferdig rehabilitert høsten 2008, for å gjøre plass til flere kontorer på TF. Det hadde vært enklere for både studenter og lærere om fagbiblioteket

hadde vært i umiddelbar nærhet. Plass til et bibliotek tas derfor med i planen for nytt bygg.

Hvor vil det så være best å utvide? Det har tidligere vært snakk om å legge ned verkstedet. Et alternativ er å bruke dette arealet. Fordelen er at da trenger en ikke å bygge noe nytt, noe som gjør at en både sparer tid og penger. Ulempen er at maskinstudentene mister en arena for læring med den følge at studietilbudet blir dårligere.

Et annet alternativ er å utvide med en etasje oppå eksisterende bygning. Da har en én grunnflate på nesten 2700 m<sup>2</sup> som en kan bruke og det går ikke ut over det omkringliggende arealet. Bygget blir derimot svært høyt og taket må dimensjoneres og utbedres på nytt for at det skal tåle den nye lasten. Et auditorium kan bli tungt.

Det tredje alternativet er å bygge inn bakgården. Fordelene her, er at med en grunnflate på 1350 m<sup>2</sup> får en plass til alt en trenger uten at det føles trangt. Det er mangel på åpne, luftige rom på TF. En står også ganske fritt i utformingen. Negative konsekvenser ved dette, er at det vil ta lenger tid å gjennomføre. En må også legge om infrastrukturen på søppelhåndtering, parkering osv. men dette er det mulig å løse.

Hva vil være den mest energieffektive løsningen? En bygning holder bedre på varmen jo mindre vegger den har ut mot kald side. Det vil derfor være en god løsning å kle inn bakgården. Da minsker arealet av ytterveggen og en slipper å isolere disse veggene ekstra.

### **4.1.1 Universell utforming**

Et formål med rehabiliteringen er å gjøre bygningen mer tilgjengelig, samt å oppgradere den og tilpasse den til framtidig bruk. Et viktig aspekt ved oppgaven er da å tilstrebe universell utforming. Det er nå også et krav om at alle offentlige bygg skal ha universell utforming i følge TEK10 (Byggeteknisk forskrift 2010). Universell utforming er definert som "utforming av produkter og omgivelser på en slik måte at de kan brukes av alle mennesker, i så stor utstrekning som mulig, uten behov for tilpassing og en spesiell utforming" (Standard Norge 2009).

TF-bygget slik det er i dag, er et vanskelig bygg å ferdes i, spesielt for de som er bevegelseshemmet. Det finnes én vareheis som kan brukes til vertikal transport, denne dekker forflytning i fløy 0 og I. Heisen er derimot gammel og oppleves som uhåndterlig og utilgjengelig for studentene. Kontordelen i fløy II over verkstedet, er ikke tilgjengelig uten å benytte trappene. Målet er da å utforme bygget slik at alle kan komme seg hvor de vil uten problemer.

I dag er TF ikke tilrettelagt for de med nedsatt synsevne. Disse er avhengige av gode lysforhold, og det er det ikke i deler av bygget, spesielt ikke i gangene. Det er heller ikke blindeskrift eller ledelinjer rundt om på bygget. Godt lys, aktiv bruk av farger og materialer med forskjellig tekstur er viktige tiltak for å få bygget brukervennlig for denne gruppen.

Nedsatt hørsel er et problem for noen. I rom med lang etterklang, andre lydkilder eller der flere er samlet på en plass, er dette spesielt et problem. Et universitet har alle disse utfordringene. Det vil derfor være viktig å ivareta akustiske hensyn når en rehabiliterer TF-kvartalet.

Ikke alle har like gode evner til å forstå og orientere seg om hvor en er. TF er greit skiltet, men kan bli mye bedre. Gode planløsninger gjør det lettere å orientere seg, noe som er nyttig for alle.

Det er viktig å tenke på at bygget skal ha et godt inneklima. Det er mange som sliter med astma og andre luftveisplager. Disse er avhengige av en god luftkvalitet for å fungere i hverdagen. Et godt ventilasjonssystem er derfor en nødvendighet. TF har allerede balansert mekanisk ventilasjon med roterende varmeveksler. Denne må oppgraderes til nødvendig standard slik at varmegjenvinningsgraden blir optimal. Riktig bruk av materialer er også viktig for innemiljøet. Glatte og matte bygningsoverflater som er lette å rengjøre er viktig. Et problem i forhold til inneklimaet er komplekse konstruksjoner. Her er det viktig å få til gode løsninger slik at det ikke oppstår fuktproblemer. Mugg og sopp sporer er uønsket i innelufta. Det er også viktig å bruke materialer med lav avgassing.



### 4.2 Energiberegning

TF-bygget ble benyttet som eksempel for energiberegninger i faget TBA331, Bygningsfysisk simulering, høsten 2010. En oppgave lød som følger: "Simuler energiforbruk i TF kvartalet og foreslå dokumenterte tiltak til å forbedre energiøkonomien. Bruk simuleringsprogrammet SIMIEN". I det følgende vil en bygge videre på resultatet fra dette arbeidet. Det første som er gjort er å sammenligne de tallene som kom fram av årssimuleringen med det faktiske energibruket til bygget. Disse tallene er opplyst av drift- og serviceavdelingen ved Universitetet. Det viste seg at differansen mellom simulert energiforbruk og faktisk energiforbruk i form av fjernvarme var 32 300 kWh, noe som er veldig mye. Til sammenligning bruker en enebolig på ca. 130 m<sup>2</sup> mellom 20 000 – 30 000 kWh i året. Differansen mellom simulert strømforbruk og faktisk strømforbruk, i samme periode, var mye større. En forskjell på hele 363 567 kWh. Se Tabell 6 under. Forskjellen indikerer en betydelig feil i simuleringen.

Tabell 6: Energiforbruk per år i TF bygget – Faktisk og simulert.

	Strøm (kWh)	Fjernvarme (kWh)
Simulering	507 439	1 017 910
Faktiske tall	871 006	1 050 210

Hva var årsaken til at tallene ikke stemte? Det ble funnet en del småfeil, men hovedproblemene låg i at kjølingssystemet til datasalene ikke var tatt med og den midlere effekten (W/m<sup>2</sup>) for det tekniske utstyret i internlasten var satt for lavt. Den var satt til 11,0 W/m<sup>2</sup> som er programmets egen standardinnstilling for hvor mye effekt det tekniske utstyret har per m<sup>2</sup> for et undervisningsbygg. Denne tar ikke hensyn til alle de ekstra bærbare datamaskinene som brukes på bygget, de ekstra pc-skjermene som brukes på kontorene og prosjektorene i forelesningssalene. Etter egne utregninger, der en tar hensyn til dette, kom en fram til at den midlere effekten burde være 13,5 W/m<sup>2</sup>.

### 4.2.1 Beregningsbetingelser etter rettelser

Ved nye årssimuleringer er det brukt data fra tilstandsrapporten, standardverdier i programmet og egne beregninger. Arealer og volumer er målt opp ut i fra tegninger og befaringer. Årssimuleringen er delt i tre deler. En simulering for fløy 00 og 0, en for fløy I og en for fløy II. Dette er gjort fordi de ulike fløyene er bygget i forskjellige år og da med forskjellige krav til bygningskomponenter. Dette gjør at de har et ulikt behov i rehabiliteringen. Med en simulering for hver enkelt fløy vil det være lettere å finne gode løsninger tilpasset hver enkelt bygning. Fløyene er igjen delt inn i egne soner slik det er mest hensiktsmessig for hver fløy. Fløy 00 og 0 er delt inn i undervisningszone, labsone og kjeller. Fløy I er delt inn i soner etter etasjer og om sonen er varm eller kald, dette på grunn av at den sørvendte fasaden er sterkt eksponert for sol. Fløy II er delt inn i verksted, kontorsone og labsone.

Hovedsakelig består ytterveggene av 200 mm betongvegg, påforet med 130 mm gassbetong utvendig over bakkenivå og 100 mm innvendig i oppholdsrom under bakkenivå. Innvendig er veggene påforet med sponplater under vinduene, og over vinduene er veggene pusset og malt. U-verdien på veggene er beregnet til  $1,35 \text{ W/m}^2\text{K}$ . (Statsbygg 2001). Fløy II har en u-verdi satt til  $1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Påbygget til fløy II, antar en er lettvegger med minst 150 mm mineralull med plast på innside og vindsperre på utside. Her er u-verdien satt til  $0,27 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Etasjeskillene er alle 200 mm betongdekker. I fløy 00 er det 100 mm cellebetong som utgjør golvet. I fløy II utgjør ei 200 mm betongplate golv på grunn. Golvene er forskjellig behandlet med terrasso, linoleum, malt betong og fliser. U-verdien er satt til  $1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Vinduene er av typen 180 grader vippevinduer som er vendbare med sidehengsling. Det er en blanding mellom gamle koblede tolags vinder og nyere isolerglass. Antall skiftede vinduer er registrert ved befaring. U-verdien for de gamle vindene er satt til  $2,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ . De nyere er satt til  $1,7 \text{ W/m}^2\text{K}$  (SINTEF Byggforsk 2000). U-verdien til ytterdørene er satt til en standard i programmet.

Primærkonstruksjonen til taket er et oppforet flatt tretak med 75 mm mineralull, teknet med sveisepapp. Over påbygget er det trolig lett-takelementer. Den samla gjennomsnitts u-verdien er satt til 0,45 W/m<sup>2</sup>K.

Ventilasjonsanlegget er en roterende varmeveksler. Den har en virkningsgrad på 0,77. Lekkasjetallet er satt til 3,0 som er minstekravet til lekkasjetall i TEK for alle bygningskategorier (SINTEF Byggforsk 2008).

Ved nye årssimuleringer, etter rettelsene, ser en av Tabell 7 under, at det årlige energiforbruket stemmer godt overens med virkeligheten. Dette gir et godt utgangspunkt for simuleringene etter utbedringer. Dokumentasjon på sentrale inndata og for nærmere iakttakelser av årssimuleringen, se vedlegg nr. 1.

**Tabell 7:** Energiforbruk per år i TF-bygget etter rettels (Åsgård).

	Strøm (kWh)	Fjernvarme (kWh)
Simulering	869 000	1 048 788
Faktiske tall	871 006	1 050 210

Etter dette ble det gjort en samlet simulering for de tre fløyene opp mot passivhusstandard. Et utdrag av denne vil bli presentert i kapittel 5, Resultater. Hele simuleringen er vist i vedlegg nr. 2

### 4.2.2 Beregningsbetingelser etter utbedring

Til simuleringen opp mot passivhusstandard etter utbedring, er det brukt u-verdier der hver enkelt bygningsdel oppfyller minstekravene til passivhus. Løsninger for å oppnå disse kravene er presentert under, der informasjon er hentet fra forskjellige produsenter av byggevarer og egne beregninger. Rehabiliteringen innebærer at bakgården til TF-kvartalet er bygget inn. Denne blir i simuleringen kalt nybygg og blir betraktet som en sone, da hele fløyen har like termiske forhold.

Som tidligere nevnt har TF bygget blitt brukt som eksempelbygg i studiekurset TBA331. En annen oppgave som ble gitt var å se på konsekvensen av å etterisolere både innvendig og utvendig ved å bruke simuleringsprogrammet Therm 5.2, et program for beregning av todimensjonal varmestrøm (LBNL 2006). Det viste seg som antatt at utvendig isolering ville være det beste. Da unngår en endring i bygningsfysikken, da feil etterisolering kan gi økt fuktinnhold. Etter egne beregninger har det vist seg at for veggene med høyest u-verdi,  $1,35 \text{ W/m}^2\text{K}$ , og varmemotstand,  $R = 0,74 \text{ m}^2\text{K/W}$ , vil en etterisolering på 250 mm mineralull med varmeledningsevnen  $0,037 \text{ W/mK}$ , gi en u-verdi på  $0,13 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

$$U = 1/R_T \quad [\text{W/m}^2\text{K}]$$

$$U = 1/(R' + R'') \\ [\text{W/m}^2\text{K}]$$

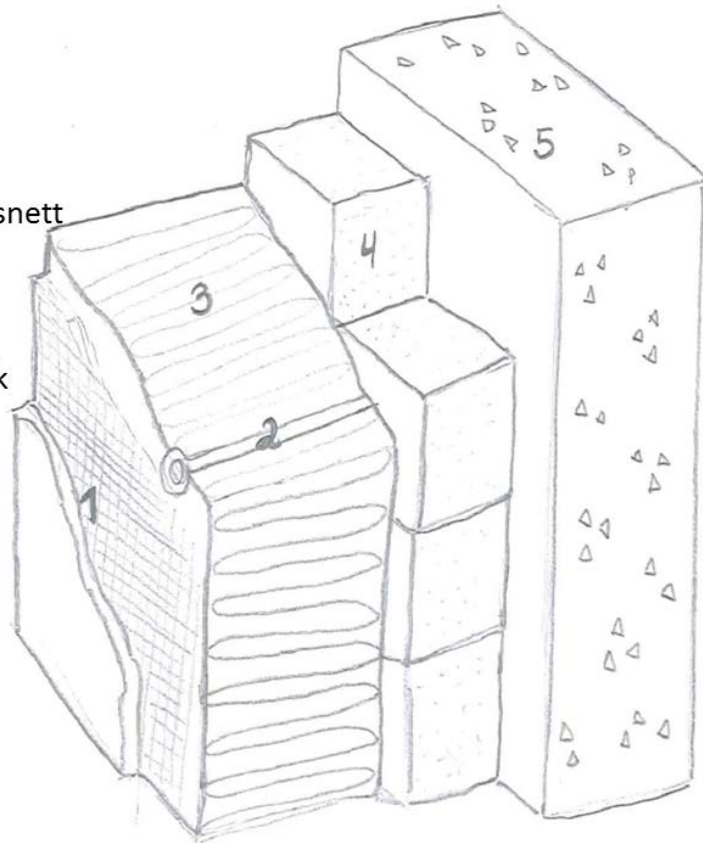
$$U = 1/(0,74 + (0,25/0,037)) \quad [\text{W/m}^2\text{K}]$$

$$U = 0,13339 \quad [\text{W/m}^2\text{K}]$$

Dette er godt innenfor kravet på  $0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$  for passivhus. For veggen til påbygget for fløy II vil en etterisolering på 150 mm gi samme resultat.

Forslag til utførelse av yttervegg er å etterisolere kald side med 150/250 mm Hardrock Fasadeplate fra Rockwool. Dette er en isolasjonsplate av steinull til utvendig isolering av bygningsfasader. Den er fukt og vannavvisende og danner et bærende underlag for pussløsninger. For ikke å ødelegge uttrykket til bygget er målet at ny fasade blir så lik eksistrene som mulig. Da vil denne fasadeplaten være en god løsning. Rockwool steinull kan tåle høye temperaturer, mer enn  $1000^\circ\text{C}$ , som gjør den brannsikker i forhold til at den kan hindre en brann i å spre seg. (Rockwool 2010b)

1. Puss-system med armeringsnett
2. Festeplugger
3. 250 mm Rockwool Hardrock
4. 130 mm Gassbetong
5. 200 mm Betong



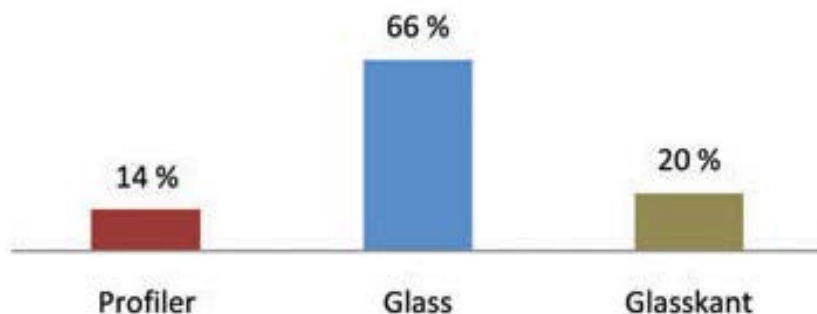
Figur 9: Prinsippskisse av betongvegg med utvendig etterisolering (Marita Åsgård).

Eksisterende gulv mot grunn er ikke foreslått utbedret på noen måte. U-verdien er derfor satt til samme nivå som før,  $1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Dette oppfyller ikke kravet om en u-verdi  $\leq 0,13 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Dekket i den nye delen derimot, vil oppfylle kravet.

Vinduer står for mer enn 40 % av varmetapet i en bolig. (Bøckmann Glassolutions 2010) Det er derfor viktig å sette inn nye vinduer som har en så lav u-verdi som mulig. Kravet til passivhus er  $\leq 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ . (Se Tabell 1, Minstekrav til bygningsdeler, komponenter og lekkasjetall for passivhus og lavenergihus). Fordelene med et godt isolert vindu er at kulderaset fra vinduene reduseres, noe som gir bedre inneklima og det er energibesparende. Godt isolerte ruter kan dugge på utsiden. Særlig ved kombinasjonen kaldt vær og høy luftfuktighet. Det vil imidlertid ikke skade vinduene eller karmene rundt på noen måte. (Thyholt 2009)

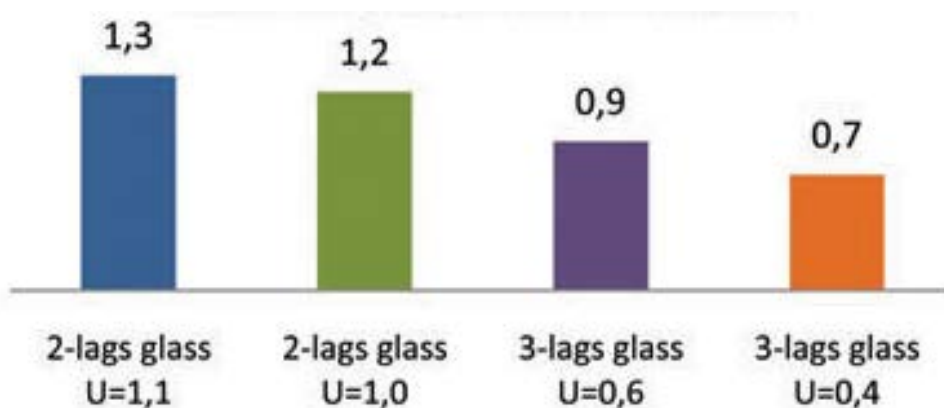
Det er viktig å beregne riktig u-verdi på vinduene slik at ikke energiforbruket i bygningen blir høyere enn forventet. Leverandører opererer ofte bare med u-verdien til selve

glasset. Det som stadig blir glemt er varmetapet gjennom profilene og glasskanten. Varmetapet fordeler seg prosentvis som vist i Figur 10 under.



Figur 10: Fordeling av varmetap i et energisparende vindu (Landa 2008).

For å beregne rett u-verdi er de europeiske standardene, NS EN 10077-1, -2 og 13947, benyttet. Figur 11 under viser hva den samlede u-verdien blir dersom en bruker energisparende glass og høyisolerende profiler.

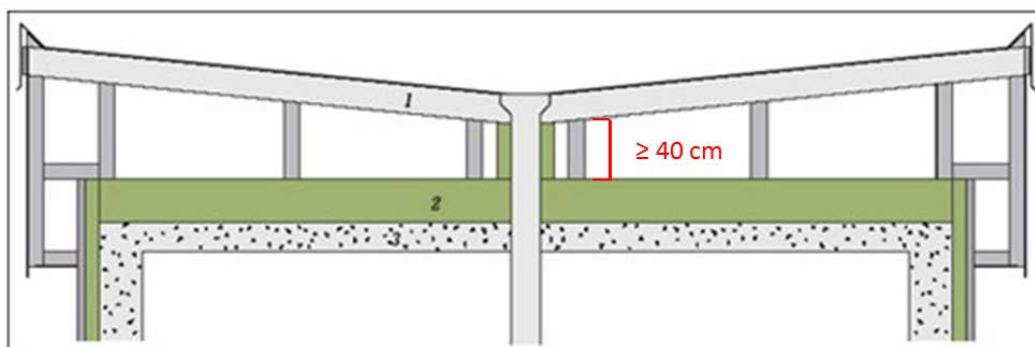


Figur 11: U-verdi for energisparende vindu (Landa 2008)

Av figuren går det klart fram at for å tilfredsstille kravet om en u-verdi  $\leq 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$  må en bruke et 3-lags glass med u-verdi  $0,4 \text{ W/m}^2\text{K}$ , som gir en samlet u-verdi på  $0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Det velges derfor en 3-lags isolerrute med to lavemisjonsglass av typen SGG CLIMATOP 2

ONE fra Bøckmann Glassolutions. Denne har en u-verdi på  $0,4 \text{ W/m}^2\text{K}$  og er fylt med edelgassen krypton. Den har også god reflekteringssevne mot sollys som er spesielt viktig i fasaden mot sør da det er store problemer med overoppheting av kontorene.

Passivhusets krav til tak er  $\leq 0,13 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Da den eksisterende takkonstruksjonen er oppforet trestak egner den seg godt til innblåsing av mineralull. Rockwooll Blåseull har en varmekonduktivitet på  $\lambda_D=39 \text{ mW/mK}$ . Med en tykkelse på 300 mm vil dette gi en u-verdi lik  $0,13 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Siden taket allerede har en isolasjonstykkelse på 75 mm, vil en etterisolering på 225 mm være nok til å oppfylle kravet. U-verdi for tak regnes ut etter samme prinsipp som for vegg. Laveste høyde over isolasjonen bør være minst 40 cm. (Rockwool 2010a)



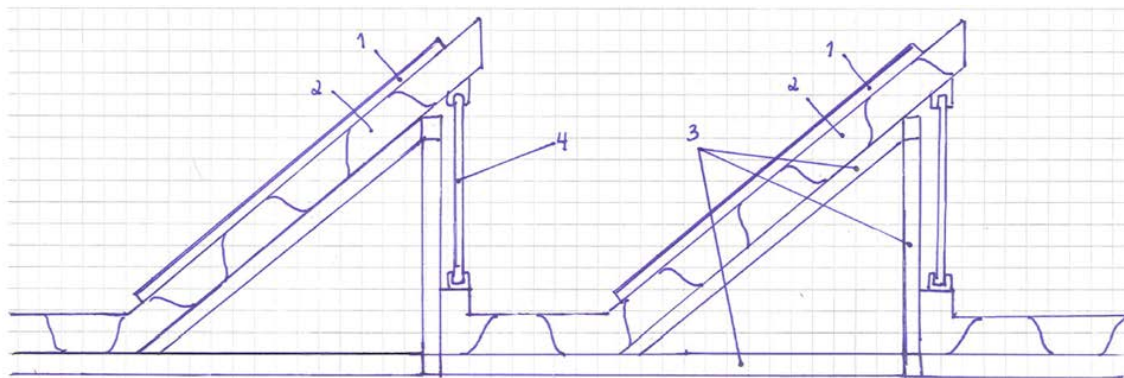
1. Oppforet trestak
2. Isolasjon
3. Dekke

Figur 12: Takkonstruksjon (Rockwool 2010a)

Det er ikke foretatt oppmåling av høyden mellom eksisterende isolasjon og taket, men ut i fra snitt-tegninger ser det ut til at det skal være god plass til etterisolering.

Etter rehabiliteringen vil bakgården til TF-bygget være overbygd. Taket over tilbygget er et industritak bestående av gitterverk, lettakelerner og glassfelt. Det velges her et

lettak med u-verdi  $0,13 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Glassfeltene vil være av samme type glass som i vinduene. Dette vil si en samlet u-verdi på  $0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ .



1. Solcellepanel
2. Lettakelementer
3. Rundprofiler av rustfritt stål
4. Glassruter

Figur 13: Snitt av hvordan taket over nybygget vil se ut (Marita Åsgård).

Andre tiltak som er gjort for å redusere energiforbruket, som ikke går direkte på bygningskroppen, er å bruke fjernvarme til å varme opp 60 % av tappevannet og der de resterende 40 % blir varmet opp av solceller. Det er også planlagt å installere systemer for behovsstyring av oppvarming, belysning og ventilasjon. Ved bruk av styringssystem for belysning kan energiforbruket reduseres med 20 % (SIMIEN 2010). Med behovsstyrt ventilasjon kan en spare store mengder energi som ellers ville gått til viftedrift, oppvarming eller kjøling. Utskifting av teknisk utstyr til LED-belysning og lavenergiutstyr er og tiltak som blir gjort.

Dokumentasjon på sentrale inndata er vist i vedlegg 3. Resultatet av denne simuleringen vises under kapittel 5, Resultater.



### 4.3 Løsning av valgt energisystem

Under følger beregninger som sier hvor stort solcellepanel TF trenger for å forsyne hele bygget med nødvendig elektrisitet.

Tidligere er det nevnt at effektiviteten til solcellepanelet er på 15 %. Dette kommer av at de fleste solceller blir oppgitt til å ha en levert effekt på  $150 \text{ W}_p/\text{m}^2$ . Dette vil si under de beste forhold, midt på sommeren, der innstrålt effekt er ca.  $1000 \text{ W}/\text{m}^2$  i et AM1,5 spektrum.

- Formel 7: Effektiviteten til et solcellepanel (Olsen 2011b)

$$\eta = \frac{\text{effekt levert}}{\text{innstrålt effekt}} = \frac{150 \text{ W}_p/\text{m}^2}{1000 \text{ W}/\text{m}^2} = 15\%$$

I praksis vil en innstrålt effekt på  $1000 \text{ W}/\text{m}^2$  gi et feil bilde av situasjonen, på grunn av forskjellige årstider, tider på døgnet og om det er klart eller overskyet vær. Ut fra JRC European Commission sin internettside kan den innstrålte effekten per kvadratmeter, og den elektriske produksjonen for et gitt solcelleanlegg estimeres (JRC European Commission 2011).

I beregningen blir valgt geografisk posisjon på anlegget satt til Ås. Fra simuleringene i SIMIEN, Tabell 21, går det fram at TF bygget behøver 40 605 kWh levert energi fra solcellesystemet i året. For å få ut dette må installert kraft være  $65 \text{ kW}_p$ . Solcellene blir forutsatt å være bygningsintegrert med en helning på  $40^\circ$ . For mer dokumentasjon på inndata, se vedlegg 4.

Tabell 8: Solinnstråling på Ås - månedlig gjennomsnitt (Åsgård)(JRC European Commission 2011).

Fixed system: inclination=40 deg., orientation=0 deg.				
Month	Ed	Em	Hd	Hm
Jan	31.80	987	0.58	18.1
Feb	78.30	2190	1.48	41.3
Mar	128.00	3980	2.53	78.3
Apr	189.00	5660	3.88	116
May	230.00	7120	4.88	151
Jun	241.00	7230	5.24	157
Jul	225.00	6980	4.94	153
Aug	187.00	5790	4.06	126
Sep	147.00	4420	3.06	91.9
Oct	85.90	2660	1.69	52.5
Nov	45.20	1360	0.85	25.5
Dec	27.90	866	0.51	15.9
Year	135.00	4100	2.81	85.6
Total for year		49200		1030

Ed: Average daily electricity production from the given system (kWh)

Em: Average monthly electricity production from the given system (kWh)

Hd: Average daily sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m<sup>2</sup>)

Hm: Average sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m<sup>2</sup>)

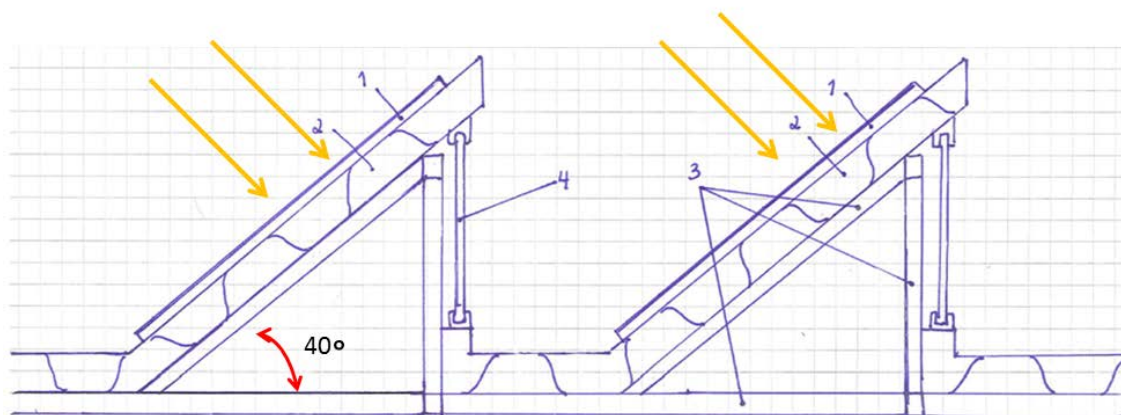
Tabell 8, viser gjennomsnittlig daglig og månedlig produksjon av elektrisitet for det gitte systemet og den gjennomsnittlige daglige og den månedlige solinnstrålingen på Ås i løpet av ett år. Total årlig produksjon av elektrisitet er beregnet til å være 49 200 kWh. Dette vil dekke behovet for elektrisk energi. Den totale innstrålte effekten per år er kalkulert til 1030 kWh/m<sup>2</sup>. Dette vil gi et riktig utgangspunkt for den videre beregning av hvor mange m<sup>2</sup> med solcellepanel TF-bygget som er nødvendig.

$$\text{Effekt levert} = 1030 \times 15\% = 155 \text{ kWh/m}^2\text{år}$$

$$m^2\text{n} \ddot{o} \text{d} \text{v} \text{e} \text{n} \text{d} \text{i} \text{g} = \frac{49200}{155} = 318 \text{ m}^2.$$

Med en årlig elektrisk produksjon beregnet til 49 200 kWh, vil solcelleanlegget være 318 m<sup>2</sup>. Det blir derfor satt av et areal på 320 m<sup>2</sup> til plassering av anlegget. Det blir montert

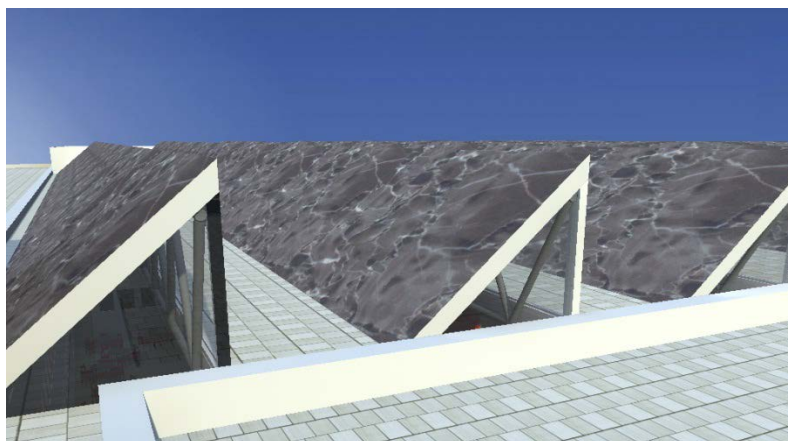
åtte paneler bestående av monokrystallinske silisiumceller, hver enkelt på 40 m<sup>2</sup>, til industritaket over påbygget. For at solstrålene skal miste minst mulig energi på veien før det treffer panelet, er det viktig at strålen får kortest mulig vei. Derfor er vinkelen på panelet, i forhold til solas plassering på himmelen, avgjørende. Taket er av den grunn designet slik at takvinkelen er 40°, som gjør at solstrålene vil treffe vinkelrett på panelet som gir den korteste veien fram.



1. Solcellepanel
2. Lettakelementer
3. Rundprofiler av rustfritt stål
4. Glassruter

Figur 14: Skisse innfallende solstråler mot tak med solcellepanel (Marita Åsgård).

Figur 15 under, viser hvordan taket med solcellepanel vil bli seende ut.



Figur 15: Taket på TF-bygget med solceller (Marita Åsgård).

## 5. Resultater

I dette kapittelet presenteres resultatet av alle tegninger og beregninger. Beregningene omfatter energiforholdene før og etter ombygging.

### 5.1 Tegning

Ved rehabiliteringen har det vært av interesse å respektere byggets opprinnelige arkitektur i størst mulig grad. Det er derfor valgt å beholde den nåværende konstruksjonen slik den er, men med noen mindre og nødvendige oppgraderinger av utvendige fasader og innvendige overflater. Det som er nytt er at bakgården er bygget inn. Her har det blitt plass til alle de funksjoner som er beskrevet tidligere.



Figur 16: TF-bygget (Marita Åsgård).

Eksisterende kontorer og forelesningssaler som ligger inn mot bakgården trenger å få lys inn gjennom vinduene som vender ut mot bakgården og for at de ikke skal oppleves som små og innestengt. De nye rommene er derfor lagt inn til midten av plassen der minste avstand til opprinnelig vegg er 8 meter. Taket er et industritak som har glassruter mot nord for å slippe inn dagslys. Dette minsker behovet for lysarmatur i vringlearealene.



Figur 17: Taket over nybygget (Marita Åsgård).

Nytt auditorium går over to etasjer og har plass til 229 studenter. Dette er en vesentlig oppgradering totalt sett for universitetet som mangler auditorieplasser. Auditoriet har fire rømningsmuligheter, to foran og to bak.



Figur 18: Auditoriet (Marita Åsgård).

To store og lyse lesesaler vil bli tilgjengelig for alle studenter. Disse legges i andre etasje, med god kommunikasjon til resten av bygget. Lese plassene for masterstudenter er plassert i tredje etasje. Disse plassene er fordelt på tretten rom med ulikt antall sitteplasser i hvert rom. Dette er gjort for at det bedre skal tilfredsstillе hver enkelt



masterstudents behov til arbeidsplass. Det er også seks nye grupperom i første etasje for alle studenter.



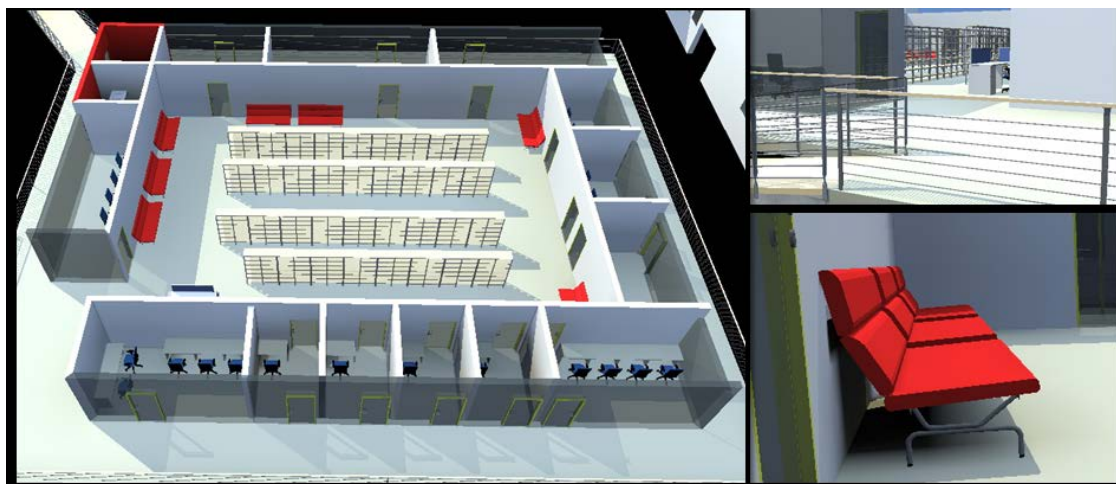
Figur 19: Lesesaler og grupperom (Marita Åsgård).

Kantina er lagt til nybyggets første etasje, som har god tilgjengelighet og fremkommelighet fra resten av bygget. Den er stor, åpen og vil være et naturlig møtepunkt for studenter og ansatte. Dette blir en innbydende plass for et lite avbrekk i arbeidet, og for å skape relasjoner både mellom studenter, og mellom studenter og ansatte. Kantina er utstyrt med et kjøkken slik at mat kan lages på stedet.



Figur 20: Kantine/vrimleareal (Marita Åsgård).

Biblioteket ligger i tredje etasje, innrammet av leseplasser for masterstudenter. Hver lesesal har en dør som fører inn til biblioteket. Rommet er også utstyrt med sittegrupper som kan benyttes.



Figur 21: Bibliotek (Marita Åsgård).

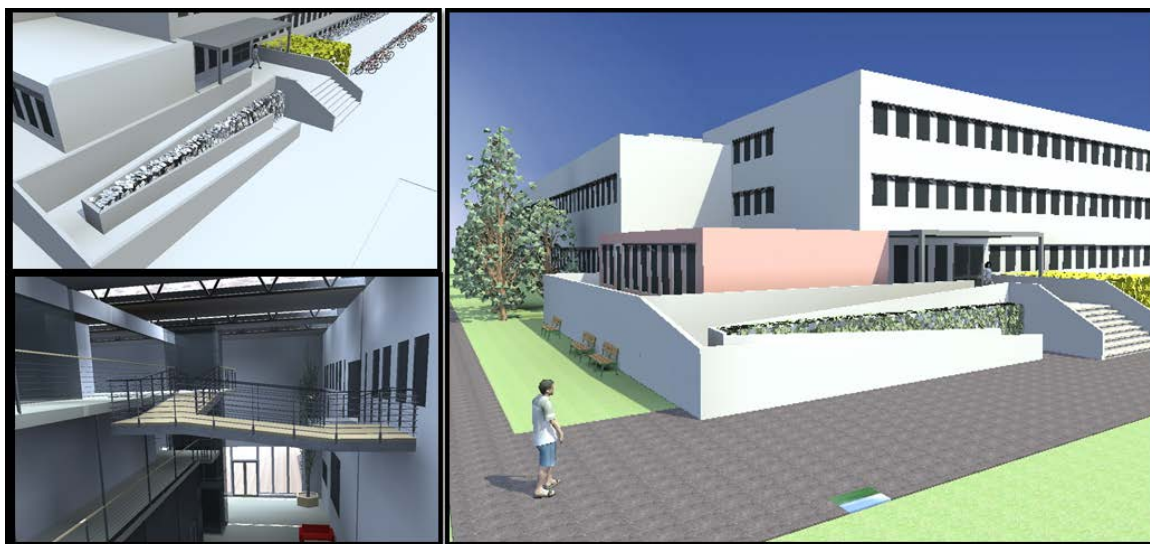
Infrastrukturen har vært en viktig del av planleggingen. Sjøppelhåndtering og varelevering er flyttet til utgangen mot nord. Der er det lett adkomst for kjøretøy, det fins heis i umiddelbar nærhet og det er god kommunikasjon til alle fløyer. TF-bygget mister parkeringsplasser ved innbygging av bakgården. Men med litt bedre utnyttelse av eksisterende parkeringsarealer vil det likevel blir tilstrekkelig med plasser. Det er satt opp flere sykkelstativer, noe som oppfordrer til økt bruk av sykkel.



Figur 22: Infrastruktur (Marita Åsgård)

Universell utforming har vært viktig i hele prosessen med rehabiliteringen av TF-bygget. Dette har blitt løst på følgende måte: Fra alle parkeringsarealer og stoppested for offentlig transport, vil det bli lagt tydelige ledelinjer i asfalten som letter adkomsten for synshemmede. Inngangspartiet er utført med en kontrastfarge for tydelig å vise hvor inngangen er og det er utstyrt med automatisk døråpner. For å få trinnfri adkomst inn til bygget, er det blitt støpt opp en rampe ved hovedinngangen mot sør, mot nord er inngangen nivåfri fra naturens side. Innvendig er bygget helt terskelfritt. For vertikal forflytting er det installert en stor heis sentralt i bygget med god kommunikasjon til de ulike fløyene. Dette gjør at alle kan ta seg lett fram i bygget. Ved hovedinngangen, som nå er stor og luftig, ligger resepsjonen. Her vil det være lett å få hjelp og den vil være utstyrt med gode kart over bygget som gjør det enkelt å orientere seg. Bygget har fått toaletter for studenter i alle etasjer og i hver etasje er det toaletter som oppfyller kravene til HC-toaletter. I trapper vil det bli montert punktbelysning for å gjøre trinnene tydeligere og det vil bli montert håndlister på begge sider der dette ikke allerede er gjort. I auditoriet er det montert teleslynge, slik at de med nedsatt hørsel får lyden fra et høyttaleranlegg nær seg. Det er åtte nødutganger i TF-bygget. Dørene slår utover og er tydelig merket med opplyste skilt. Dette sikrer en trygg evakuering.





Figur 23: Trinnfrie adkomster (Marita Åsgård).

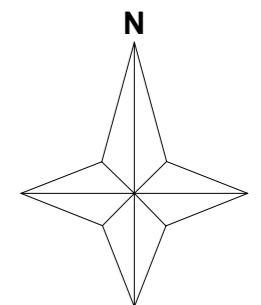
Romprogram for tilbygget:

1.etg Auditorium 1	263,6 m <sup>2</sup>
1.etg Datatjeneste	60,4 m <sup>2</sup>
1.etg Grupperom 1	5,1 m <sup>2</sup>
1.etg Grupperom 2	5,3 m <sup>2</sup>
1.etg Grupperom 3	5,1 m <sup>2</sup>
1.etg Grupperom 4	5,1 m <sup>2</sup>
1.etg Grupperom 5	5,3 m <sup>2</sup>
1.etg Grupperom 6	5,1 m <sup>2</sup>
1.etg Kjøkken	11,5 m <sup>2</sup>
1.etg Kantine/vrimleareal	996,5 m <sup>2</sup>
1.etg Bøttekott	7,9 m <sup>2</sup>
1.etg Tekniskrom	51,7 m <sup>2</sup>
1.etg WC	22,2 m <sup>2</sup>
2.etg Lesesal 1	49,4 m <sup>2</sup>
2.etg Lesesal 2	46,9 m <sup>2</sup>
2.etg WC	12,0 m <sup>2</sup>

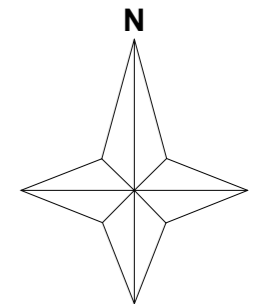
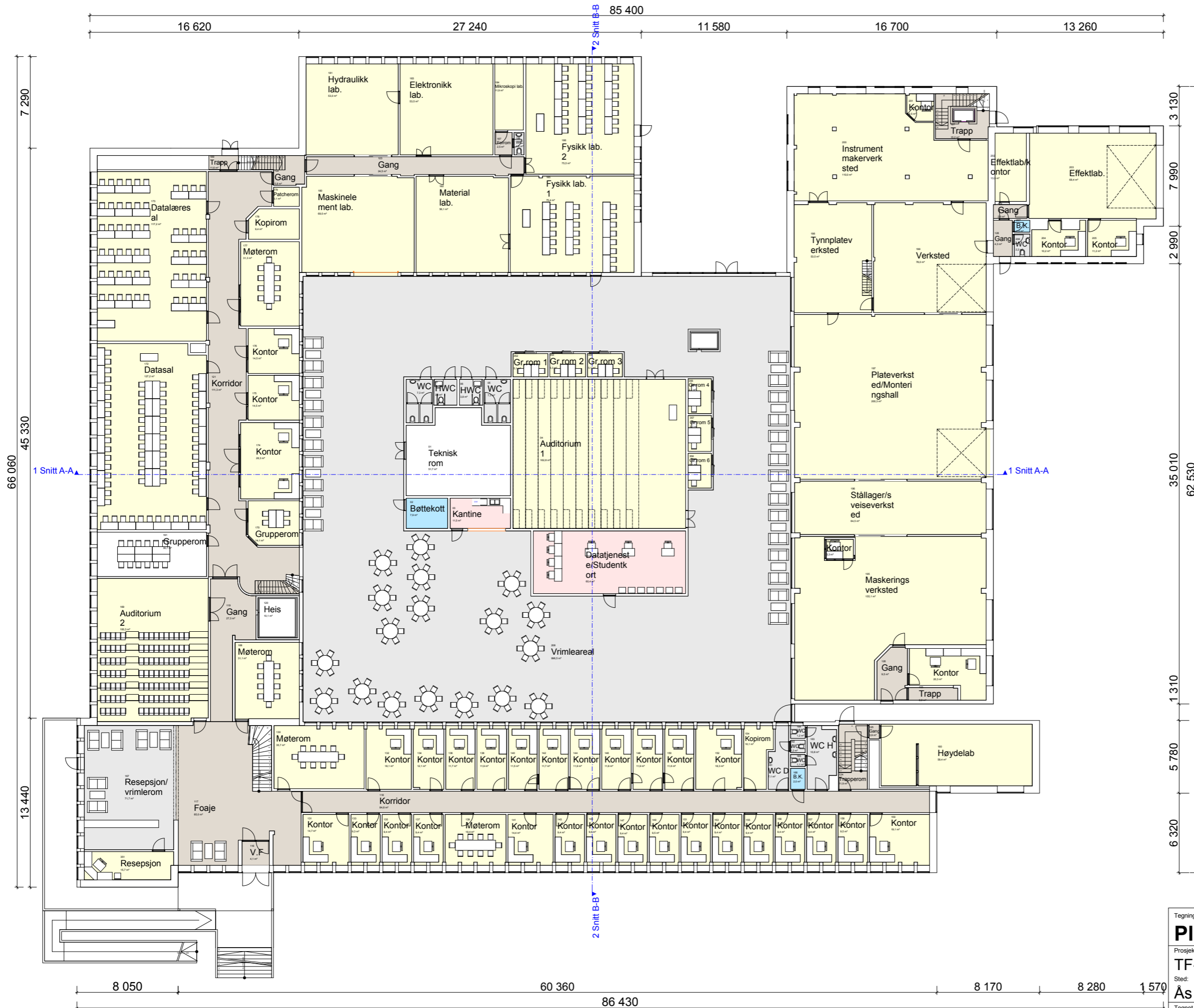
2.etg Gangbro	226,0 m <sup>2</sup>
3.etg Bibliotek	195,9 m <sup>2</sup>
3.etg Masterplasser 1	16,1 m <sup>2</sup>
3.etg WC	12,0 m <sup>2</sup>
3.etg Masterplasser 2	11,5 m <sup>2</sup>
3.etg Masterplasser 3	18,0 m <sup>2</sup>
3.etg Masterplasser 4	18,3 m <sup>2</sup>
3.etg Masterplasser 5	8,9 m <sup>2</sup>
3.etg Masterplasser 6	8,8 m <sup>2</sup>
3.etg Masterplasser 7	10,5 m <sup>2</sup>
3.etg Masterplasser 8	12,7 m <sup>2</sup>
3.etg Masterplass 9	5,3 m <sup>2</sup>
3.etg Masterplass 10	5,3 m <sup>2</sup>
3.etg Masterplass 11	5,3 m <sup>2</sup>
3.etg Masterplass 12	5,3 m <sup>2</sup>
3.etg Masterplasser 13	12,5 m <sup>2</sup>
3.etg Gangbro	243,2 m <sup>2</sup>

Under kommer tegningene av bygget:

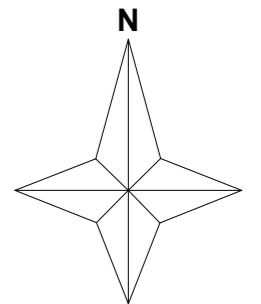
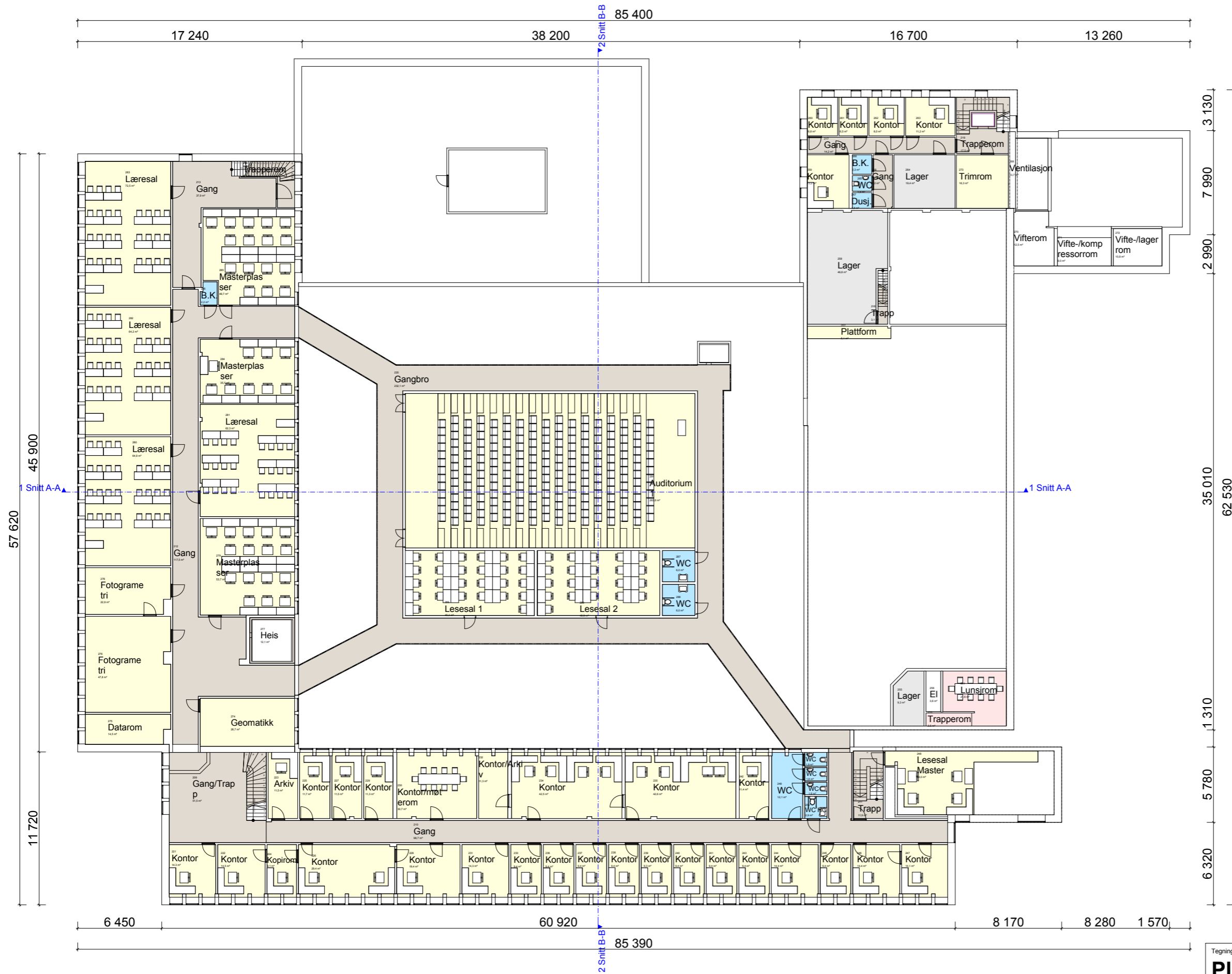
-1 Kjeller	1:300
1. Etasje	1:300
2. Etasje	1:300
3. Etasje	1:300
4. Etasje/Tak	1:300
5. Tak	1:300
Snitt A-A og B-B	1:200
Fasade Nord og Vest	1:200
Fasade Sør og Øst	1:200



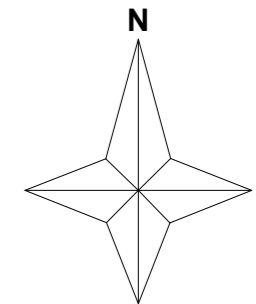
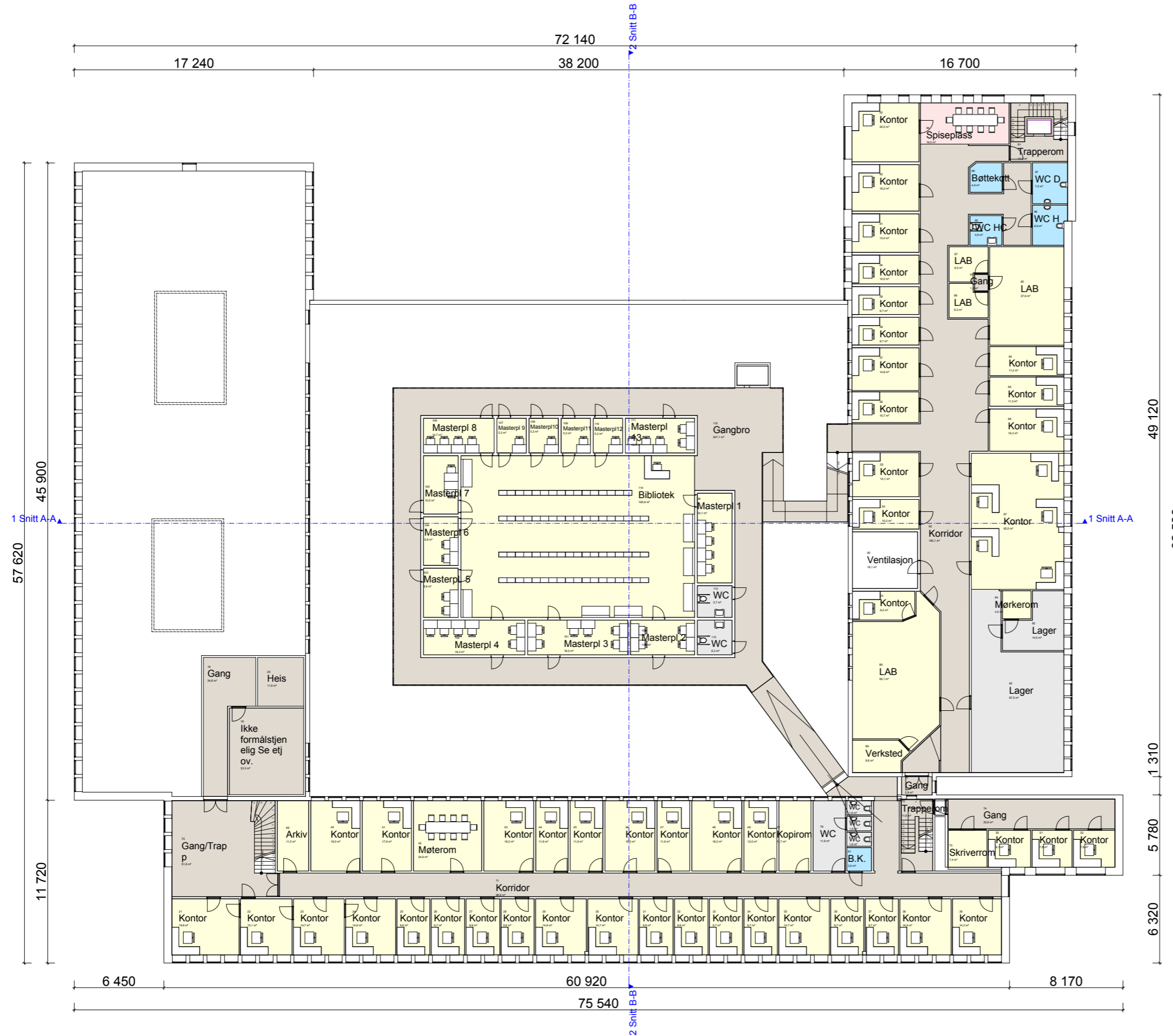
Tegning:	Målestokk:
<b>Plan -1. kjeller</b>	<b>1:300</b>
Prosjekt: TF-bygget ved UMB	
Sted: Ås	
Tegnet av: Marita Åsgård	Dato: 12.05.2011



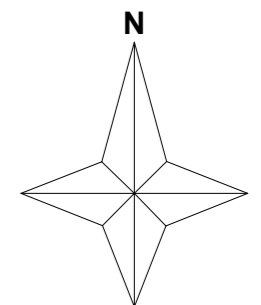
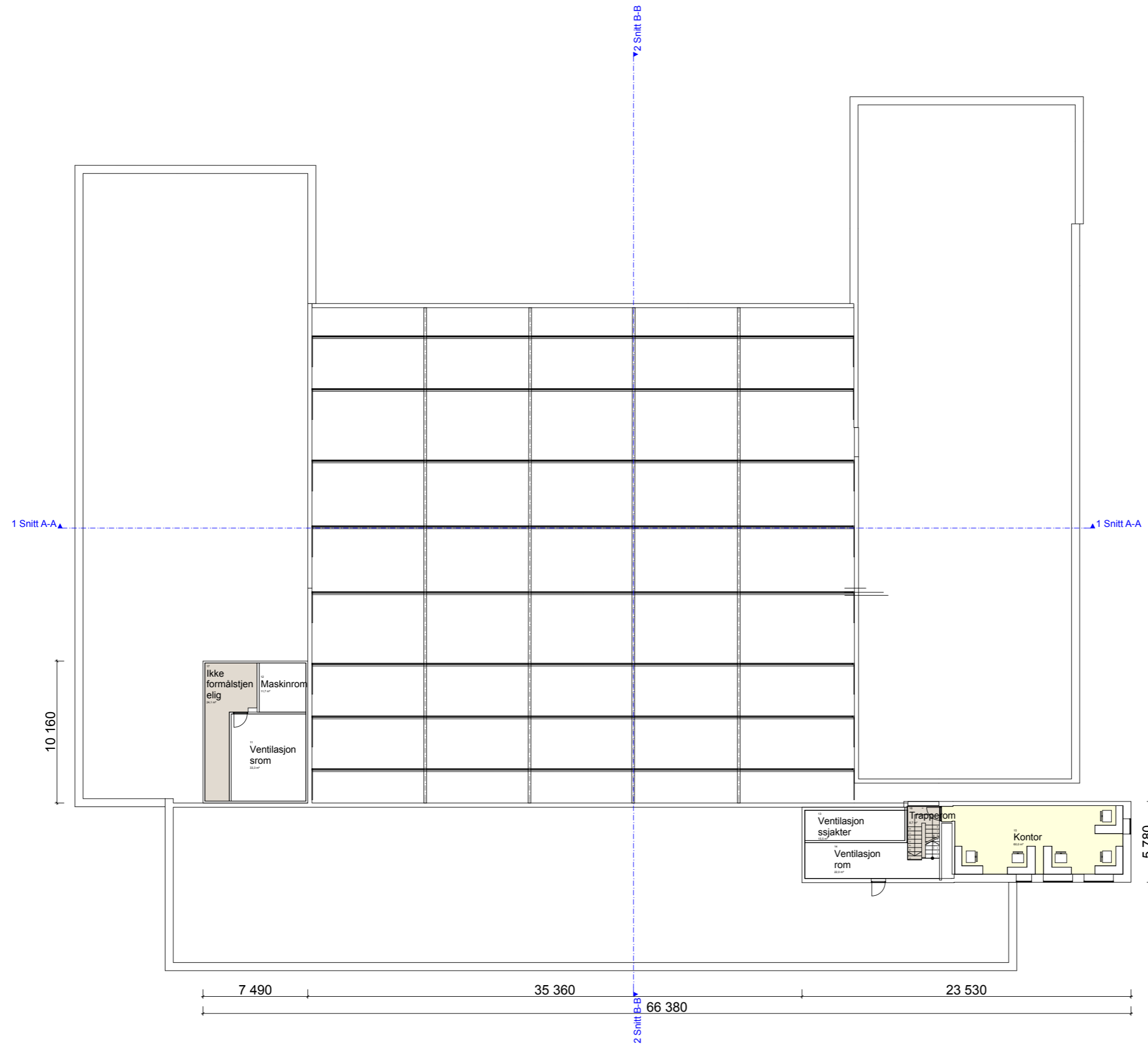
Tegning:	<b>Plan 1. etg</b>	Målestokk:	<b>1:300</b>
Prosjekt:	TF-bygget ved UMB		
Sted:	Ås		
Tegnet av:	Marita Åsgård	Dato:	12.05.2011



Tegning:	Målestokk:
<b>Plan 2. etg</b>	<b>1:300</b>
Prosjekt: TF-bygget ved UMB	
Sted: Ås	
Tegnet av: Marita Åsgård	Dato: 12.05.2011

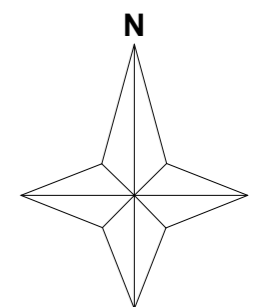
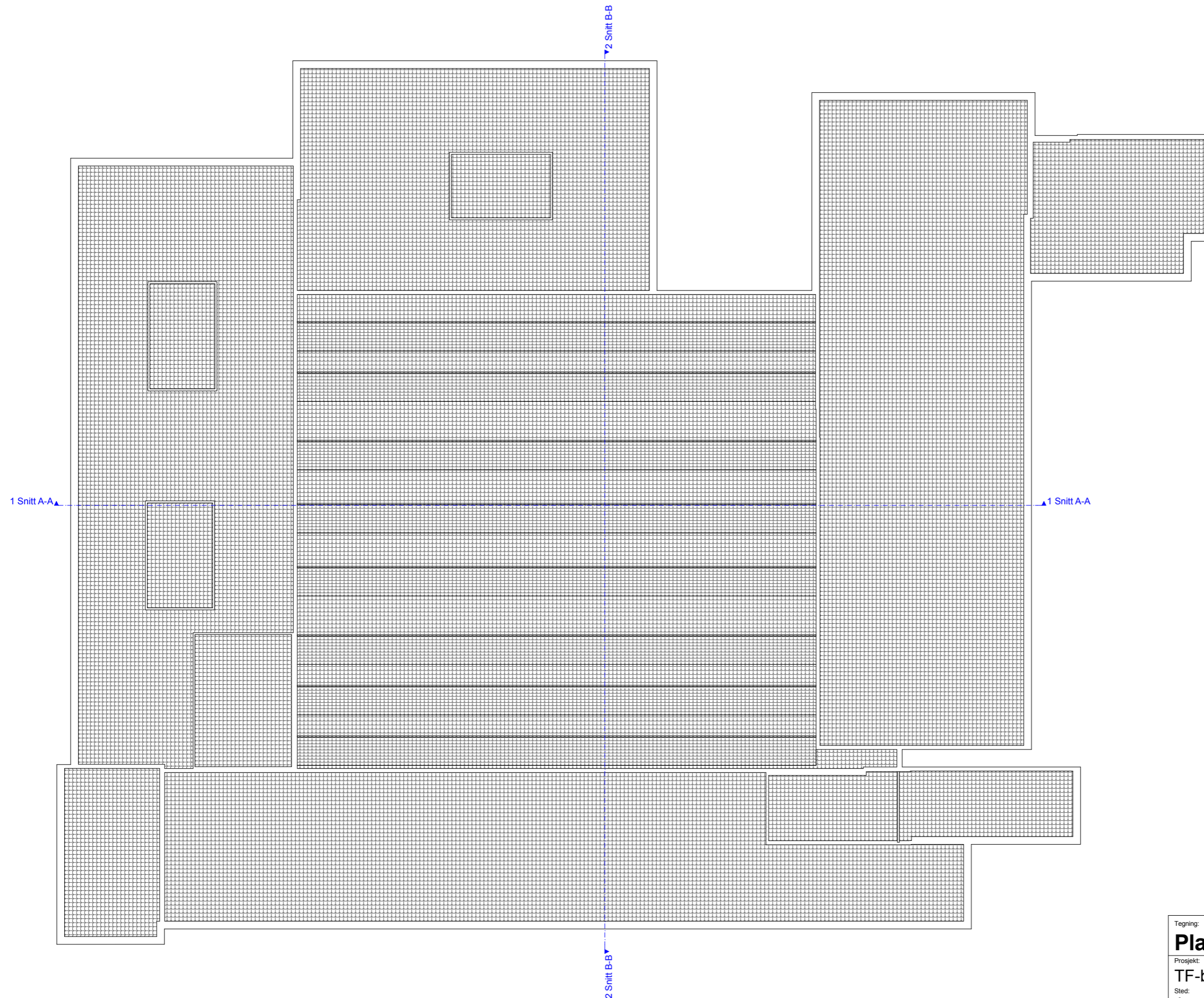


Tegning:	Målestokk:
<b>Plan 3. etg</b>	<b>1:300</b>
Prosjekt: TF-bygget ved UMB	
Sted: Ås	
Tegnet av: Marita Åsgård	Dato: 12.05.2011



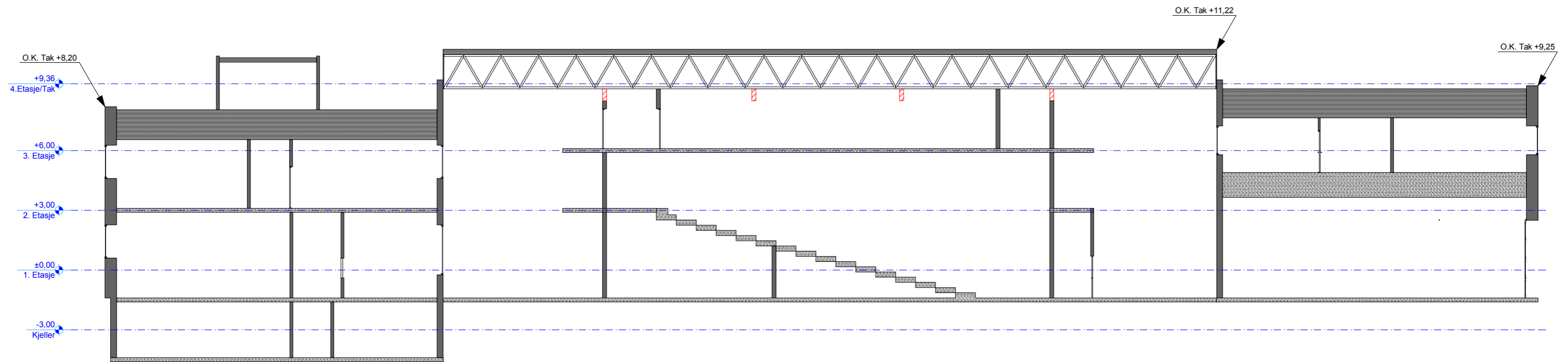
Tegning:	<b>Plan 4. etg</b>	Målestokk:	<b>1:300</b>
Prosjekt:	TF-bygget ved UMB		
Sted:	Ås		
Tegnet av:	Marita Åsgård	Dato:	12.05.2011



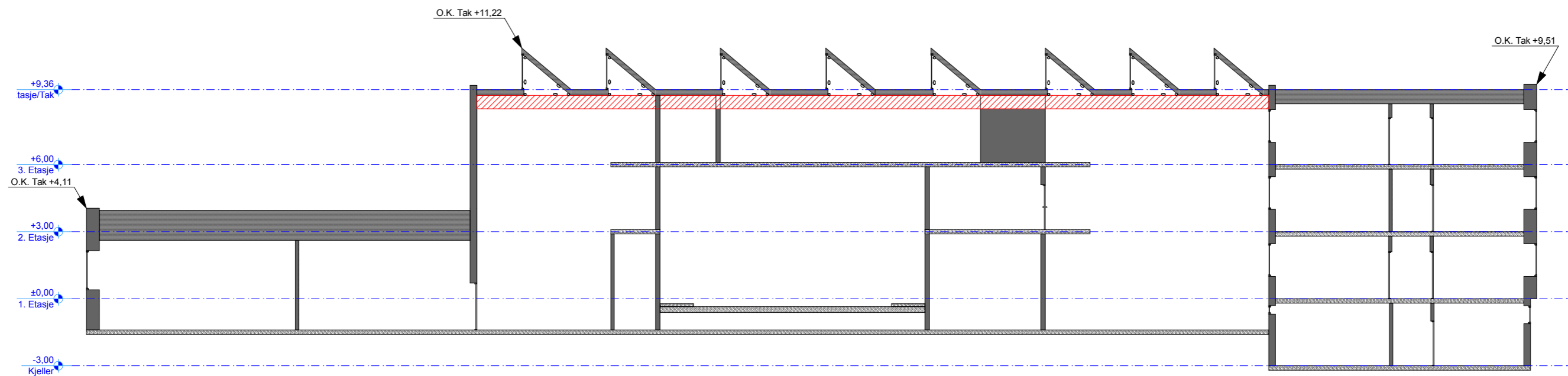


Tegning:	<b>Plan Tak</b>	Målestokk:	<b>1:300</b>
Prosjekt:	TF-bygget ved UMB		
Sted:	Ås		
Tegnet av:	Marita Åsgård	Dato:	12.05.2011



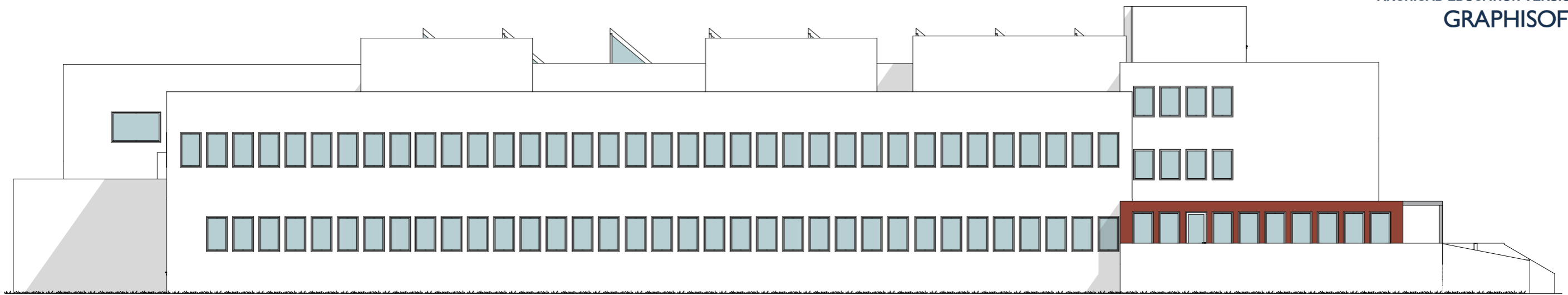


Snitt A-A

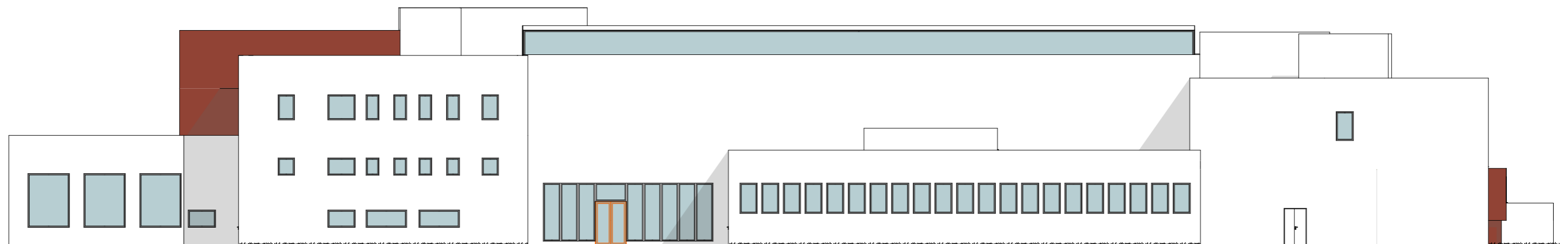


Snitt B-B

Tegning:	Målestokk:
<b>Snitt A-A og B-B</b>	<b>1:200</b>
Prosjekt: TF-bygget ved UMB	
Sted: Ås	
Tegnet av: Marita Åsgård	Dato: 12.05.2011

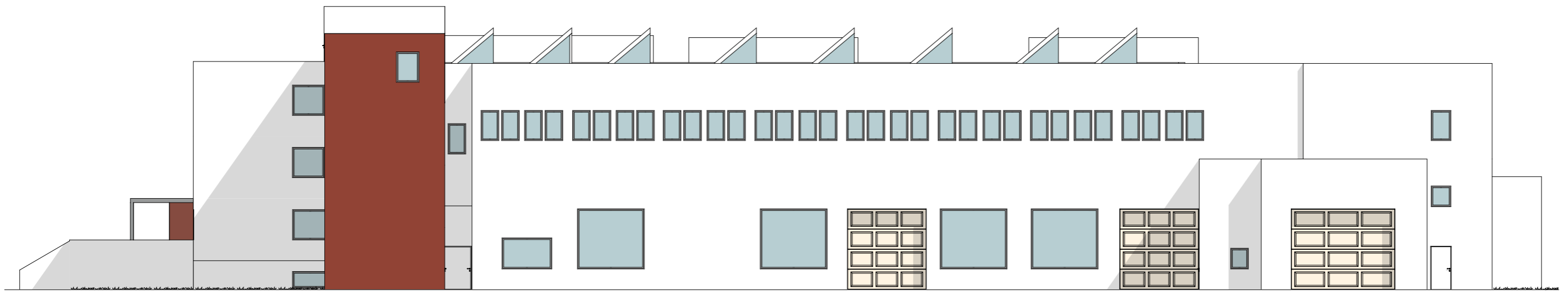


Fasade Vest



Fasade Nord

Tegning:	<b>Fasade Nord og Vest</b>	Målestokk:	<b>1:200</b>
Prosjekt:	TF-bygget ved UMB		
Sted:	Ås		
Tegnet av:	Marita Åsgård	Dato:	12.05.2011



Fasade Øst



Fasade Sør

Tegning:	<b>Fasade Sør og Øst</b>	Målestokk:	<b>1:200</b>
Prosjekt:	TF-bygget ved UMB		
Sted:	Ås		
Tegnet av:	Marita Åsgård	Dato:	12.05.2011

## 5.2 Energiberegninger

Et utdrag fra passivhussimuleringen i SIMIEN er vist i tabeller under. Først blir dagens situasjon presentert, deretter en fremtidig situasjon med utbedringer av TF bygget. Tabellene er merket blå der den oppfyller kravene til passivhusstandarden og rød der den ikke gjør det. For fullstendig rapport, se vedlegg 2 og 3.

### 5.2.1 Passivhusevaluering for dagens situasjon før utbedring.

Tabell 9: Resultat av evalueringen for TF-bygget i dag (Marita Åsgård)

Resultater av evalueringen		Beskrivelse
Evalueringskriterium	Resultat	
Evalueringskriterium	Resultat	Beskrivelse
Varmetapsramme	Bygningen tilfredstiller ikke kravet for varmetapstall	
Energiramme	Bygningen tilfredstiller ikke kravet for energibruk	
Minstekrav	Bygningen tilfredstiller ikke minstekrav til enkeltkomponenter	
Luftmengder ventilasjon	Luftmengdene tilfredstiller minstekrav gitt i prosjektrapport 42 (tabell B.4)	
Samlet evaluering	Bygningen tilfredstiller ikke alle krav til passivhus	

Den samlede evalueringen sier at bygningen ikke tilfredstiller minstekravene til et passivhus. Det eneste kravet bygget oppfyller er minstekravet for luftmengder.

Tabell 10: Varmetapsbudsjett for TF-bygget i dag ( $W/m^2K$ ) (Marita Åsgård)

Varmetapsbudsjett		Verdi
Beskrivelse		
Varmetapstall yttervegger		0,57
Varmetapstall tak		0,19
Varmetapstall gulv på grunn/mot det fri		0,07
Varmetapstall glass/vinduer/dører		0,32
Varmetapstall kuldebroer		0,08
Varmetapstall infiltrasjon		0,22
Varmetapstall ventilasjon		0,46
Totalt varmetapstall		1,91
Krav varmetapstall		0,50

Tabell 10 ovenfor, viser det totale varmetapstallet for TF-bygget samt varmetapstallet til de forskjellige bygningsdelene. Det totale varmetapstallet for bygget er  $1,91 W/m^2K$ , og

kravet er  $0,50 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Bygget er derfor langt fra å oppfylle kravet til passivhus. Det oppfyller heller ingen av kravene i de ulike bygningsdelene.

Tabell 11: Energiytelse per år for TF-bygget i dag samt kravet til passivbygg (Marita Åsgård)

Energiytelse			
Beskrivelse		Verdi	Krav
Netto oppvarmingsbehov		182,4 kWh/m <sup>2</sup>	15,0 kWh/m <sup>2</sup>
Netto kjølebehov		8,6 kWh/m <sup>2</sup>	10,0 kWh/m <sup>2</sup>
CO <sub>2</sub> -utslipp		76 kg/m <sup>2</sup>	30 kg/m <sup>2</sup>

Tabell 11, viser hvilket oppvarmingsbehov, kjølebehov og hvor mye CO<sub>2</sub>-utslipp bygget har og hvilke krav det skal innfri. Av tabellen ser en at det bare er kjølebehovet som blir innfridd. Oppvarmingsbehovet er  $182,4 \text{ kWh/m}^2/\text{år}$  som er langt over kravet på  $15,0 \text{ kWh/m}^2/\text{år}$ .

Tabell 12: U-verdier og minstekrav til enkeltkomponenter for TF-bygget i dag (Marita Åsgård)

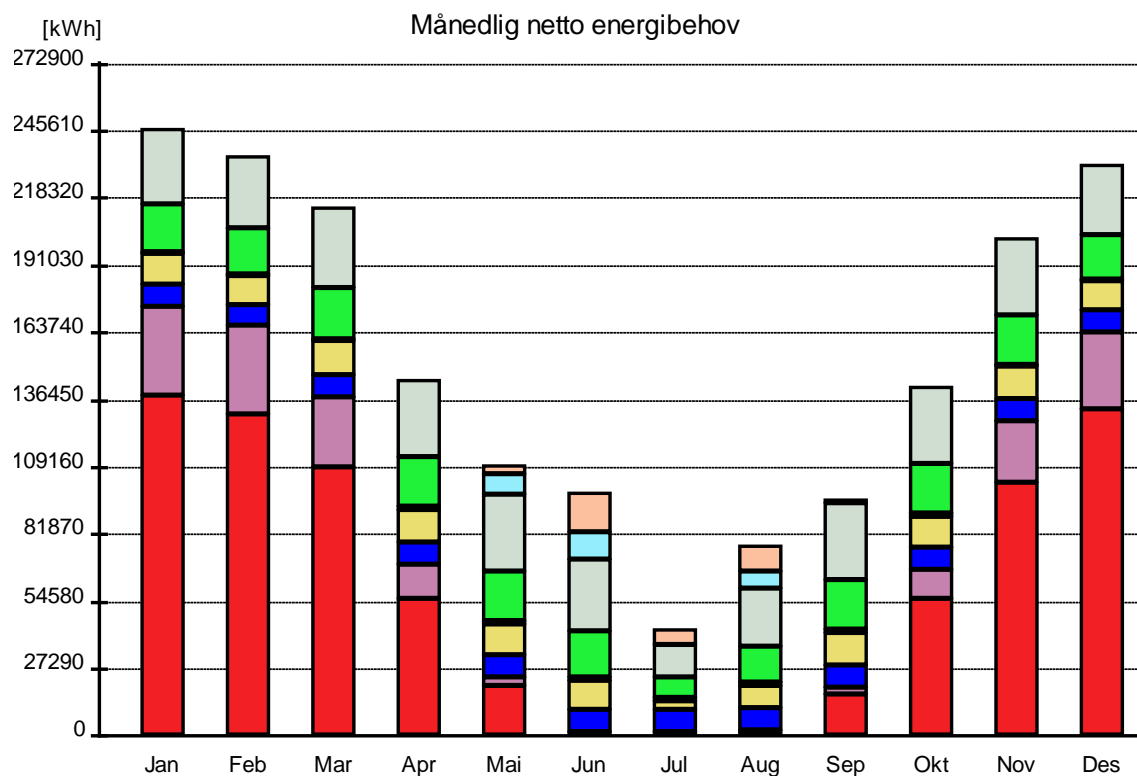
Minstekrav enkeltkomponenter			
Beskrivelse		Verdi	Krav
U-verdi yttervegger [W/m <sup>2</sup> K]		1,02	0,15
U-verdi tak [W/m <sup>2</sup> K]		0,45	0,15
U-verdi gulv mot grunn og mot det fri [W/m <sup>2</sup> K]		0,20	0,13
U-verdi glass/vinduer/dører [W/m <sup>2</sup> K]		2,30	0,80
Normalisert kuldebroverdi [W/m <sup>2</sup> K]		0,08	0,03
Årsmidlere temperaturvirkningsgrad varmegjenvinner ventilasjon [%]		77	80
Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m <sup>3</sup> /s]:		2,00	1,50
Lekkasjetall (lufttetthet ved 50 Pa trykkforskjell) [luftvekslinger pr time]		2,87	0,60

Tabell 12 beskriver hvilken u-verdi de forskjellige bygningskomponentene har og hvilke krav de skal oppfylle. Samtlige minstekrav til enkeltkomponenter er underkjent.

Tabell 13: Energibudsjett per år for TF-bygget i dag (Marita Åsgård)

Energipost	Energibehov	Spesifikt energibehov
1a Romoppvarming	1013042 kWh	151,4 kWh/m <sup>2</sup>
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	207314 kWh	31,0 kWh/m <sup>2</sup>
2 Varmtvann (tappevann)	33528 kWh	5,0 kWh/m <sup>2</sup>
3a Vifter	162684 kWh	24,3 kWh/m <sup>2</sup>
3b Pumper	18217 kWh	2,7 kWh/m <sup>2</sup>
4 Belysning	125735 kWh	18,8 kWh/m <sup>2</sup>
5 Teknisk utstyr	104781 kWh	15,7 kWh/m <sup>2</sup>
6a Romkjøling	1406 kWh	0,2 kWh/m <sup>2</sup>
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	56044 kWh	8,4 kWh/m <sup>2</sup>
Totalt netto energibehov, sum 1-6	1722751 kWh	257,5 kWh/m <sup>2</sup>

I Tabell 13, er simulert energibudsjett for bygget delt inn i ni forskjellige poster. Samlet viser disse det beregnede totale energibehovet TF-bygget har for et år. Simuleringen viser at dagens situasjon krever 257,5 kWh/m<sup>2</sup> i samlet energibehov.



Figur 24: Det månedlige netto energibehovet for TF-bygget i dag, angitt i kWh.

Fargeforklaring: **RØD** = romoppvarming, **LILLA** = ventilasjonsvarme, **KONGEBLÅ** = Tappevann, **BLÅ** = pumper **GUL** = Vifter, **GRØNN** = Belysning, **GRÅ** = teknisk utstyr, **TURKIS** = romkjøling, **ROSA** = ventilasjonskjøling. (Marita Åsgård).

Det simulerte månedlige netto energibehovet fordeler seg som vist ovenfor i Figur 24. Energi som går med til tekniske utstyr, belysning, pumper, vifter og tappevann er stort sett stabil gjennom hele året. Det som varierer er energibehovet til romoppvarming, romkjøling, ventilasjonsvarme og ventilasjonskjøling.

Tabell 14: Levert energi til TF-bygget i dag (Marita Åsgård)

Energivare	Levert energi til bygningen (beregnet)	
	Levert energi	Spesifikk levert energi
1a Direkte elektrisitet	471651 kWh	70,5 kWh/m <sup>2</sup>
1b El. til varmpumpesystemer	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
1c El. til solenergisystemer	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
2 Olje	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
3 Gass	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
4 Fjernvarme	1386768 kWh	207,3 kWh/m <sup>2</sup>
5 Biobrensel	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
6. Annen energivare ()	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
Totalt levert energi, sum 1-6	1858419 kWh	277,8 kWh/m <sup>2</sup>

Tabell 14, viser beregnet årlig levert energi til bygningen. Den er delt inn i ulike energileveringssystem et bygg kan ha. TF-bygget bruker i dag direkte elektrisitet og fjernvarme.

Totalt beregnet levert energi til bygningen er 277,8 kWh/m<sup>2</sup>/år. Av dette er 70,5 kWh/m<sup>2</sup>/år direkte elektrisitet og 207,3 kWh/m<sup>2</sup>/år fjernvarme.

Tabell 15: Oppsamlingstabell over resultater for situasjonen i dag (Marita Åsgård).

	Simulert	TEK 10	Lavenergibygge	Passivbygg
Oppvarming kWh/m <sup>2</sup> /år	182,4	≤ 130	≤ 32 <sup>1</sup>	≤ 16,3 <sup>1</sup>
Totalt energibehov kWh/m <sup>2</sup> /år	257,5	≤ 160	≤ 143 <sup>2</sup>	≤ 95 <sup>2</sup>
Varmetapstall W/m <sup>2</sup> K	1,91	≤ 1,5	≤ 0,65 <sup>1</sup>	≤ 0,50 <sup>1</sup>

1. For bygg over 250 m<sup>2</sup> og en årsmiddeltemp under 6,3°C.

2. For universitetsbygg.

Tabell 15 over viser simulerte verdier i forhold til krav i TEK10 og krav til passivbygg. Slik bygget er i dag oppfylder det verken krav til TEK 10 eller passivbygg.



### 5.2.2 Passivhusevaluering etter utbedring.

Tabell 16: Resultatet av evalueringen av TF-bygget etter utbedring (Marita Åsgård)

Resultater av evalueringen	
Evaluering mot passivhusstandarden	Beskrivelse
Varmetapsramme	Bygningen tilfredstiller ikke kravet for varmetapstall
Energiramme	Bygningen tilfredstiller ikke krav til energibruk
Minstekrav	Bygningen tilfredstiller minstekrav til enkeltkomponenter
Luftmengder ventilasjon	Luftmengdene tilfredstiller minstekrav gitt i prosjektrapport 42 (tabell B.4)
Samlet evaluering	Bygningen tilfredstiller ikke alle krav til passivhus

TF-bygget tilfredstiller heller ikke etter utbedringer minstekravene til passivhusevalueringen. Bygningen har ennå et for høyt varmetapstall og den tilfredstiller ikke kravene til energibruk.

Tabell 17: Varmetapsbudsjett for TF-bygget etter utbedringer ( $W/m^2K$ ) (Marita Åsgård)

Beskrivelse	Varmetapsbudsjett	Verdi
Varmetapstall yttervegger		0,04
Varmetapstall tak		0,06
Varmetapstall gulv på grunn/mot det fri		0,05
Varmetapstall glass/vinduer/dører		0,10
Varmetapstall kuldebroer		0,03
Varmetapstall infiltrasjon		0,06
Varmetapstall ventilasjon		0,30
Totalt varmetapstall		0,64
Krav varmetapstall		0,50

Tabell 17, viser varmtapsbudsjettet. Her er det totale varmetapstallet til bygningen, samt varmetapstallet til de forskjellige bygningsdelene beregnet.

Totalt varmetapstall for hele TF bygget er kommet ned til  $0,64 W/m^2K$  etter utbedringer.

Tabell 18: Energiytelse for TF-bygget etter utbedringer (Marita Åsgård).

Energiytelse			
Beskrivelse		Verdi	Krav
Netto oppvarmingsbehov		24,0 kWh/m <sup>2</sup>	15,0 kWh/m <sup>2</sup>
Netto kjølebehov		9,9 kWh/m <sup>2</sup>	10,0 kWh/m <sup>2</sup>
CO2-utslipp		9 kg/m <sup>2</sup>	30 kg/m <sup>2</sup>

Tabell 18 viser beregnet energiytelse til bygget etter utbedringer. Her går det fram at bygningen ikke tilfredstiller kravet til oppvarmingsbehovet.

Tabell 19: Beregnede oppnådde u-verdier og minstekrav til enkeltkomponenter for TF-bygget etter utbedring (Marita Åsgård).

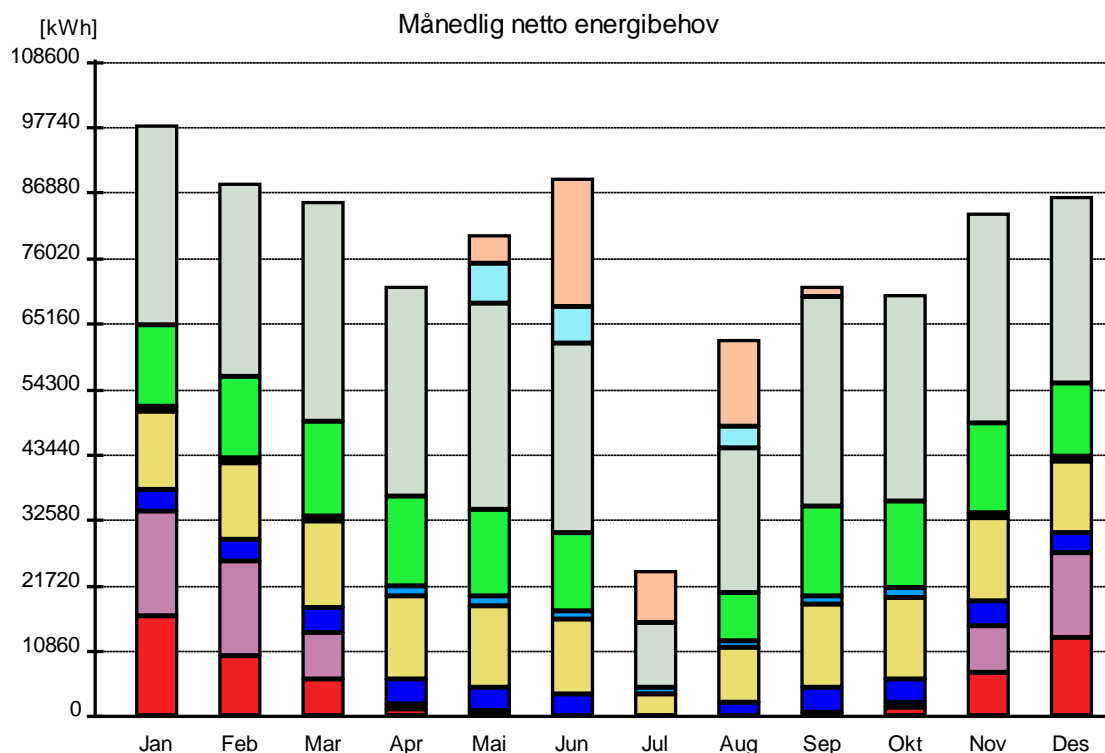
Minstekrav enkeltkomponenter			
Beskrivelse		Verdi	Krav
U-verdi yttervegger [W/m <sup>2</sup> K]		0,13	0,15
U-verdi tak [W/m <sup>2</sup> K]		0,13	0,15
U-verdi gulv mot grunn og mot det fri [W/m <sup>2</sup> K]		0,11	0,13
U-verdi glass/vinduer/dører [W/m <sup>2</sup> K]		0,70	0,80
Normalisert kuldebroverdi [W/m <sup>2</sup> K]		0,03	0,03
Årsmidlere temperaturvirkningsgrad varmegjenvinner ventilasjon [%]		85	80
Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m <sup>3</sup> /s]:		1,50	1,50
Lekkasjetall (lufttetthet ved 50 Pa trykkforskjell) [luftvekslinger pr time]		0,60	0,60

Samtlige minstekrav til enkeltkomponenter for passivhus er oppfylt og enkelt av verdiene er godt innenfor kravene.

Tabell 20: Energibudsjett per år for TF-bygget etter utbedring (Marita Åsgård)

Energipost	Energibudsjett	
	Energibehov	Spesifikt energibehov
1a Romoppvarming	125242 kWh	14,0 kWh/m <sup>2</sup>
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	89147 kWh	10,0 kWh/m <sup>2</sup>
2 Varmtvann (tappevann)	44713 kWh	5,0 kWh/m <sup>2</sup>
3a Vifter	165720 kWh	18,6 kWh/m <sup>2</sup>
3b Pumper	18852 kWh	2,1 kWh/m <sup>2</sup>
4 Belysning	167672 kWh	18,8 kWh/m <sup>2</sup>
5 Teknisk utstyr	139721 kWh	15,7 kWh/m <sup>2</sup>
6a Romkjøling	16108 kWh	1,8 kWh/m <sup>2</sup>
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	72658 kWh	8,1 kWh/m <sup>2</sup>
Totalt netto energibehov, sum 1-6	839833 kWh	94,1 kWh/m <sup>2</sup>

Tabell 20, viser det beregnede årlige energibehovet TF-bygget har etter utbedring fordelt på ni poster som krever energi. Det totale netto energibehovet for bygget er 94,1 kWh/m<sup>2</sup>/år.



Figur 25: Det månedlige netto energibehov etter utbedringer i angitt i kWh.

Fargeforklaring: **RØD** = romoppvarming, **LILLA** = ventilasjonsvarme, **KONGEBLÅ** = Tappevann, **BLÅ** = pumper **GUL** = Vifter, **GRØNN** = Belysning, **GRÅ** = teknisk utstyr, **TURKIS** = romkjøling, **ROSA** = ventilasjonskjøling (Marita Åsgård).

Figur 25 viser det årlige energibehovet fordelt på månedene. En kan se at energien til tekniske installasjoner holder seg noenlunde likt gjennom hele året. Avviket er i juli da bygget nesten ikke er i bruk. Energien til romoppvarming, romkjøling og ventilasjonsvarme følger årstiden. Den synker mot sommeren og stiger mot vinteren.

Tabell 21: Levert energi til TF-bygget etter utbedring (Marita Åsgård).

Energivare	Levert energi til bygningen (beregnet)	
	Levert energi	Spesifikk levert energi
1a Direkte elektrisitet	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
1b El. til varmepumpesystemer	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
1c El. til solenergisystemer	40605 kWh	4,6 kWh/m <sup>2</sup>
2 Olje	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
3 Gass	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
4 Fjernvarme	274110 kWh	30,7 kWh/m <sup>2</sup>
5 Biobrensel	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
6. Annen energivare ()	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
Totalt levert energi, sum 1-6	314715 kWh	35,3 kWh/m <sup>2</sup>

Tabell 21, viser beregnet årlig levert energi til bygningen. Energimengden blir fordelt etter hvilke energileveringssystemer som bygget bruker. Etter utbedringer satser en på energi fra solceller og fjernvarme. Beregnet totalt årlig levert elektrisk energi fra solcellesystemet er 4,6 kWh/m<sup>2</sup>/år. Beregnet totalt levert fjernvarme til TF bygget er 30,7 kWh/m<sup>2</sup>år. Samlet vil dette gi en årlig beregnet totalt levert energi på 35,3 kWh/m<sup>2</sup>år.

Tabell 22: Oppsamlingstabell over resultater etter utbedringer (Marita Åsgård)

	Simulert	TEK 10	Lavenergibyg g	Passivbygg
Oppvarming kWh/m <sup>2</sup> /år	24,0	≤ 130	≤ 32 <sup>1</sup>	≤ 16,3 <sup>1</sup>
Totalt energibehov kWh/m <sup>2</sup> /år	94,1	≤ 160	≤ 143 <sup>2</sup>	≤ 95 <sup>2</sup>
Varmetapstall W/m <sup>2</sup> K	0,64	≤ 1,5	≤ 0,65 <sup>1</sup>	≤ 0,50 <sup>1</sup>

1. For bygg over 250 m<sup>2</sup> og en årsmiddeltemp under 6,3°C.

2. For universitetsbygg.

Tabell 22 ovenfor, viser simulerte verdier etter utbedring, i forhold til TEK 10, lavenergibyg og passivbygg. En ser at TF-bygget bare oppfyller passivhusstandarden i kravet til totalt energibehov. For lavenergibyg derimot, er alle kravene innfridd.

For å se om økt etterisolering vil gi bedre netto oppvarmingsbehov, har det vært utført simuleringer med bedre u-verdi på vegger. Disse resultatene er samlet i Tabell 23 under.

Tabell 23: Etterisoleringens virkning på oppvarmingsbehovet (Marita Åsgård).

Etterisolering (mm)	U-verdi ( $W/m^2K$ )	Oppvarmingsbehov ( $kWh/m^2/år$ )
250	0,133	24,0
350	0,098	23,3
450	0,077	22,8
550	0,064	22,3
750	0,048	22,1
950	0,038	21,8

Av tabell 23 går det fram at ut over å tilfredsstille passivhusets krav til u-verdien for veggen, vil en tykkere etterisolering ikke gi en nevneverdig gevinst.

## 6. Diskusjon

I dette kapittelet blir resultatene i oppgaven diskutert. Tegningene vil først bli kommentert og deretter energiberegningene.

### 6.1 Tegning

Det ble bygd mye i perioden 1960-1980. Mange av disse bygningene er av veldig god konstruksjonsmessig standard og stor verdi. Det er forventet at 80 % av disse byggene fortsatt vil være i bruk i 2050 (Bjørberg 2010). Det vil derfor være en dårlig løsning å rive før en har sett på muligheten for rehabilitering. Spesielt i byer vil det være vanskelig å bygge tettere enn det det er i dag, med mindre en endrer høyden av bygg. En god løsning kan da være å oppgradere eksisterende bygningsmasse til dagens standard. Hvert enkelt bygg er unikt, og naturligvis vil det være behov for utredningsprosesser der en veier fordeler og ulemper mot hverandre. Det er i forkant vanskelig å avgjøre hvilke fordeler en oppnår gjennom rehabilitering, men det viser seg at rehabilitering ofte er mer miljøvennlig enn å rive for så å bygge nytt.

Det aktuelle bygget for denne oppgaven, TF-bygget, har en god konstruksjonsmessig standard. Det har derfor ikke vært nødvendig med noen konstruksjonsmessige tilpassinger ved eksisterende bygningsmasse. Rehabiliteringen har gått på energiøkonomiske tiltak, i tillegg til løsninger ved brukervennlighet og oppgradering av innvendige og utvendige overflater av estetiske grunner. Det har vært vektlagt å respektere byggets opprinnelige arkitektur, noe som har blitt overholdt med de løsningene som er valgt. Tilbygget med de nye fasilitetene er lagt til bakgården og er godt integrert i det gamle bygget samtidig som det viser klart hva som er nytt. En utfordring har vært å finne ut hvor det best lar seg gjøre å utvide med flere rom, uten at den gamle bygningsmassen mister sin verdi. Oppgraderingen vil bidra vesentlig til brukervennligheten. Hele bygget er med dette forslaget universelt utformet som gjør det tilgjengelig for alle. Utbyggingen har økt kapasiteten til TF-bygget slik at brukermassen i dag, og en eventuell økning, blir håndtert på en god måte. Dette er spesielt viktig for at

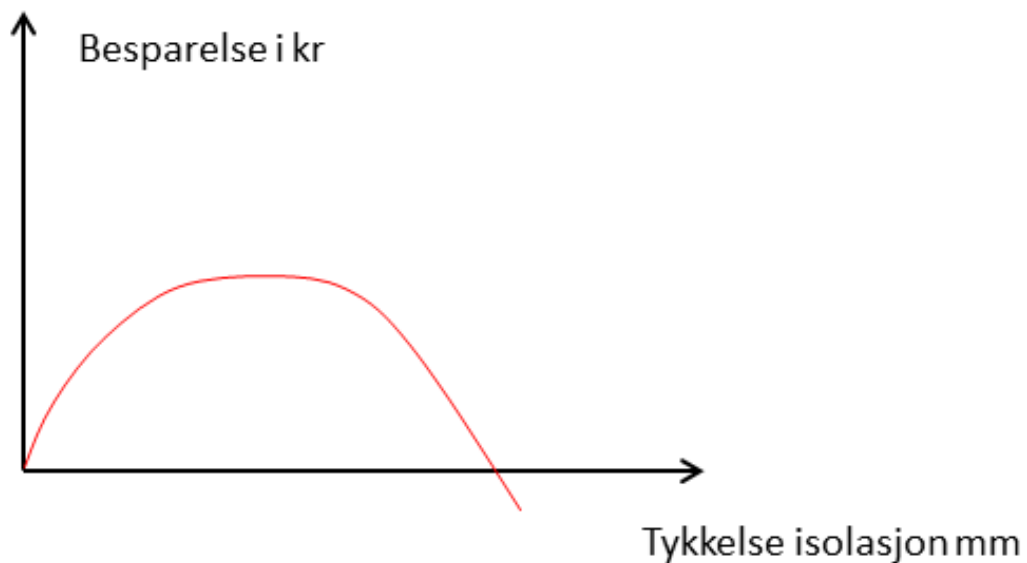
det skal være et bygg for fremtiden. Resultatet synes å ivareta de ønskede funksjonene til bygget, i tillegg til at det estetiske er ivaretatt.

### 6.2 Energiberegninger

Det har vært en utfordring å ta et så gammelt bygg og oppgradere det til et nullenergibygget. Til nå er det bare nye bygg som har fått denne betegnelsen. Etter utbedringer har hele bygget blitt et mye mer energibesparende bygg. Det har gått fra å ha et totalt energibehov på 257,5 kWh/m<sup>2</sup>/år til å bruke 94,1 kWh/m<sup>2</sup>/år noe som oppfyller kravet til universitetsbygg med passivhusstandard. Dette er en reduksjon i energiforbruk på hele 63 %. Forholdet stemmer godt overens med de opplysningene som nevnt innledningsvis i oppgaven, om at passivhus bruker under halvparten av forbruket til et vanlig hus. Dermed er forventningene til at det skulle være et tilsvarende likt størrelsesforhold i reduksjonen av energibruket til et undervisningsbygg, som et vanlig bolighus innfridd.

Det spesifikke energiforbruket til oppvarming var svært høyt før utbedring. Da var det totale netto energibehovet for TF bygget 182,4 kWh/m<sup>2</sup>/år. Dette er langt over kravet på 16,3 kWh/m<sup>2</sup>/år for passivhus. Etter utskifting av vinduer, og etterisolering av vegger og tak har oppvarmingsbehovet sunket til 24,0 kWh/m<sup>2</sup>/år. Dette er litt i overkant av passivhuskriteriet og tilfredsstillende derfor ikke betingelsen. Det er likevel et lavt energibehov og under kravet til lavenergibygget. Det er foretatt flere simuleringer for å se om tykkere etterisolering vil gjøre at oppvarmingsbehovet synker (Se Tabell 23). Dette har ikke ført til den nødvendige reduksjonen en trenger for å oppnå kravet til passivhus. Det viser at gevinsten av etterisoleringen vil avta med tykkelsen og at kostnadene av materialforbruket ikke står i forhold til energibesparelsen. Dette vil gjøre en svært omfattende etterisolering lite kostnadseffektivt. Det må likevel poengteres at det i denne oppgaven ikke er gjort kostnadsberegninger for bygningsutbedringer og prisvurderinger for alternativer energikilder.





Figur 26: Skissert gevinst av etterisolering i forhold til tykkelse på isolasjon (Marita Åsgård).

Før utbedringer er varmetapstallet til TF-bygget  $1,91 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Etter utbedringer har det sunket til  $0,64 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Dette er en svært stor forbedring, men det oppfyller ikke kravet til passivhusstandarden som er  $0,50 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Sammenlignes de spesifikke tallene til de enkelte bygningsdelene før og etter utbedring, har de fleste postene sunket betraktelig. Spesielt gjelder dette varmetapstallet for yttervegger, tak, vindu og infiltrasjon. En post som derimot skiller seg negativt ut er varmetapstallet for ventilasjon. Denne er fortsatt høy, og er årsaken til at kravet ikke blir oppfylt.

Totalt levert energi til bygget er  $314\,715 \text{ kWh}$ , der  $274\,110 \text{ kWh}$  er fjernvarme og  $40\,605 \text{ kWh}$  er elektrisk energi. Den elektriske energien dekkes av energi produsert av solceller. Valget av solceller synes ut fra denne oppgaven å være det beste alternativet, da energimengden som må produseres ikke er så stor. Dersom hele universitetet skulle få dekket elektrisitetsbehovet, ville det nok ha blitt valgt en annen energiforsyning enn solceller, både med tanke på kostnadseffektivitet og med tanke på det arealbehovet et solcelleanlegg krever.

Det er foretatt én simulering av bygget opp mot lavenergikriteriene og her oppfyller TF-bygget alle kriterier. Det er også foretatt en simulert energimerking av bygget. Her får bygget beste karakter, grønn A. Det vi ser at det bruker mindre enn 95 kWh/m<sup>2</sup>/år totalt på energi og mindre enn 30 % av dette er fossil eller elektrisk energi til oppvarming.

For å kunne oppnå det energibilde som er diskutert over, er det viktig at alle betingelsene som er forutsatt i simuleringen, blir oppfylt. Av energiltak i forhold til bygningskroppen, er det spesielt lagt vekt på å isolere godt, slik at bygningskroppen blir tett og varmetapet blir minimalt. Det vil være en utfordring å få dette til. Det er derfor vesentlig at dette arbeidet utføres korrekt.

For at bygget i praksis skal få tilsiktet reduksjonen i energibruk er det ikke nok å redusere varmetapet med en tett bygningskropp. I tillegg vil det å redusere el-forbruket med å bytte til energieffektivt utstyr og velge en bra energikilde være avgjørende. Det er i løsningsforslaget forutsatt installert behovsstyring for oppvarming, belysning og ventilasjon, noe som gjør at hver enkelt bruker ikke trenger å tenke spesielt over sitt eget energiforbruk. Men for å oppnå tilsiktet resultat er det viktig at de som bruker bygningen til daglig, bruker bygget slik det er ment å brukes. En bør for eksempel ikke lufte manuelt, men la ventilasjonssystemet få virke slik det skal. Derfor er det bevisstgjørende å synliggjøre energiforbruket med forbrukstilbakemeldinger som alle kan se. I tillegg kan små, enkle huskereglene som minner brukeren om riktig bruk, bidra til å sikre den tilsiktede effekten av byggoppgraderingen.

### 7. Konklusjon

Målet med oppgaven har vært å utarbeide et forslag til renovering av TF-bygget. Dette er gjennomført og det har blitt et brukervennlig, moderne og energieffektivt bygg.

Det har vært et sentralt mål å prosjektere en bygning som er brukervennlig, og som tar høyde for de utfordringer som kommer i fremtiden. Skal en innfri dette målet, er universell utforming vesentlig. Etter renoveringen er bygningen nå tilrettelagt for alle brukere. For at universitetet skal fortsette å vokse og tilby en god teknisk utdanning, har kapasiteten til bygget vært et viktig tema. Utbyggingen av TF-bygget og dens tilhørende fasiliteter, har ført til at hverdagen for studenter og ansatte vil bli bedre. Konklusjonen er at disse målene er oppfylt med dette forslaget til oppgradering.

Innledningsvis ble det formulert et mål om å oppgradere TF-bygget så godt at det ville innfri kravene til et nullenergihus. For å nå dette målet, må bygget tilfredstille kravene til et passivhus, og den resterende direkte elektrisiteten må bli dekt av en fornybar energikilde. Bygget har bare klart å innfri ett av disse to vilkårene, som er at den direkte elektrisiteten blir dekket. Konklusjonene må derfor bli at TF-bygget ikke kan bli korrekt definert som et nullenergibygg. Det er derimot et bygg som oppfyller kriteriene til lavenergibygg og er selvforsynt med elektrisitet.

Problemstillingen sier også at det skal bestemmes gode tekniske løsninger for å redusere energiforbruket. Valget av solceller synes å være et godt valg for dette bygget. Det oppfyller kravet om å dekke den elektriske forsyningen til bygget.

Overføringsverdien fra denne oppgaven til andre lignende prosjekt er stor. Den illustrerer at energieffektive løsninger er mulig å få til også for eldre bygg. Selv om bygget ikke oppfyller nullenergikriteriene, så har bygget blitt et svært energieffektivt bygg. Det gjenstår å gjøre en fullstendig økonomisk evaluering av kostnadseffektiviteten i de forslag som er foreslått. Dette vil være viktig å gjøre for det enkelte bygg som trenger rehabilitering.

## 8. Forslag til videre arbeid

Det har vært mange spennende temaer i oppgaven, og noen temaer kunne det vært interessant å finne ut mer om. Denne oppgaven har begrenset arbeidet med de økonomiske aspektene ved rehabiliteringen, og heller konsentrert seg om hva som må til for å oppnå kravene til et nullenergibygge. Det vil derfor være nødvendig å se på de økonomiske konsekvensene i detalj. Et annet spennende tema vil være å se på muligheten for et mer helhetlig forslag til energiforsyning, et som kan forsyne hele Universitetet for miljø- og biovitenskap. Da er det mulig at dyp jordvarme, som kan forsyne universitet både med energi til oppvarming og elektrisk energi, kan være et godt alternativ.

## 9. Referanser

Andersen, I. (2008). Planlegging av solvarmeanlegg for lavenergigoliger og passivhus. En introduksjon.

Bellona. (2005). *Solceller*. Tilgjengelig fra:  
[http://www.bellona.no/norwegian\\_import\\_area/factsheet/energi/1138834315.92](http://www.bellona.no/norwegian_import_area/factsheet/energi/1138834315.92)  
(lest 21.01.2011).

Bjørberg, S. (2010). *Stortingsmelding om Bygningspolitikk*. Tilgjengelig fra:  
<http://www.regjeringen.no/pages/15128320/dokumentbjorberg.pdf> (lest 29.03.2011).

Brandtenberg, K. (2007a). *Fornybar energi 2007*. Tilgjengelig fra:  
<http://www.fornybar.no/file2.axd?fileDataID=de8808fc-828d-40fa-b557-91f3a6d0e1ea&width=2000> (lest 31.01.2011).

Brandtenberg, K. (2007b). *Fornybar energi 2007*. Tilgjengelig fra:  
<http://www.fornybar.no/sitepageview.aspx?sitePageID=1710> (lest 07.04.2011).

Byggeteknisk forskrift. (2010).

Bøckmann Glassolutions. (2010). Tilgjengelig fra:  
[http://www.bockmann.sggs.com/Bockmann/Vare%20Glasstyper/Isolerglass/Energispareglass/SGG\\_CLIMATOP\\_ONE\\_MAX\\_ULTRA.asp](http://www.bockmann.sggs.com/Bockmann/Vare%20Glasstyper/Isolerglass/Energispareglass/SGG_CLIMATOP_ONE_MAX_ULTRA.asp) (lest 21.03.2011).

Dokka, T. H., Lisø, K. R. & Andersen, I. (2010). *Passivhus, nullenergibygg og kunnskapsbehov*: Sintef Byggforsk. Tilgjengelig fra:  
[http://www.sintef.no/uploadpages/31328/Mestern\\_6-10\\_sintef\\_oppslag.pdf](http://www.sintef.no/uploadpages/31328/Mestern_6-10_sintef_oppslag.pdf) (lest 25.01.2011).

DSA, D.-o. s. v. U. (2005). 2-D Tegninger av TF-bygget.

Edvadsen, K. I. & Ramstad, T. (2007). *Håndbok 53 Trehus*.

eKlima. (2011). *Vær og klimadata*. Tilgjengelig fra:  
[http://sharki.oslo.dnmi.no/portal/page?\\_pageid=73,39035,73\\_39049&\\_dad=portal&\\_schema=PORTAL](http://sharki.oslo.dnmi.no/portal/page?_pageid=73,39035,73_39049&_dad=portal&_schema=PORTAL) (lest 08.04.2011).

Fornybar.no. (2009). *Vindressurser i Norge*. Tilgjengelig fra:

<http://www.fornybar.no/sitepageview.aspx?sitePageID=1740> (lest 08.04.2011).

Fossdal, M. L., Arnstad, E., Mathiesen, K. B. & Eriksen, B. (2007). *Fornybar energi 2007*.

Graphisoft. (2010). Tilgjengelig fra: <http://www.graphisoft.no/produkt/archicad/> (lest 29.03.2011).

Husbanken. (2010). Tilgjengelig fra:

[http://www.husbanken.no/Venstremeny/Miljo%20og%20energi/Passivhus\\_meny/Hvaeretpassivhus.aspx](http://www.husbanken.no/Venstremeny/Miljo%20og%20energi/Passivhus_meny/Hvaeretpassivhus.aspx).

JRC European Commission. (2011). *Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS)*. Tilgjengelig fra: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/> (lest 22.04.2011).

Landa, N. (2008). *U-verdien må beregnes riktig*. Tilgjengelig fra:

<http://www.glassportal.no/u-verdier-maa-beregnes-riktig.4491510-76520.html> (lest 21.03.2011).

Lavenergiboliger. (2007). Tilgjengelig fra:

<http://www.lavenergiboliger.no/hb/lavenergi.nsf/viewWebVerdtAaVite/21D511B305509669C125708F004520D1?OpenDocument> (lest 25.01.2011).

Lavenergiboliger. (2010). Tilgjengelig fra:

<http://www.lavenergiboliger.no/hb/lavenergi.nsf/viewWebVerdtAaVite/171BC6A887E42B86C12570A400462C64?OpenDocument> (lest 25.01.2011).

LBNL, L. B. N. L., USA. (2006). *Therm 5.2*. Tilgjengelig fra:

<http://windows.lbl.gov/software/therm/therm.html> (lest 24.02.2011).

Lie, B. (2010). *OSLO 2010: - Nesten en grad kaldere enn normalt; det kaldeste året siden 1987*

Tilgjengelig fra: <http://www.verogvind.net/readmore.asp?readmoreid=2847> (lest 30.03.2011).

NVE. (2010). *Energimerking*. Tilgjengelig fra: [www.energimerking.no/beregninger](http://www.energimerking.no/beregninger) (lest 29.03.2011).

Olsen, E. (2011a). *Personlig meddelelse. Dr. Ing. 1. aman fysikk ved Universitetet for miljø- og biovitenskap.*

Olsen, E. (2011b). *Solenergi - Powerpoint presentasjon.* Upublisert manuskript.

Rockwool. (2010a). *Oppforet tretak.* Tilgjengelig fra:  
<http://guiden.rockwool.no/konstruksjoner/takkonstruksjoner/oppforet-tretak?page=1322> (lest 22.03.2011).

Rockwool. (2010b). *Yttervegg av mur og betong.* Tilgjengelig fra:  
<http://guiden.rockwool.no/konstruksjoner/yttervegger/yttervegg-av-mur-og-betong>  
(lest 22.03.2011).

SIMIEN. (2010). Tilgjengelig fra:  
<http://www.programbyggerne.no/SIMIEN/start#hovedmeny> (lest 02.02.2011).

SINTEF Byggforsk. (2000). 533.102 Vinduer. Typer og funksjoner.

SINTEF Byggforsk. (2008). 471.018 Energikrav til bygninger. Dokumentasjonsmåter. Enrgitiltak.

Sprenger, M. (2011). *Kalddusj for solstrøm: Teknisk Ukeblad.* Tilgjengelig fra:  
<http://www.tu.no/energi/article285955.ece> (lest 06.05.2011).

Standard Norge. (2007). NS 3031-2007 Beregning av bygningers energiytelse. Metode og data.

Standard Norge. (2009). NS 11001-1 , Universell utforming av byggverk  
Del 1: Arbeids- og publikumsbygninger.

Standard Norge. (2010). NS 3700:2010 Kriterier for passivhus og lavenergihus - Boligbygninger.

Statsbygg. (2001). Tilstandsanalyse Norges Landbrukshøgskole, ITF- kvartalet.

Thyholt, M. (2009). *Utvendig kondens på vinduer: Glassportalen.* Tilgjengelig fra:  
<http://www.glassportal.no/utvendig-kondens-paa-vinduer.4561981-76511.html>.

Våge, J. (2007). Tilgjengelig fra: <http://www.umb.no/imt/artikkel/smakebiter-pa-betong-mur-tegl-og-tre-ved-umb> (lest 25.01.2011).



## 10. Vedlegg

- Vedlegg I:           Årssimulering før utbedring  
                          Undervisningsfløy, kontor og verksted.
- Vedlegg II:          Passivhussimulering før utbedring
- Vedlegg III:         Passivhussimulering etter utbedring
- Vedlegg IV:         Kalkulering av solceller
- Vedlegg V:          Lavenergihus evaluering etter utbedring
- Vedlegg VI:         Energimerking etter utbedring



# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering  
Tid/dato simulering: 14:31 7/4-2011  
Programversjon: 5.000  
Brukernavn: Student  
Firma: Undervisningslisens  
Inndatafil: C:\...\Undervisningsfløy før utbedring master.smi  
Prosjekt: Undervisningsfløy  
Sone: Alle soner

Energibudsjett		
Energipost	Energibehov	Spesifikt energibehov
1a Romoppvarming	255565 kWh	105,4 kWh/m <sup>2</sup>
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	71930 kWh	29,7 kWh/m <sup>2</sup>
2 Varmtvann (tappevann)	33971 kWh	14,0 kWh/m <sup>2</sup>
3a Vifter	57460 kWh	23,7 kWh/m <sup>2</sup>
3b Pumper	8474 kWh	3,5 kWh/m <sup>2</sup>
4 Belysning	68514 kWh	28,3 kWh/m <sup>2</sup>
5 Teknisk utstyr	134991 kWh	55,7 kWh/m <sup>2</sup>
6a Romkjøling	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	15191 kWh	6,3 kWh/m <sup>2</sup>
Totalt netto energibehov, sum 1-6	646095 kWh	266,6 kWh/m <sup>2</sup>

Levert energi til bygningen (beregnet)		
Energivare	Levert energi	Spesifikk levert energi
1a Direkte elektrisitet	312810 kWh	129,1 kWh/m <sup>2</sup>
1b El. til varmepumpesystemer	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
1c El. til solenergisystemer	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
2 Olje	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
3 Gass	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
4 Fjernvarme	372153 kWh	153,5 kWh/m <sup>2</sup>
5 Biobrensel	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
6. Annen energivare ( )	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
Totalt levert energi, sum 1-6	684963 kWh	282,6 kWh/m <sup>2</sup>



# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering  
Tid/dato simulering: 14:31 7/4-2011  
Programversjon: 5.000  
Brukernavn: Student  
Firma: Undervisningslisens  
Inndatafil: C:\...\Undervisningsfløy før utbedring master.smi  
Prosjekt: Undervisningsfløy  
Sone: Alle soner

Årlige utslipp av CO2		
Energivare	Utslipp	Spesifikt utslipp
1a Direkte elektrisitet	123560 kg	51,0 kg/m <sup>2</sup>
1b El. til varmepumpesystemer	0 kg	0,0 kg/m <sup>2</sup>
1c El. til solenergisystemer	0 kg	0,0 kg/m <sup>2</sup>
2 Olje	0 kg	0,0 kg/m <sup>2</sup>
3 Gass	0 kg	0,0 kg/m <sup>2</sup>
4 Fjernvarme	85967 kg	35,5 kg/m <sup>2</sup>
5 Biobrensel	0 kg	0,0 kg/m <sup>2</sup>
6. Annen energivare ()	0 kg	0,0 kg/m <sup>2</sup>
Totalt utslipp, sum 1-6	209527 kg	86,4 kg/m <sup>2</sup>

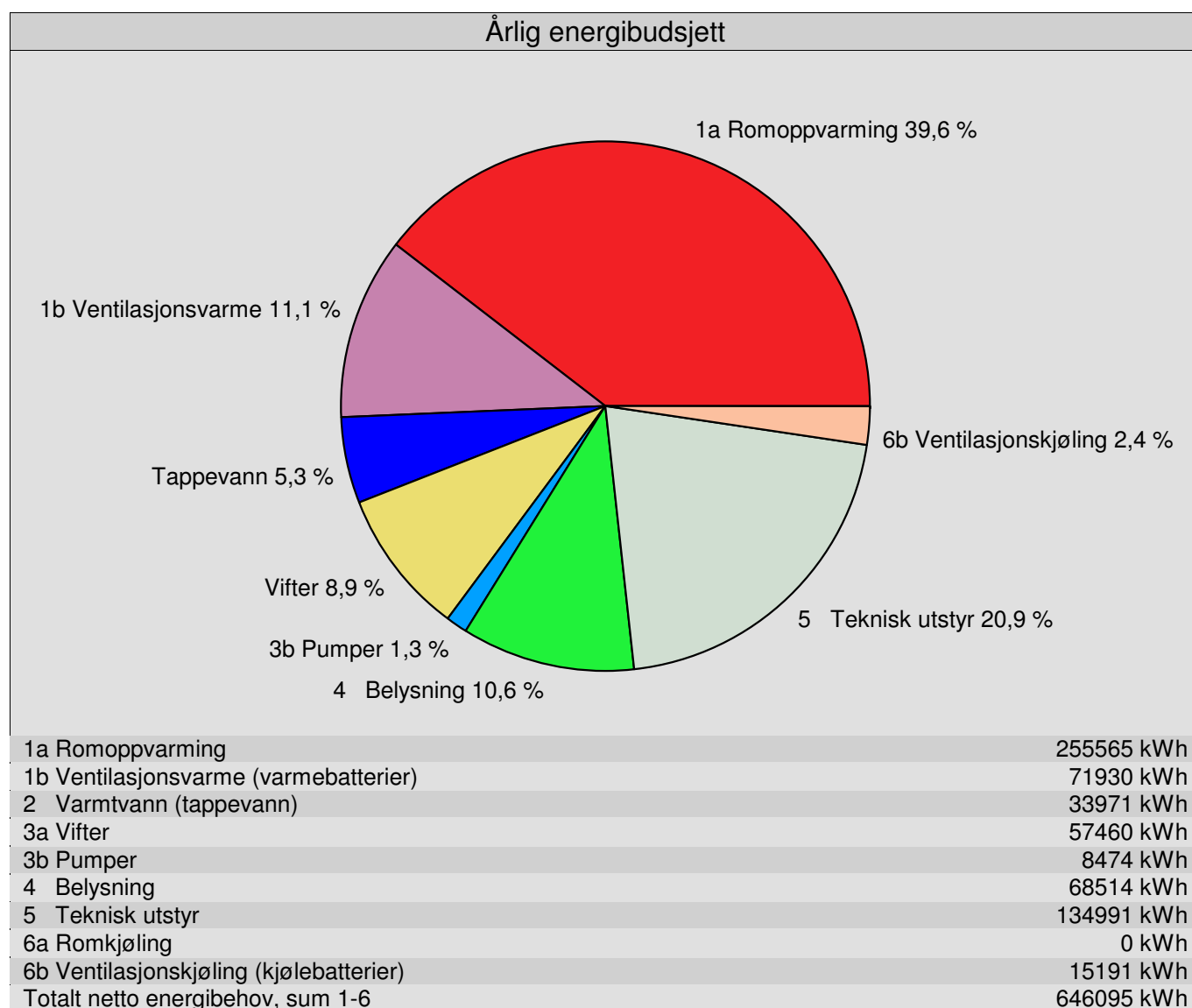
Kostnad kjøpt energi		
Energivare	Energikostnad	Spesifikk energikostnad
1a Direkte elektrisitet	250248 kr	103,2 kr/m <sup>2</sup>
1b El. til varmepumpesystemer	0 kr	0,0 kr/m <sup>2</sup>
1c El. til solenergisystemer	0 kr	0,0 kr/m <sup>2</sup>
2 Olje	0 kr	0,0 kr/m <sup>2</sup>
3 Gass	0 kr	0,0 kr/m <sup>2</sup>
4 Fjernvarme	279115 kr	115,2 kr/m <sup>2</sup>
5 Biobrensel	0 kr	0,0 kr/m <sup>2</sup>
6. Annen energivare ()	0 kr	0,0 kr/m <sup>2</sup>
Årlige energikostnader, sum 1-6	529363 kr	218,4 kr/m <sup>2</sup>



# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering  
Tid/dato simulering: 14:31 7/4-2011  
Programversjon: 5.000  
Brukernavn: Student  
Firma: Undervisningslisens  
Inndatafil: C:\...\Undervisningsfløy før utbedring master.smi  
Prosjekt: Undervisningsfløy  
Sone: Alle soner



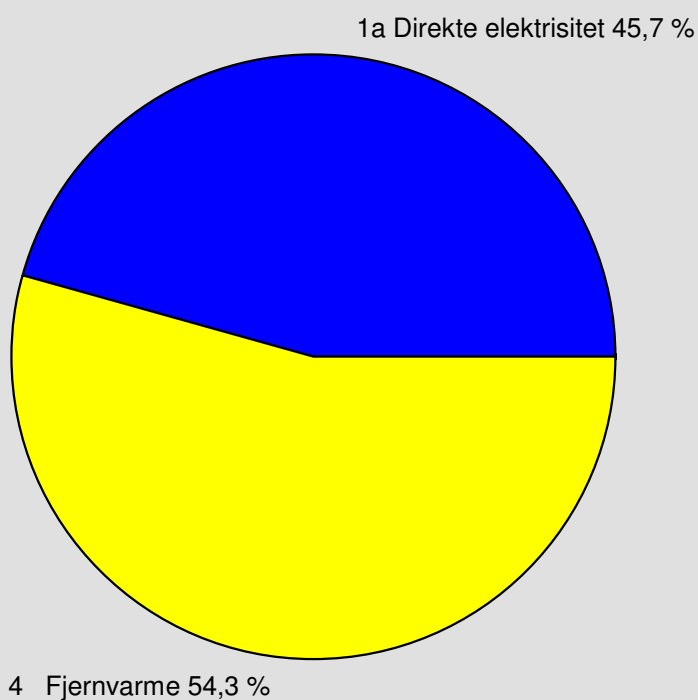


# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering  
Tid/dato simulering: 14:31 7/4-2011  
Programversjon: 5.000  
Brukernavn: Student  
Firma: Undervisningslisens  
Inndatafil: C:\...\Undervisningsfløy før utbedring master.smi  
Prosjekt: Undervisningsfløy  
Sone: Alle soner

### Levert energi til bygningen (beregnet)



1a Direkte elektrisitet	312810 kW
1b El. til varmepumpesystemer	0 kW
1c El. til solenergisystemer	0 kW
2 Olje	0 kW
3 Gass	0 kW
4 Fjernvarme	372153 kW
5 Biobrensel	0 kW
6. Annen energivare ( )	0 kW
<b>Totalt levert energi, sum 1-6</b>	<b>684963 kW</b>

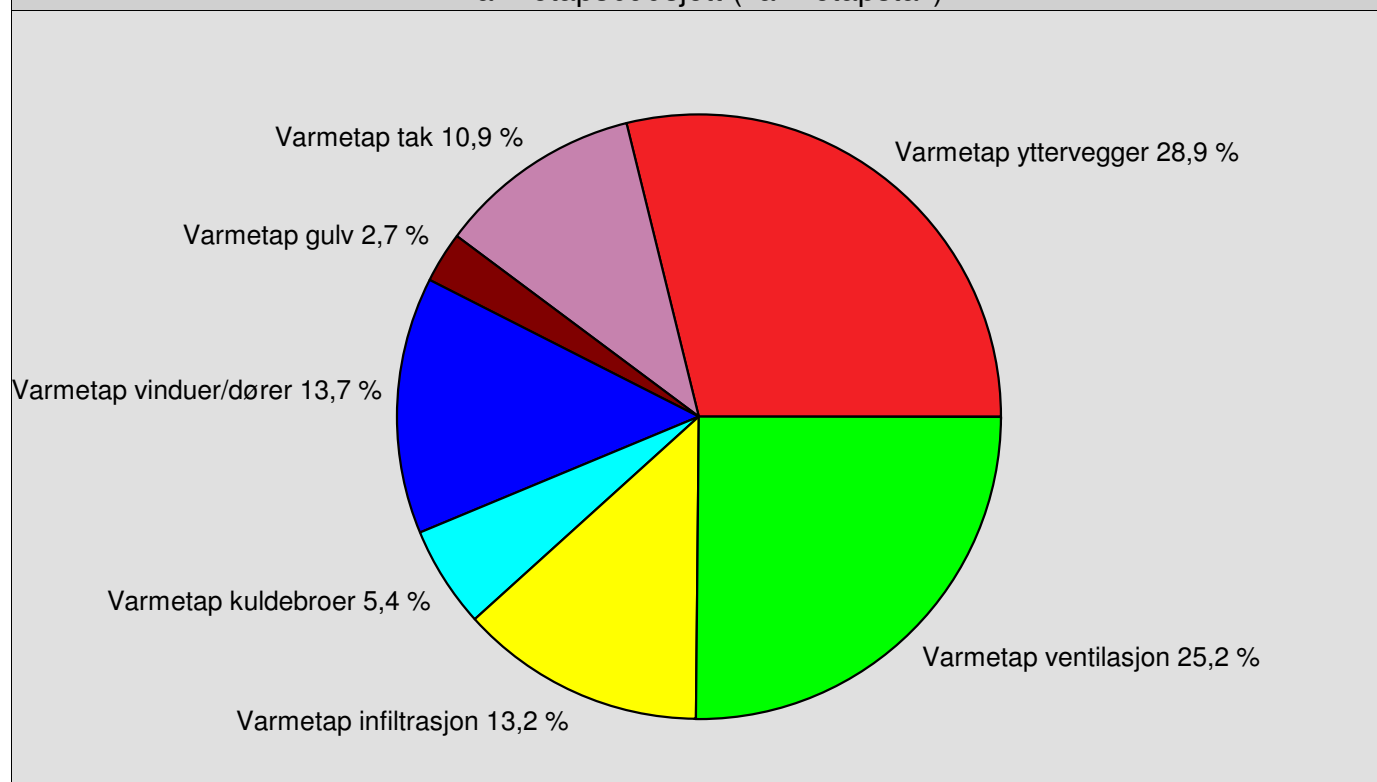


# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering  
Tid/dato simulering: 14:31 7/4-2011  
Programversjon: 5.000  
Brukernavn: Student  
Firma: Undervisningslisens  
Inndatafil: C:\...\Undervisningsfløy før utbedring master.smi  
Prosjekt: Undervisningsfløy  
Sone: Alle soner

### Varmetapsbudsjett (varmetapstall)



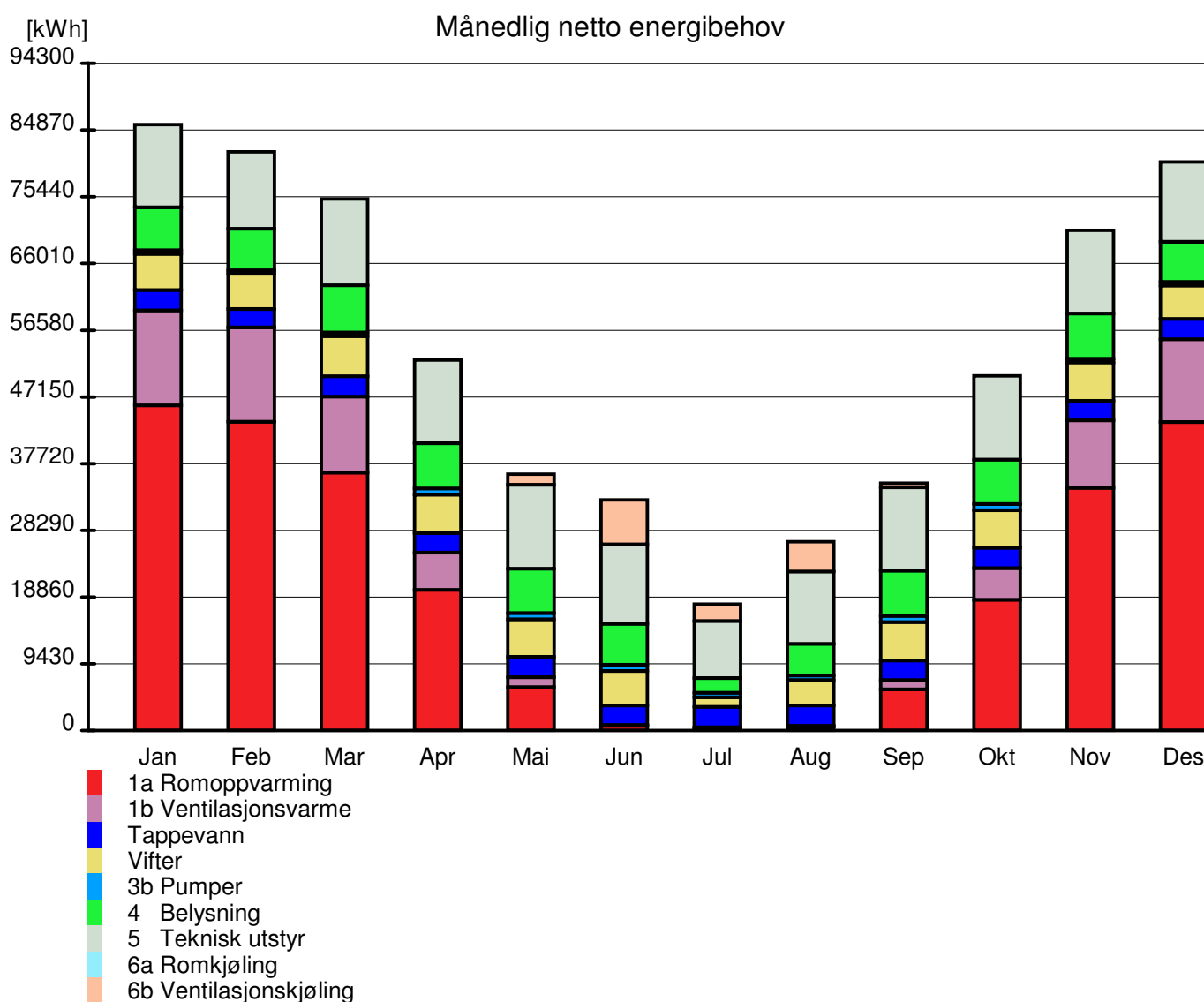
Varmetapstall yttervegger	0,52 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstall tak	0,20 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstall gulv på grunn/mot det fri	0,05 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstall glass/vinduer/dører	0,25 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstall kuldebroer	0,10 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstall infiltrasjon	0,24 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstall ventilasjon	0,46 W/m <sup>2</sup> K
Totalt varmetapstall	1,81 W/m <sup>2</sup> K



# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering  
Tid/dato simulering: 14:31 7/4-2011  
Programversjon: 5.000  
Brukernavn: Student  
Firma: Undervisningslisens  
Inndatafil: C:\...\Undervisningsfløy før utbedring master.smi  
Prosjekt: Undervisningsfløy  
Sone: Alle soner

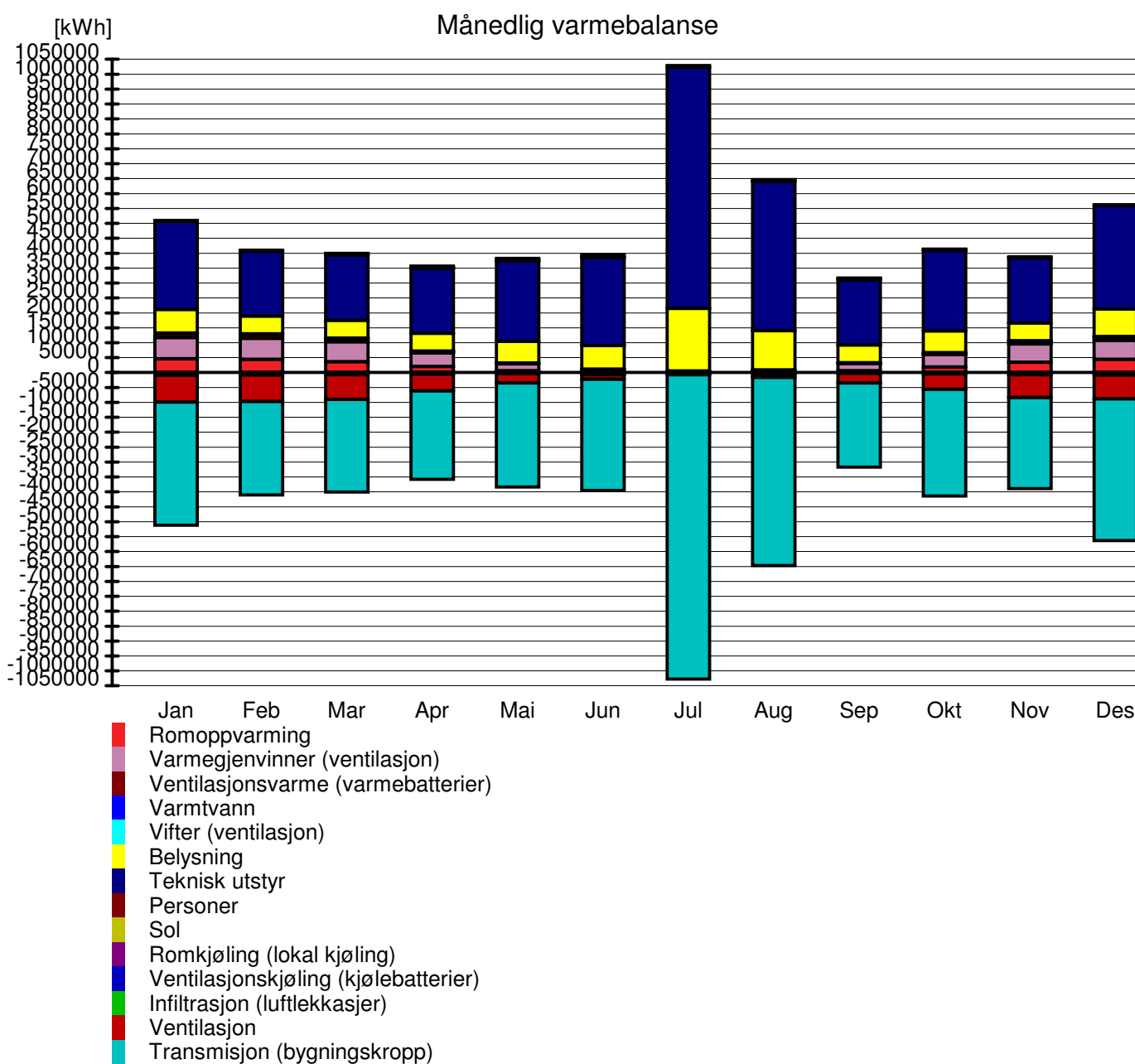




# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering  
Tid/dato simulering: 14:31 7/4-2011  
Programversjon: 5.000  
Brukernavn: Student  
Firma: Undervisningslisens  
Inndatafil: C:\...\Undervisningsfløy før utbedring master.smi  
Prosjekt: Undervisningsfløy  
Sone: Alle soner







# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering  
Tid/dato simulering: 14:31 7/4-2011  
Programversjon: 5.000  
Brukernavn: Student  
Firma: Undervisningslisens  
Inndatafil: C:\...\Undervisningsfløy før utbedring master.smi  
Prosjekt: Undervisningsfløy  
Sone: Alle soner

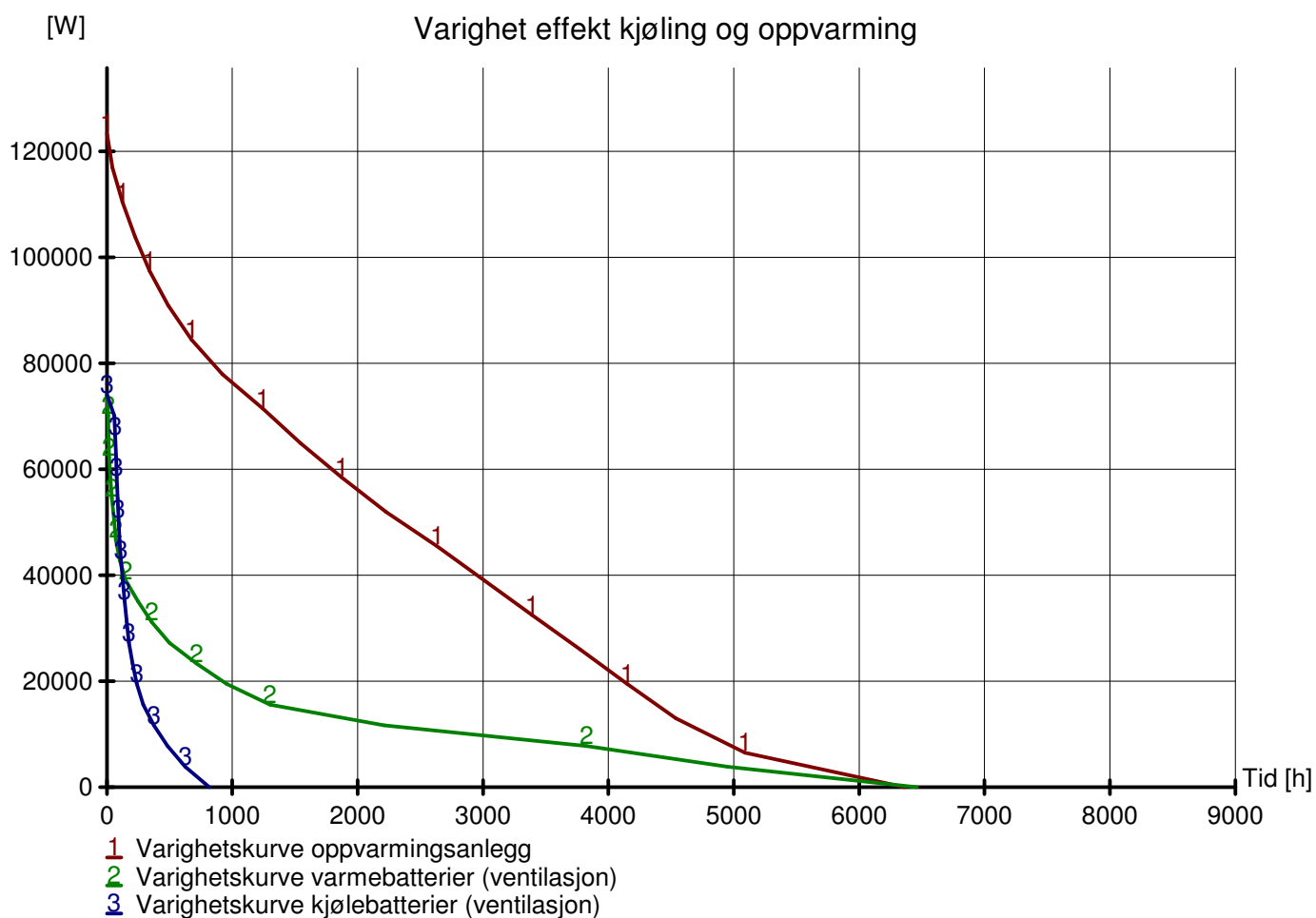
Måned	Månedlige temperaturdata (lufttemperatur)				
	Midlere ute	Maks. ute	Min. ute	Maks. sone	Min. sone
Jan	-3,7 °C	10,7 °C	-22,0 °C	21,0 °C (Undervisningssone )	15,0 °C (Lab sone)
Feb	-4,8 °C	10,2 °C	-24,7 °C	21,0 °C (Undervisningssone )	16,0 °C (Lab sone)
Mar	-0,5 °C	14,1 °C	-17,7 °C	21,5 °C (Lab sone)	17,6 °C (Lab sone)
Apr	4,8 °C	19,0 °C	-7,6 °C	22,2 °C (Lab sone)	19,0 °C (Undervisningssone )
Mai	11,7 °C	26,4 °C	-1,0 °C	25,0 °C (Lab sone)	19,0 °C (Undervisningssone )
Jun	16,5 °C	30,8 °C	3,5 °C	27,4 °C (Lab sone)	19,0 °C (Kjeller)
Jul	17,5 °C	29,8 °C	8,0 °C	27,2 °C (Lab sone)	19,0 °C (Lab sone)
Aug	16,9 °C	32,6 °C	5,2 °C	28,5 °C (Lab sone)	19,0 °C (Kjeller)
Sep	11,5 °C	24,2 °C	-1,2 °C	23,2 °C (Lab sone)	19,0 °C (Undervisningssone )
Okt	6,4 °C	19,6 °C	-6,8 °C	22,0 °C (Lab sone)	19,0 °C (Undervisningssone )
Nov	0,5 °C	12,9 °C	-14,7 °C	21,0 °C (Lab sone)	18,2 °C (Lab sone)
Des	-2,5 °C	11,2 °C	-20,9 °C	21,0 °C (Undervisningssone )	16,7 °C (Lab sone)



# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering  
Tid/dato simulering: 14:31 7/4-2011  
Programversjon: 5.000  
Brukernavn: Student  
Firma: Undervisningslisens  
Inndatafil: C:\...\Undervisningsfløy før utbedring master.smi  
Prosjekt: Undervisningsfløy  
Sone: Alle soner





# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering  
Tid/dato simulering: 14:31 7/4-2011  
Programversjon: 5.000  
Brukernavn: Student  
Firma: Undervisningslisens  
Inndatafil: C:\...\Undervisningsfløy før utbedring master.smi  
Prosjekt: Undervisningsfløy  
Sone: Alle soner

### Dokumentasjon av sentrale inndata (1)

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Areal yttervegger [m <sup>2</sup> ]:	1127	
Areal tak [m <sup>2</sup> ]:	1070	
Areal gulv [m <sup>2</sup> ]:	680	
Areal vinduer og ytterdører [m <sup>2</sup> ]:	270	
Oppvarmet bruksareal (BRA) [m <sup>2</sup> ]:	2424	
Oppvarmet luftvolum [m <sup>3</sup> ]:	8355	
U-verdi yttervegger [W/m <sup>2</sup> K]	1,13	
U-verdi tak [W/m <sup>2</sup> K]	0,45	
U-verdi gulv [W/m <sup>2</sup> K]	0,18	
U-verdi vinduer og ytterdører [W/m <sup>2</sup> K]	2,23	
Areal vinduer og dører delt på bruksareal [%]	11,1	
Normalisert kuldebroverdi [W/m <sup>2</sup> K]:	0,10	
Normalisert varmekapasitet [Wh/m <sup>2</sup> K]	192	
Lekkasjetall (n50) [1/h]:	3,00	
Temperaturvirkningsgr. varmegjenvinner [%]:	77	

### Dokumentasjon av sentrale inndata (2)

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Estimert temperaturvirk. varmegjenvinner justert for frostsikring [%]:	77,0	
Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m <sup>3</sup> /s]:	2,00	
Luftmengde i driftstiden [m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> ]	13,0	
Luftmengde utenfor driftstiden [m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> ]	3,0	
Systemvirkningsgrad oppvarmingsanlegg:	0,88	
Installert effekt romoppv. og varmebatt. [W/m <sup>2</sup> ]:	80	
Settpunkttemperatur for romoppvarming [°C]	20,0	
Systemeffektfaktor kjøling:	2,70	
Settpunkttemperatur for romkjøling [°C]	0,0	
Installert effekt romkjøling og kjølebatt. [W/m <sup>2</sup> ]:	30	
Spesifikk pumpeeffekt romoppvarming [kW/(l/s)]:	0,50	
Spesifikk pumpeeffekt romkjøling [kW/(l/s)]:	0,00	
Spesifikk pumpeeffekt varmebatteri [kW/(l/s)]:	0,50	
Spesifikk pumpeeffekt kjølebatteri [kW/(l/s)]:	0,60	
Driftstid oppvarming (timer)	12,0	



# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering  
Tid/dato simulering: 14:31 7/4-2011  
Programversjon: 5.000  
Brukernavn: Student  
Firma: Undervisningslisens  
Inndatafil: C:\...\Undervisningsfløy før utbedring master.smi  
Prosjekt: Undervisningsfløy  
Sone: Alle soner

Dokumentasjon av sentrale inndata (3)		
Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Driftstid kjøling (timer)	0,0	
Driftstid ventilasjon (timer)	12,0	
Driftstid belysning (timer)	12,0	
Driftstid utstyr (timer)	12,0	
Oppholdstid personer (timer)	8,6	
Effektbehov belysning i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	8,0	
Varmetilskudd belysning i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	8,0	
Effektbehov utstyr i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	10,7	
Varmetilskudd utstyr i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	10,7	
Effektbehov varmtvann på driftsdager [W/m <sup>2</sup> ]	1,6	
Varmetilskudd varmtvann i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	0,0	
Varmetilskudd personer i oppholdstiden [W/m <sup>2</sup> ]	6,6	
Total solfaktor for vindu og solskjerming:	0,15	
Gjennomsnittlig karmfaktor vinduer:	0,20	
Solskjermingsfaktor horisont/bygningsutspring:	0,72	

Inndata bygning	
Beskrivelse	Verdi
Bygningskategori	Universitets- og høgskolebygg
Simuleringsansvarlig	Marita Åsgård
Kommentar	

Inndata klima	
Beskrivelse	Verdi
Klimasted	Oslo
Breddegrad	59° 55'
Lengdegrad	10° 45'
Tidssone	GMT + 1
Årsmiddeltemperatur	6,3 °C
Midlere solstråling horisontal flate	110 W/m <sup>2</sup>
Midlere vindhastighet	2,2 m/s



# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering  
Tid/dato simulering: 14:31 7/4-2011  
Programversjon: 5.000  
Brukernavn: Student  
Firma: Undervisningslisens  
Inndatafil: C:\...\Undervisningsfløy før utbedring master.smi  
Prosjekt: Undervisningsfløy  
Sone: Alle soner

Beskrivelse	Inndata energiforsyning	Verdi
1a Direkte elektrisitet		Systemvirkningsgrad: 0,90 Kjølefaktor: 2,70 Energipris: 0,80 kr/kWh CO2-utslipp: 395 g/kWh Andel romoppvarming: 0,0% Andel oppv, tappevann: 100,0% Andel varmebatteri: 0,0 % Andel kjølebatteri: 100,0 % Andel romkjøling: 100,0 % Andel el, spesifikt: 100,0 %
4 Fjernvarme		Systemvirkningsgrad: 0,88 Kjølefaktor: 2,50 Energipris: 0,75 kr/kWh CO2-utslipp: 231 g/kWh Andel romoppvarming: 100,0% Andel oppv, tappevann: 0,0% Andel varmebatteri: 100,0 % Andel kjølebatteri: 0,0 % Andel romkjøling: 0,0 % Andel el, spesifikt: 0,0 %

Beskrivelse	Inndata ekspertverdier	Verdi
Konvektiv andel varmetilskudd belysning		0,30
Konvektiv andel varmetilsk. teknisk utstyr		0,50
Konvektiv andel varmetilskudd personer		0,50
Konvektiv andel varmetilskudd sol		0,50
Konvektiv varmoverføringskoeff. vegger		2,50
Konvektiv varmoverføringskoeff. himling		2,00
Konvektiv varmoverføringskoeff. gulv		3,00
Bypassfaktor kjølebatteri		0,25
Innv. varmemotstand på vinduruter		0,13
Midlere lufthastighet romluft		0,15
Turbulensintensitet romluft		25,00
Avstand fra vindu		0,60
Termisk konduktivitet akk. sjikt [W/m²K]:		20,00



# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering  
Tid/dato simulering: 10:59 10/4-2011  
Programversjon: 5.000  
Brukernavn: Student  
Firma: Undervisningslisens  
Inndatafil: C:\...\Kontorfløy før utbedring master.smi  
Prosjekt: TF-kontorfløy  
Sone: Alle soner

Energibudsjett		
Energipost	Energibehov	Spesifikt energibehov
1a Romoppvarming	272291 kWh	100,5 kWh/m <sup>2</sup>
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	70533 kWh	26,0 kWh/m <sup>2</sup>
2 Varmtvann (tappevann)	37993 kWh	14,0 kWh/m <sup>2</sup>
3a Vifter	50590 kWh	18,7 kWh/m <sup>2</sup>
3b Pumper	3520 kWh	1,3 kWh/m <sup>2</sup>
4 Belysning	103435 kWh	38,2 kWh/m <sup>2</sup>
5 Teknisk utstyr	135674 kWh	50,1 kWh/m <sup>2</sup>
6a Romkjøling	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	14749 kWh	5,4 kWh/m <sup>2</sup>
Totalt netto energibehov, sum 1-6	688785 kWh	254,1 kWh/m <sup>2</sup>

Levert energi til bygningen (beregnet)		
Energivare	Levert energi	Spesifikk levert energi
1a Direkte elektrisitet	341333 kWh	125,9 kWh/m <sup>2</sup>
1b El. til varmepumpesystemer	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
1c El. til solenergisystemer	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
2 Olje	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
3 Gass	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
4 Fjernvarme	408125 kWh	150,6 kWh/m <sup>2</sup>
5 Biobrensel	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
6. Annen energivare ( )	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
Totalt levert energi, sum 1-6	749457 kWh	276,5 kWh/m <sup>2</sup>



# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering  
Tid/dato simulering: 10:59 10/4-2011  
Programversjon: 5.000  
Brukernavn: Student  
Firma: Undervisningslisens  
Inndatafil: C:\...\Kontorfløy før utbedring master.smi  
Prosjekt: TF-kontorfløy  
Sone: Alle soner

Årlige utslipp av CO2		
Energivare	Utslipp	Spesifikt utslipp
1a Direkte elektrisitet	134826 kg	49,7 kg/m <sup>2</sup>
1b El. til varmepumpesystemer	0 kg	0,0 kg/m <sup>2</sup>
1c El. til solenergisystemer	0 kg	0,0 kg/m <sup>2</sup>
2 Olje	0 kg	0,0 kg/m <sup>2</sup>
3 Gass	0 kg	0,0 kg/m <sup>2</sup>
4 Fjernvarme	94277 kg	34,8 kg/m <sup>2</sup>
5 Biobrensel	0 kg	0,0 kg/m <sup>2</sup>
6. Annen energivare ()	0 kg	0,0 kg/m <sup>2</sup>
Totalt utslipp, sum 1-6	229103 kg	84,5 kg/m <sup>2</sup>

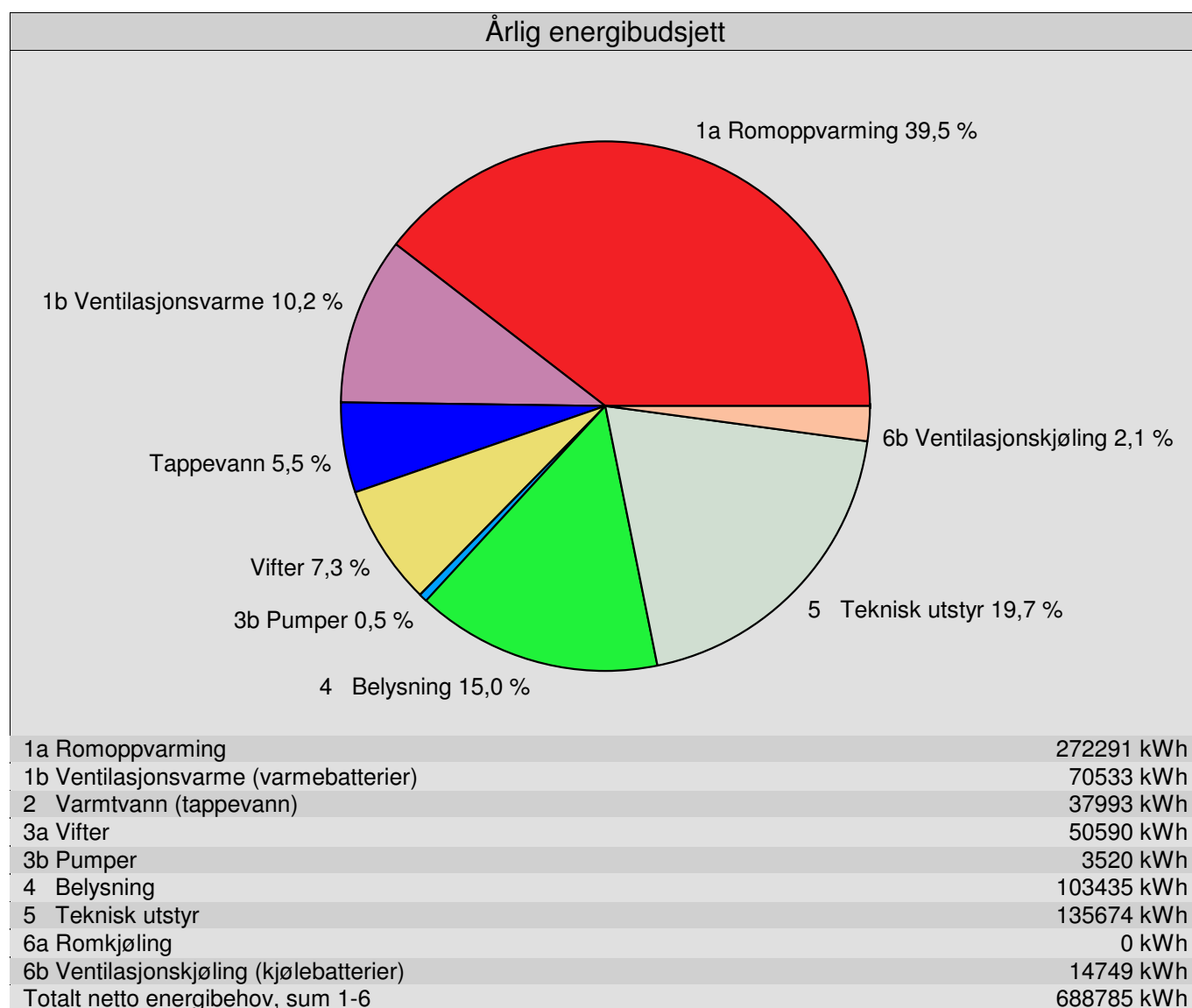
Kostnad kjøpt energi		
Energivare	Energikostnad	Spesifikk energikostnad
1a Direkte elektrisitet	273066 kr	100,7 kr/m <sup>2</sup>
1b El. til varmepumpesystemer	0 kr	0,0 kr/m <sup>2</sup>
1c El. til solenergisystemer	0 kr	0,0 kr/m <sup>2</sup>
2 Olje	0 kr	0,0 kr/m <sup>2</sup>
3 Gass	0 kr	0,0 kr/m <sup>2</sup>
4 Fjernvarme	306094 kr	112,9 kr/m <sup>2</sup>
5 Biobrensel	0 kr	0,0 kr/m <sup>2</sup>
6. Annen energivare ()	0 kr	0,0 kr/m <sup>2</sup>
Årlige energikostnader, sum 1-6	579160 kr	213,7 kr/m <sup>2</sup>



# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering  
Tid/dato simulering: 10:59 10/4-2011  
Programversjon: 5.000  
Brukernavn: Student  
Firma: Undervisningslisens  
Inndatafil: C:\...\Kontorfløy før utbedring master.smi  
Prosjekt: TF-kontorfløy  
Sone: Alle soner





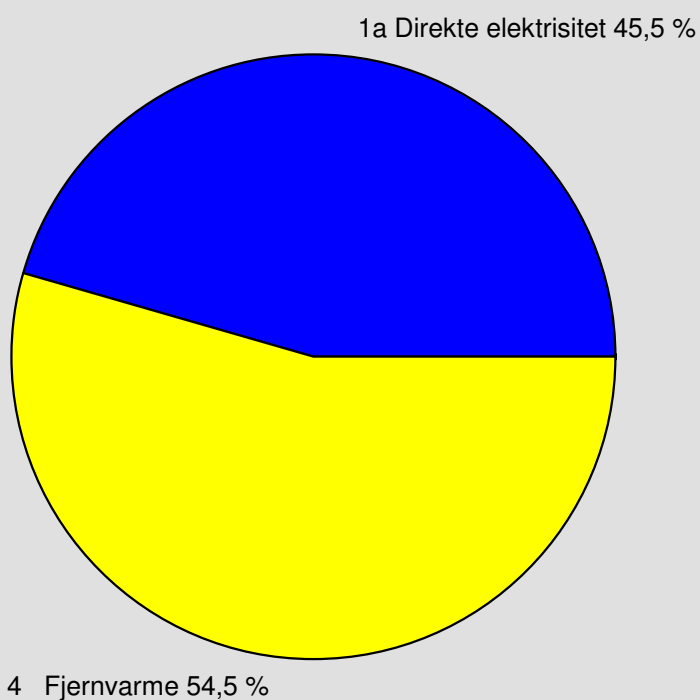


# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering  
Tid/dato simulering: 10:59 10/4-2011  
Programversjon: 5.000  
Brukernavn: Student  
Firma: Undervisningslisens  
Inndatafil: C:\...\Kontorfløy før utbedring master.smi  
Prosjekt: TF-kontorfløy  
Sone: Alle soner

### Levert energi til bygningen (beregnet)



1a Direkte elektrisitet	341333 kW
1b El. til varmepumpesystemer	0 kW
1c El. til solenergisystemer	0 kW
2 Olje	0 kW
3 Gass	0 kW
4 Fjernvarme	408125 kW
5 Biobrensel	0 kW
6. Annen energivare ( )	0 kW
<b>Totalt levert energi, sum 1-6</b>	<b>749457 kW</b>

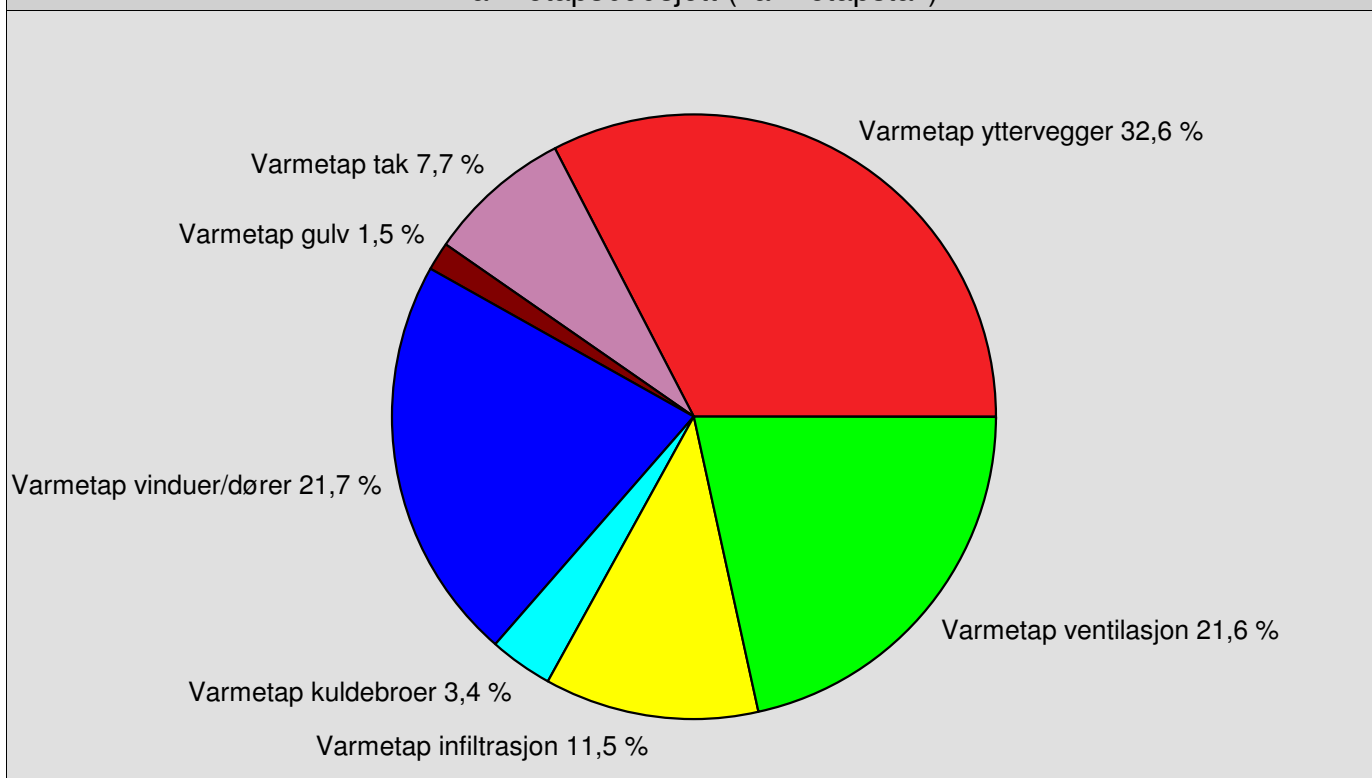


# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering  
Tid/dato simulering: 10:59 10/4-2011  
Programversjon: 5.000  
Brukernavn: Student  
Firma: Undervisningslisens  
Inndatafil: C:\...\Kontorfløy før utbedring master.smi  
Prosjekt: TF-kontorfløy  
Sone: Alle soner

### Varmetapsbudsjett (varmetapstall)



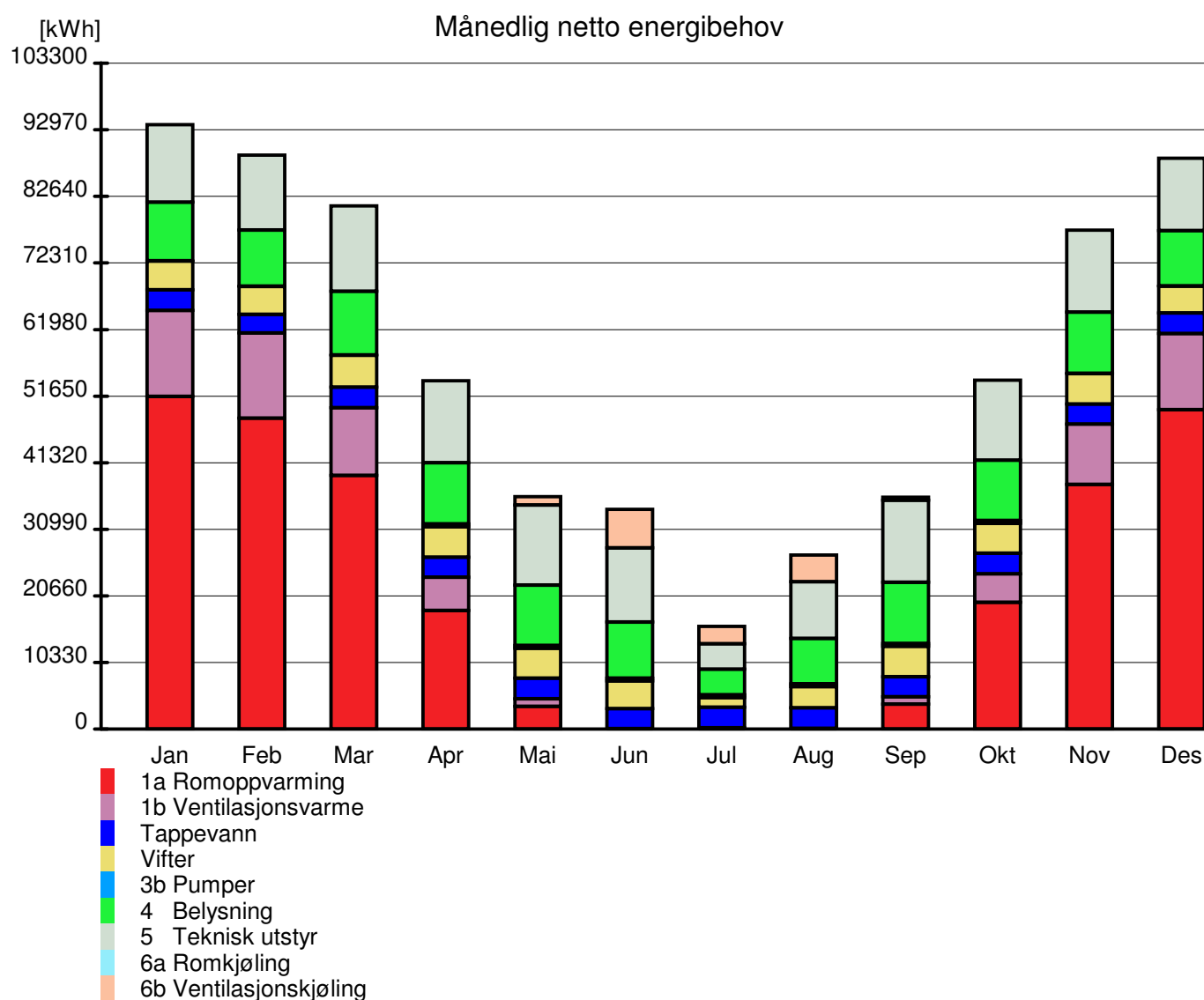
Varmetapstall yttervegger	0,58 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstall tak	0,14 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstall gulv på grunn/mot det fri	0,03 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstall glass/vinduer/dører	0,38 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstall kuldebroer	0,06 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstall infiltrasjon	0,20 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstall ventilasjon	0,38 W/m <sup>2</sup> K
Totalt varmetapstall	1,77 W/m <sup>2</sup> K



# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering  
Tid/data simulering: 10:59 10/4-2011  
Programversjon: 5.000  
Brukernavn: Student  
Firma: Undervisningslisens  
Inndatafil: C:\...\Kontorfløy før utbedring master.smi  
Prosjekt: TF-kontorfløy  
Sone: Alle soner

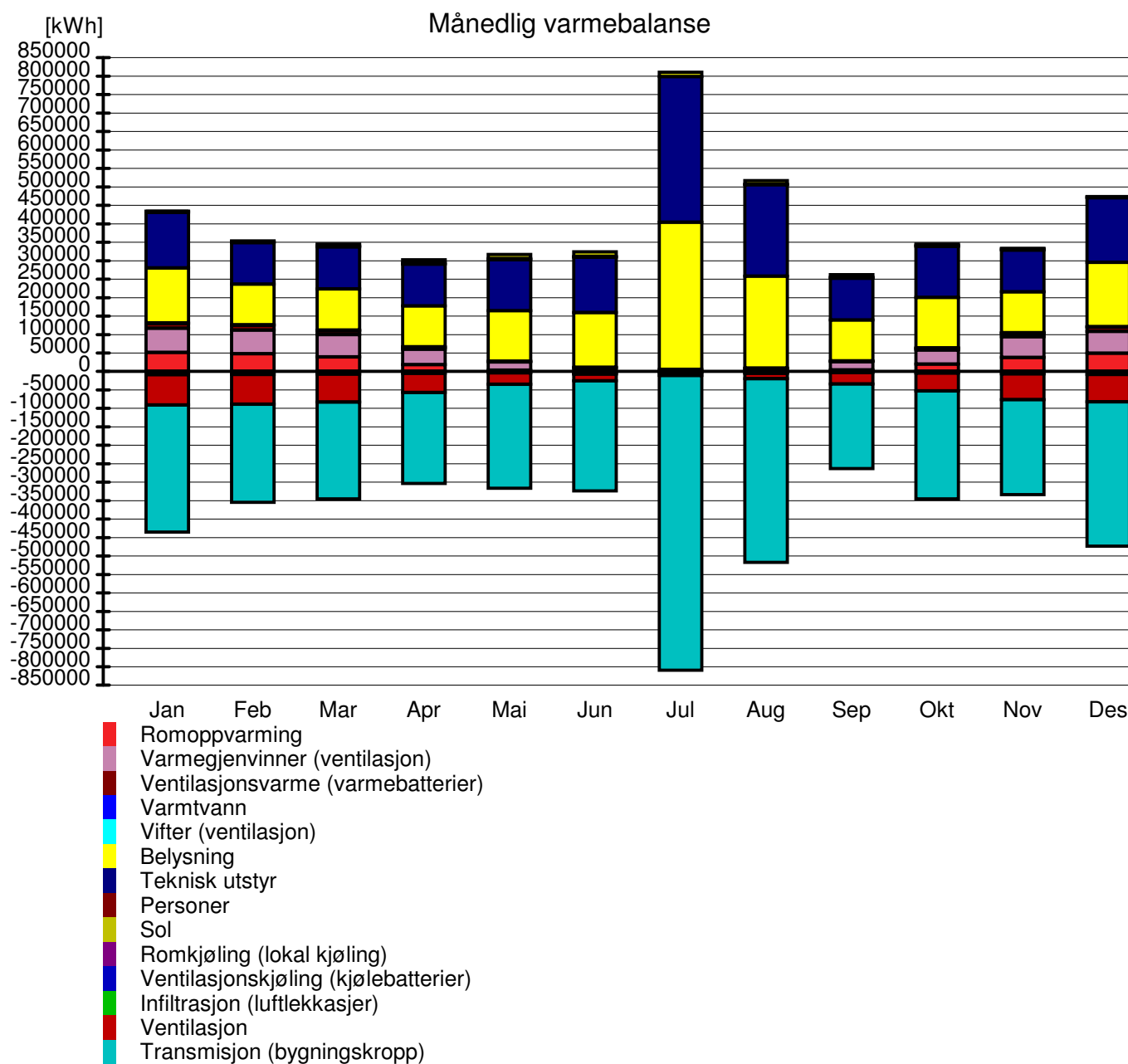




# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering  
Tid/dato simulering: 10:59 10/4-2011  
Programversjon: 5.000  
Brukernavn: Student  
Firma: Undervisningslisens  
Inndatafil: C:\...\Kontorfløy før utbedring master.smi  
Prosjekt: TF-kontorfløy  
Sone: Alle soner





# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering  
Tid/dato simulering: 10:59 10/4-2011  
Programversjon: 5.000  
Brukernavn: Student  
Firma: Undervisningslisens  
Inndatafil: C:\...\Kontorfløy før utbedring master.smi  
Prosjekt: TF-kontorfløy  
Sone: Alle soner

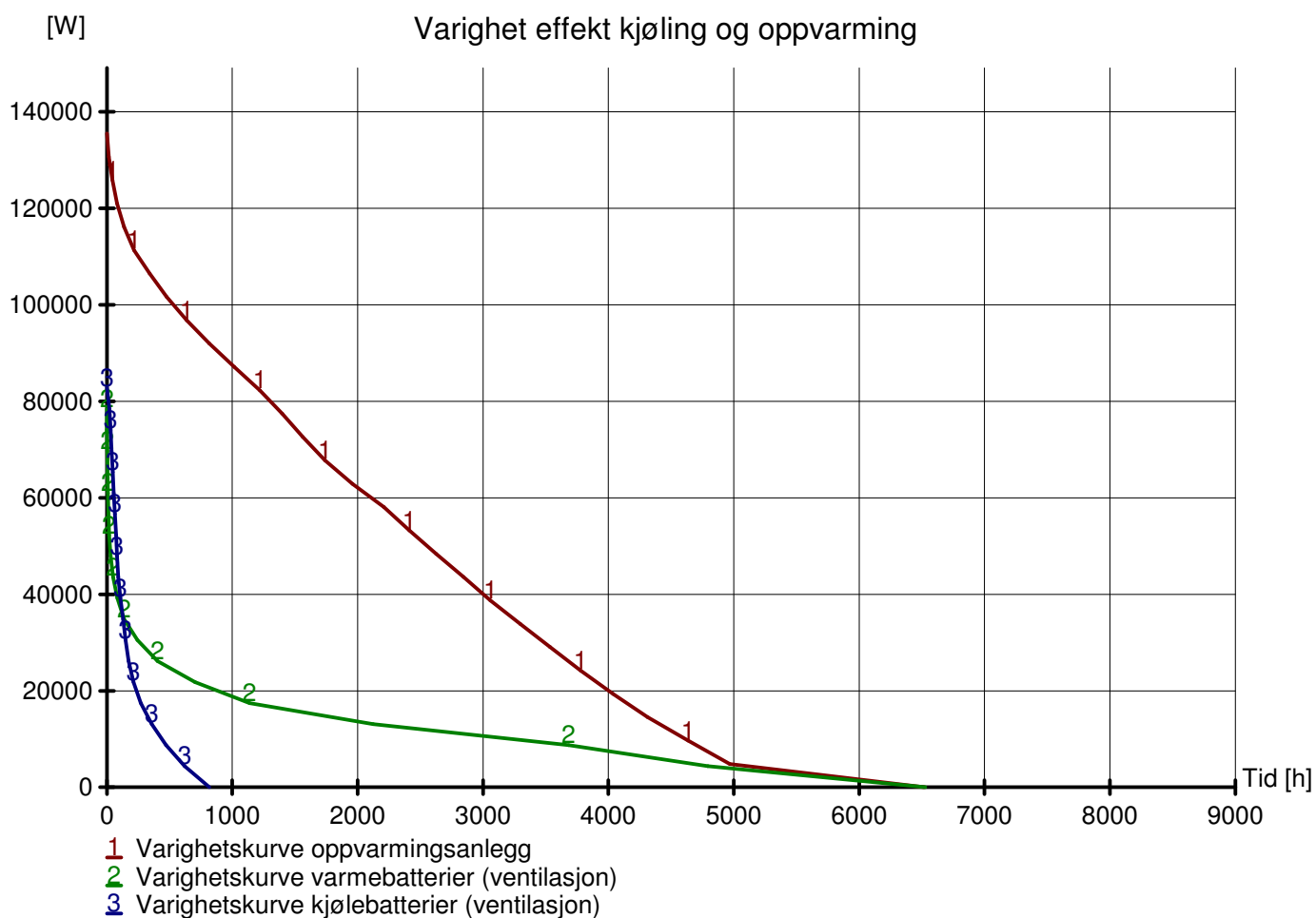
Månedlige temperaturdata (lufttemperatur)					
Måned	Midlere ute	Maks. ute	Min. ute	Maks. sone	Min. sone
Jan	-3,7 °C	10,7 °C	-22,0 °C	21,1 °C (Kjeller)	8,3 °C (4, etg )
Feb	-4,8 °C	10,2 °C	-24,7 °C	21,0 °C (3, etg varm)	8,4 °C (4, etg )
Mar	-0,5 °C	14,1 °C	-17,7 °C	21,3 °C (3, etg varm)	12,6 °C (4, etg )
Apr	4,8 °C	19,0 °C	-7,6 °C	22,6 °C (2, etg varm)	17,4 °C (4, etg )
Mai	11,7 °C	26,4 °C	-1,0 °C	25,6 °C (3, etg varm)	18,9 °C (4, etg )
Jun	16,5 °C	30,8 °C	3,5 °C	27,3 °C (3, etg varm)	19,0 °C (4, etg )
Jul	17,5 °C	29,8 °C	8,0 °C	26,5 °C (3, etg varm)	19,0 °C (4, etg )
Aug	16,9 °C	32,6 °C	5,2 °C	26,8 °C (3, etg varm)	19,0 °C (4, etg )
Sep	11,5 °C	24,2 °C	-1,2 °C	24,2 °C (2, etg varm)	19,0 °C (4, etg )
Okt	6,4 °C	19,6 °C	-6,8 °C	22,1 °C (2, etg varm)	18,1 °C (4, etg )
Nov	0,5 °C	12,9 °C	-14,7 °C	21,2 °C (Kjeller)	12,7 °C (4, etg )
Des	-2,5 °C	11,2 °C	-20,9 °C	21,1 °C (Kjeller)	11,3 °C (4, etg )



# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering  
Tid/dato simulering: 10:59 10/4-2011  
Programversjon: 5.000  
Brukernavn: Student  
Firma: Undervisningslisens  
Inndatafil: C:\...\Kontorfløy før utbedring master.smi  
Prosjekt: TF-kontorfløy  
Sone: Alle soner





# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering  
Tid/dato simulering: 10:59 10/4-2011  
Programversjon: 5.000  
Brukernavn: Student  
Firma: Undervisningslisens  
Inndatafil: C:\...\Kontorfløy før utbedring master.smi  
Prosjekt: TF-kontorfløy  
Sone: Alle soner

### Dokumentasjon av sentrale inndata (1)

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Areal yttervegger [m <sup>2</sup> ]:	1290	
Areal tak [m <sup>2</sup> ]:	824	
Areal gulv [m <sup>2</sup> ]:	678	
Areal vinduer og ytterdører [m <sup>2</sup> ]:	435	
Oppvarmet bruksareal (BRA) [m <sup>2</sup> ]:	2711	
Oppvarmet luftvolum [m <sup>3</sup> ]:	7930	
U-verdi yttervegger [W/m <sup>2</sup> K]	1,21	
U-verdi tak [W/m <sup>2</sup> K]	0,45	
U-verdi gulv [W/m <sup>2</sup> K]	0,11	
U-verdi vinduer og ytterdører [W/m <sup>2</sup> K]	2,39	
Areal vinduer og dører delt på bruksareal [%]	16,1	
Normalisert kuldebroverdi [W/m <sup>2</sup> K]:	0,06	
Normalisert varmekapasitet [Wh/m <sup>2</sup> K]	231	
Lekkasjetall (n50) [1/h]:	3,00	
Temperaturvirkningsgr. varmegjenvinner [%]:	77	

### Dokumentasjon av sentrale inndata (2)

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Estimert temperaturvirk. varmegjenvinner justert for frostsikring [%]:	77,0	
Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m <sup>3</sup> /s]:	2,00	
Luftmengde i driftstiden [m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> ]	10,0	
Luftmengde utenfor driftstiden [m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> ]	3,0	
Systemvirkningsgrad oppvarmingsanlegg:	0,85	
Installert effekt romoppv. og varmebatt. [W/m <sup>2</sup> ]:	80	
Settpunkttemperatur for romoppvarming [°C]	20,0	
Systemeffektfaktor kjøling:	2,50	
Settpunkttemperatur for romkjøling [°C]	0,0	
Installert effekt romkjøling og kjølebatt. [W/m <sup>2</sup> ]:	30	
Spesifikk pumpeeffekt romoppvarming [kW/(l/s)]:	0,00	
Spesifikk pumpeeffekt romkjøling [kW/(l/s)]:	0,00	
Spesifikk pumpeeffekt varmebatteri [kW/(l/s)]:	0,50	
Spesifikk pumpeeffekt kjølebatteri [kW/(l/s)]:	0,60	
Driftstid oppvarming (timer)	12,0	



# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering  
Tid/dato simulering: 10:59 10/4-2011  
Programversjon: 5.000  
Brukernavn: Student  
Firma: Undervisningslisens  
Inndatafil: C:\...\Kontorfløy før utbedring master.smi  
Prosjekt: TF-kontorfløy  
Sone: Alle soner

### Dokumentasjon av sentrale inndata (3)

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Driftstid kjøling (timer)	0,0	
Driftstid ventilasjon (timer)	11,5	
Driftstid belysning (timer)	12,0	
Driftstid utstyr (timer)	12,0	
Oppholdstid personer (timer)	12,0	
Effektbehov belysning i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	7,9	
Varmetilskudd belysning i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	7,9	
Effektbehov utstyr i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	11,0	
Varmetilskudd utstyr i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	11,0	
Effektbehov varmtvann på driftsdager [W/m <sup>2</sup> ]	1,6	
Varmetilskudd varmtvann i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	0,0	
Varmetilskudd personer i oppholdstiden [W/m <sup>2</sup> ]	4,3	
Total solfaktor for vindu og solskjerming:	0,13	
Gjennomsnittlig karmfaktor vinduer:	0,00	
Solskjermingsfaktor horisont/bygningsutspring:	0,84	

### Inndata bygning

Beskrivelse	Verdi
Bygningskategori	Kontorbygg
Simuleringsansvarlig	Marita Åsgård
Kommentar	

### Inndata klima

Beskrivelse	Verdi
Klimasted	Oslo
Breddegrad	59° 55'
Lengdegrad	10° 45'
Tidssone	GMT + 1
Årsmiddeltemperatur	6,3 °C
Midlere solstråling horisontal flate	110 W/m <sup>2</sup>
Midlere vindhastighet	2,2 m/s





# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering  
Tid/dato simulering: 10:59 10/4-2011  
Programversjon: 5.000  
Brukernavn: Student  
Firma: Undervisningslisens  
Inndatafil: C:\...\Kontorfløy før utbedring master.smi  
Prosjekt: TF-kontorfløy  
Sone: Alle soner

Beskrivelse	Inndata energiforsyning	Verdi
1a Direkte elektrisitet		Systemvirkningsgrad: 0,90 Kjølefaktor: 2,50 Energipris: 0,80 kr/kWh CO2-utslipp: 395 g/kWh Andel romoppvarming: 0,0% Andel oppv, tappevann: 100,0% Andel varmebatteri: 0,0 % Andel kjølebatteri: 100,0 % Andel romkjøling: 100,0 % Andel el, spesifikt: 100,0 %
4 Fjernvarme		Systemvirkningsgrad: 0,84 Kjølefaktor: 2,50 Energipris: 0,75 kr/kWh CO2-utslipp: 231 g/kWh Andel romoppvarming: 100,0% Andel oppv, tappevann: 0,0% Andel varmebatteri: 100,0 % Andel kjølebatteri: 0,0 % Andel romkjøling: 0,0 % Andel el, spesifikt: 0,0 %

Beskrivelse	Inndata ekspertverdier	Verdi
Konvektiv andel varmetilskudd belysning		0,30
Konvektiv andel varmetilsk. teknisk utstyr		0,50
Konvektiv andel varmetilskudd personer		0,50
Konvektiv andel varmetilskudd sol		0,50
Konvektiv varmoverføringskoeff. vegger		2,50
Konvektiv varmoverføringskoeff. himling		2,00
Konvektiv varmoverføringskoeff. gulv		3,00
Bypassfaktor kjølebatteri		0,25
Innv. varmemotstand på vinduruter		0,13
Midlere lufthastighet romluft		0,15
Turbulensintensitet romluft		25,00
Avstand fra vindu		0,60
Termisk konduktivitet akk. sjikt [W/m²K]:		20,00



# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering  
Tid/dato simulering: 14:33 7/4-2011  
Programversjon: 5.000  
Brukernavn: Student  
Firma: Undervisningslisens  
Inndatafil: C:\...\Verkstedsløydør utbedring master.smi  
Prosjekt: Fløy 2, Verksted og Kontor  
Sone: Alle soner

Energibudsjett		
Energipost	Energibehov	Spesifikt energibehov
1a Romoppvarming	189585 kWh	121,8 kWh/m <sup>2</sup>
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	46704 kWh	30,0 kWh/m <sup>2</sup>
2 Varmtvann (tappevann)	38850 kWh	25,0 kWh/m <sup>2</sup>
3a Vifter	34533 kWh	22,2 kWh/m <sup>2</sup>
3b Pumper	5356 kWh	3,4 kWh/m <sup>2</sup>
4 Belysning	51917 kWh	33,4 kWh/m <sup>2</sup>
5 Teknisk utstyr	76121 kWh	48,9 kWh/m <sup>2</sup>
6a Romkjøling	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	9408 kWh	6,0 kWh/m <sup>2</sup>
Totalt netto energibehov, sum 1-6	452474 kWh	290,7 kWh/m <sup>2</sup>

Levert energi til bygningen (beregnet)		
Energivare	Levert energi	Spesifikk levert energi
1a Direkte elektrisitet	214857 kWh	138,0 kWh/m <sup>2</sup>
1b El. til varmepumpesystemer	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
1c El. til solenergisystemer	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
2 Olje	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
3 Gass	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
4 Fjernvarme	268510 kWh	172,5 kWh/m <sup>2</sup>
5 Biobrensel	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
6. Annen energivare ( )	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
Totalt levert energi, sum 1-6	483367 kWh	310,5 kWh/m <sup>2</sup>



# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering  
Tid/dato simulering: 14:33 7/4-2011  
Programversjon: 5.000  
Brukernavn: Student  
Firma: Undervisningslisens  
Inndatafil: C:\...\Verkstedsløyd før utbedring master.smi  
Prosjekt: Fløy 2, Verksted og Kontor  
Sone: Alle soner

Årlige utslipp av CO2		
Energivare	Utslipp	Spesifikt utslipp
1a Direkte elektrisitet	84868 kg	54,5 kg/m <sup>2</sup>
1b El. til varmepumpesystemer	0 kg	0,0 kg/m <sup>2</sup>
1c El. til solenergisystemer	0 kg	0,0 kg/m <sup>2</sup>
2 Olje	0 kg	0,0 kg/m <sup>2</sup>
3 Gass	0 kg	0,0 kg/m <sup>2</sup>
4 Fjernvarme	62026 kg	39,8 kg/m <sup>2</sup>
5 Biobrensel	0 kg	0,0 kg/m <sup>2</sup>
6. Annen energivare ()	0 kg	0,0 kg/m <sup>2</sup>
Totalt utslipp, sum 1-6	146894 kg	94,4 kg/m <sup>2</sup>

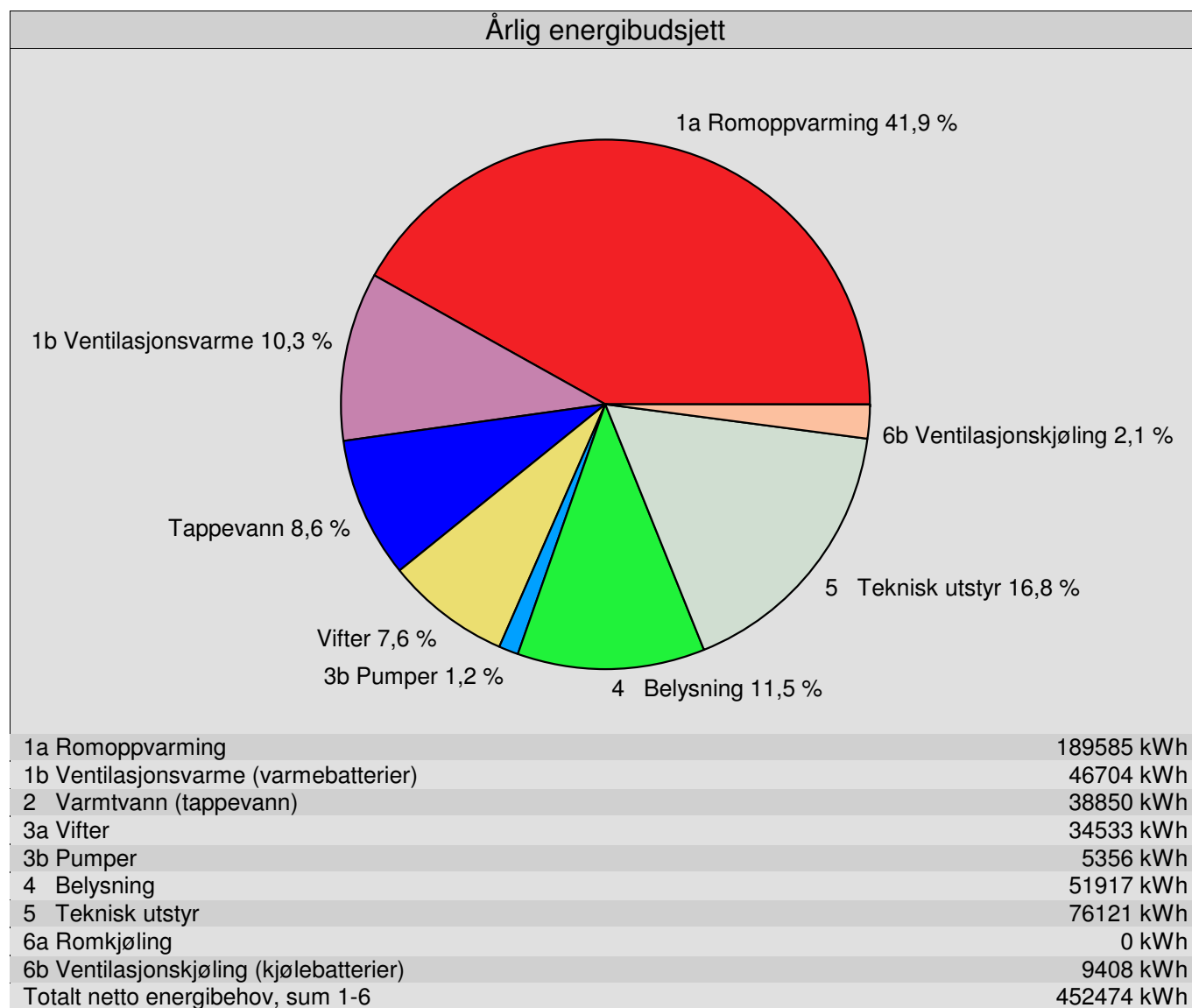
Kostnad kjøpt energi		
Energivare	Energikostnad	Spesifikk energikostnad
1a Direkte elektrisitet	171885 kr	110,4 kr/m <sup>2</sup>
1b El. til varmepumpesystemer	0 kr	0,0 kr/m <sup>2</sup>
1c El. til solenergisystemer	0 kr	0,0 kr/m <sup>2</sup>
2 Olje	0 kr	0,0 kr/m <sup>2</sup>
3 Gass	0 kr	0,0 kr/m <sup>2</sup>
4 Fjernvarme	201383 kr	129,4 kr/m <sup>2</sup>
5 Biobrensel	0 kr	0,0 kr/m <sup>2</sup>
6. Annen energivare ()	0 kr	0,0 kr/m <sup>2</sup>
Årlige energikostnader, sum 1-6	373268 kr	239,8 kr/m <sup>2</sup>



# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering  
Tid/dato simulering: 14:33 7/4-2011  
Programversjon: 5.000  
Brukernavn: Student  
Firma: Undervisningslisens  
Inndatafil: C:\...\Verkstedsløydør utbedring master.smi  
Prosjekt: Fløy 2, Verksted og Kontor  
Sone: Alle soner



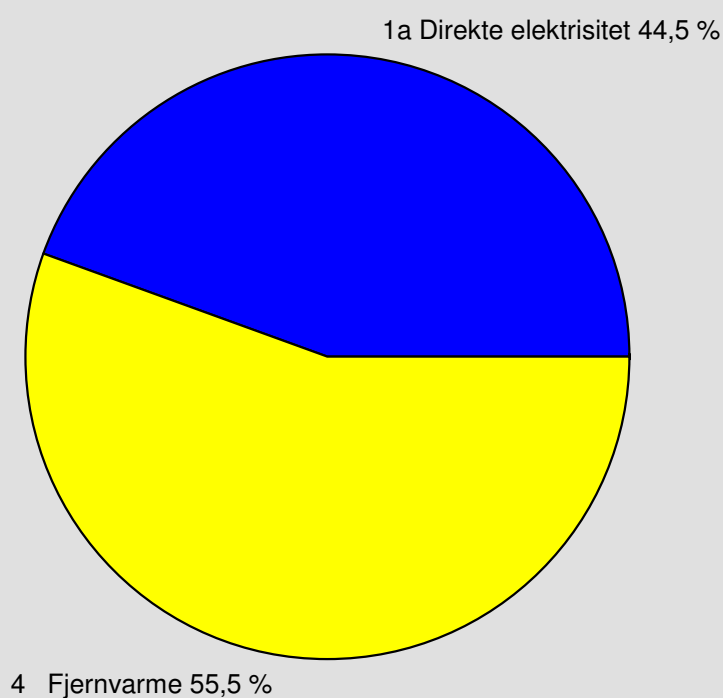


# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering  
Tid/dato simulering: 14:33 7/4-2011  
Programversjon: 5.000  
Brukernavn: Student  
Firma: Undervisningslisens  
Inndatafil: C:\...\Verkstedsløydør utbedring master.smi  
Prosjekt: Fløy 2, Verksted og Kontor  
Sone: Alle soner

### Levert energi til bygningen (beregnet)



1a Direkte elektrisitet	214857 kW
1b El. til varmepumpesystemer	0 kW
1c El. til solenergisystemer	0 kW
2 Olje	0 kW
3 Gass	0 kW
4 Fjernvarme	268510 kW
5 Biobrensel	0 kW
6. Annen energivare ( )	0 kW
<b>Totalt levert energi, sum 1-6</b>	<b>483367 kW</b>

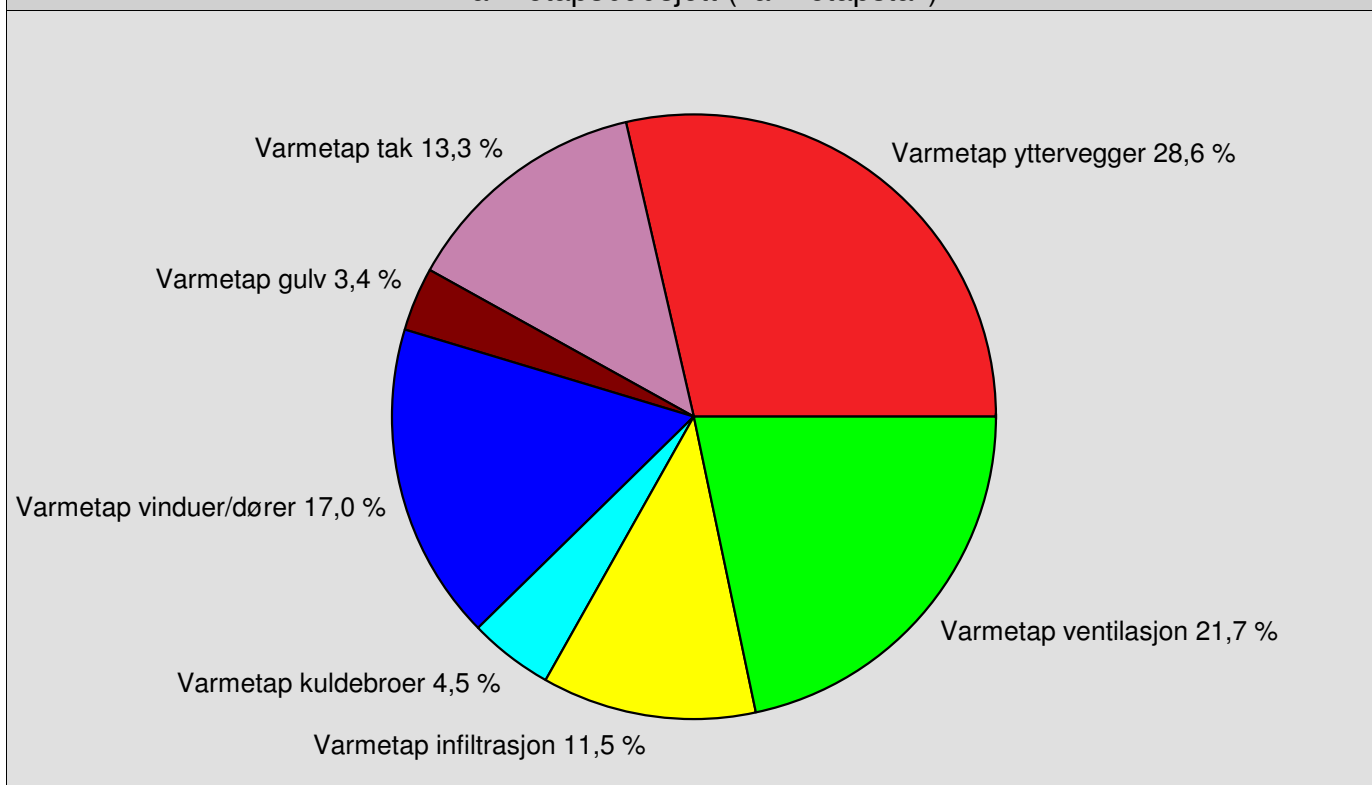


# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering  
Tid/dato simulering: 14:33 7/4-2011  
Programversjon: 5.000  
Brukernavn: Student  
Firma: Undervisningslisens  
Inndatafil: C:\...\Verkstedsløyd før utbedring master.smi  
Prosjekt: Fløy 2, Verksted og Kontor  
Sone: Alle soner

### Varmetapsbudsjett (varmetapstall)



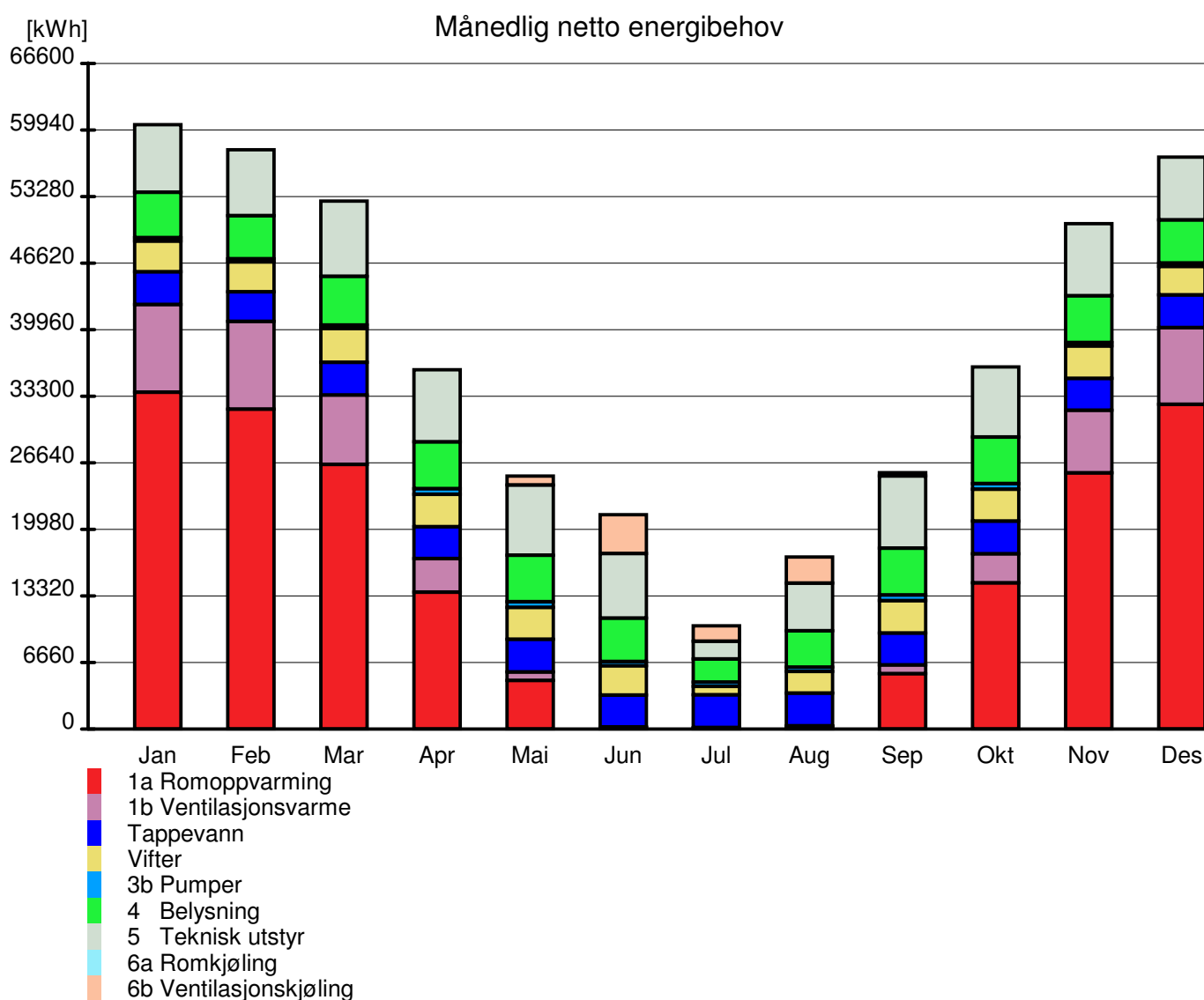
Varmetapstall yttervegger	0,57 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstall tak	0,27 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstall gulv på grunn/mot det fri	0,07 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstall glass/vinduer/dører	0,34 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstall kuldebroer	0,09 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstall infiltrasjon	0,23 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstall ventilasjon	0,43 W/m <sup>2</sup> K
Totalt varmetapstall	2,00 W/m <sup>2</sup> K



# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering  
Tid/dato simulering: 14:33 7/4-2011  
Programversjon: 5.000  
Brukernavn: Student  
Firma: Undervisningslisens  
Inndatafil: C:\...\Verkstedsløyd før utbedring master.smi  
Prosjekt: Fløy 2, Verksted og Kontor  
Sone: Alle soner

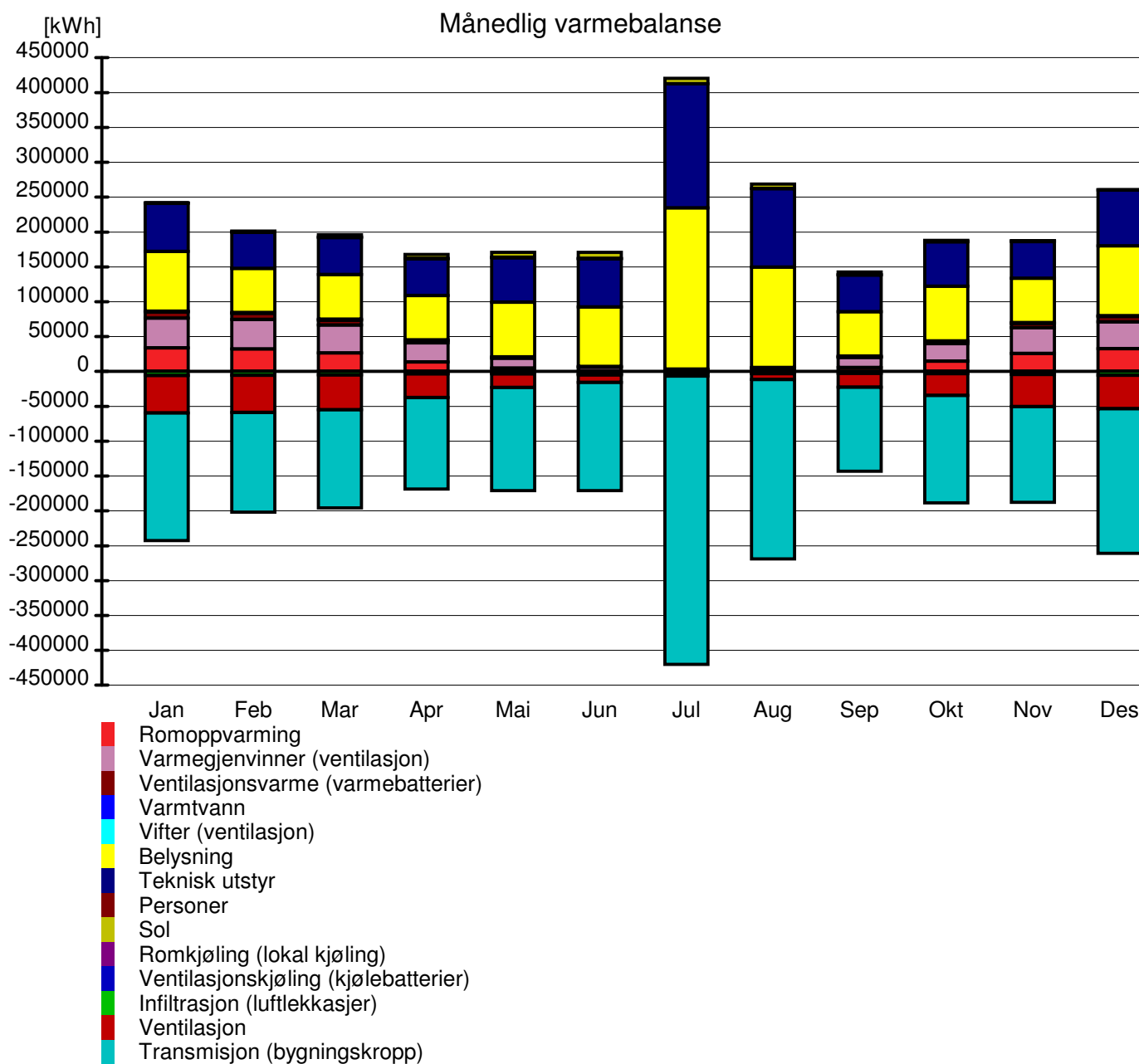




# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering  
Tid/dato simulering: 14:33 7/4-2011  
Programversjon: 5.000  
Brukernavn: Student  
Firma: Undervisningslisens  
Inndatafil: C:\...\Verkstedsløyd før utbedring master.smi  
Prosjekt: Fløy 2, Verksted og Kontor  
Sone: Alle soner







# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering  
Tid/dato simulering: 14:33 7/4-2011  
Programversjon: 5.000  
Brukernavn: Student  
Firma: Undervisningslisens  
Inndatafil: C:\...\Verkstedfløy før utbedring master.smi  
Prosjekt: Fløy 2, Verksted og Kontor  
Sone: Alle soner

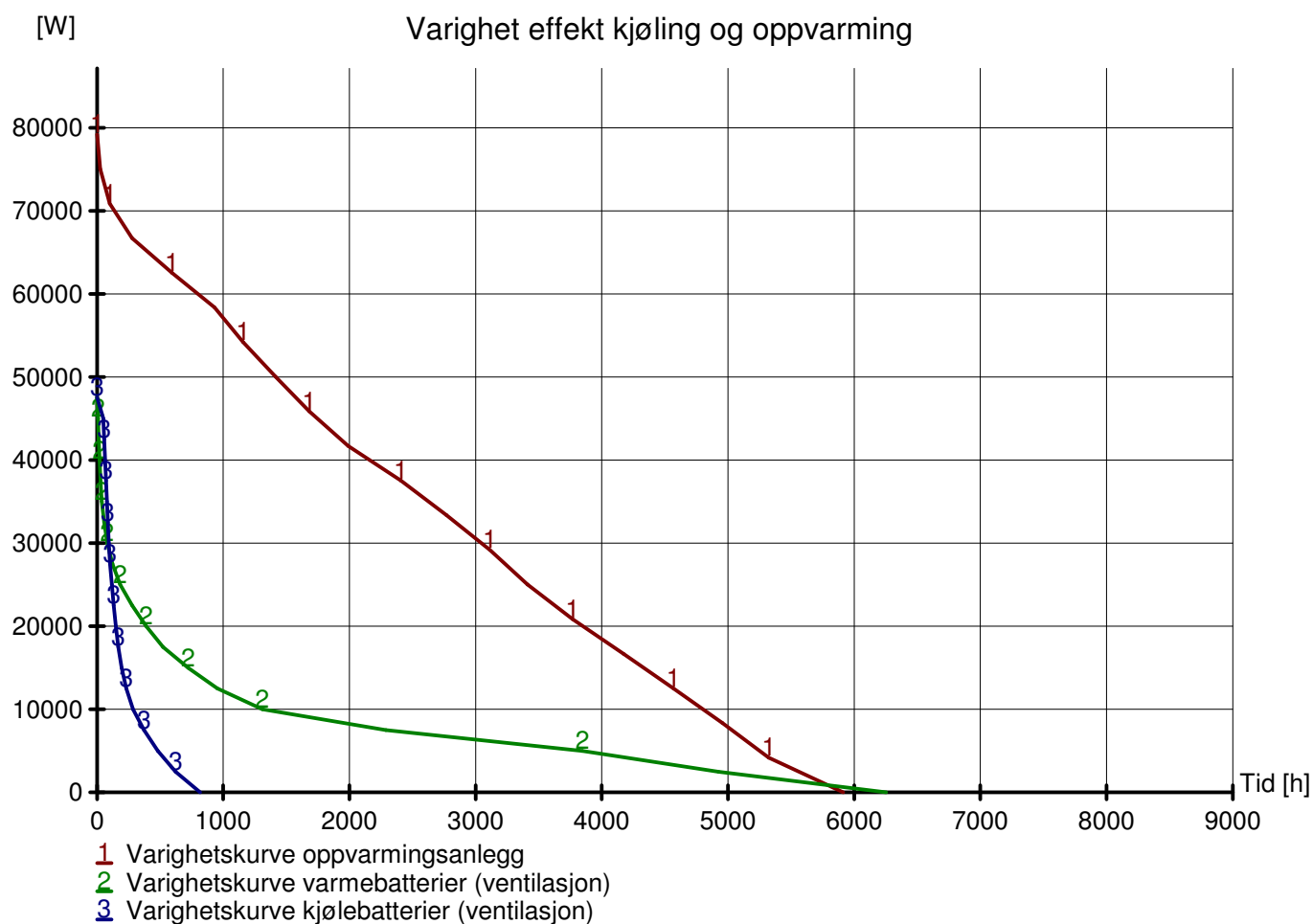
Månedlige temperaturdata (lufttemperatur)					
Måned	Midlere ute	Maks. ute	Min. ute	Maks. sone	Min. sone
Jan	-3,7 °C	10,7 °C	-22,0 °C	21,0 °C (Verksted)	14,7 °C (Lab sone)
Feb	-4,8 °C	10,2 °C	-24,7 °C	21,0 °C (Verksted)	14,9 °C (Lab sone)
Mar	-0,5 °C	14,1 °C	-17,7 °C	21,0 °C (Verksted)	17,5 °C (Lab sone)
Apr	4,8 °C	19,0 °C	-7,6 °C	21,6 °C (Verksted)	18,9 °C (Lab sone)
Mai	11,7 °C	26,4 °C	-1,0 °C	24,1 °C (Kontorsone)	18,4 °C (Lab sone)
Jun	16,5 °C	30,8 °C	3,5 °C	25,7 °C (Verksted)	19,2 °C (Lab sone)
Jul	17,5 °C	29,8 °C	8,0 °C	24,4 °C (Verksted)	19,0 °C (Verksted)
Aug	16,9 °C	32,6 °C	5,2 °C	26,0 °C (Verksted)	19,2 °C (Verksted)
Sep	11,5 °C	24,2 °C	-1,2 °C	22,7 °C (Kontorsone)	18,1 °C (Lab sone)
Okt	6,4 °C	19,6 °C	-6,8 °C	21,2 °C (Kontorsone)	19,0 °C (Verksted)
Nov	0,5 °C	12,9 °C	-14,7 °C	21,0 °C (Verksted)	17,7 °C (Lab sone)
Des	-2,5 °C	11,2 °C	-20,9 °C	21,0 °C (Verksted)	16,1 °C (Lab sone)



# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering  
Tid/dato simulering: 14:33 7/4-2011  
Programversjon: 5.000  
Brukernavn: Student  
Firma: Undervisningslisens  
Inndatafil: C:\...\Verkstedsløyd før utbedring master.smi  
Prosjekt: Fløy 2, Verksted og Kontor  
Sone: Alle soner





# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering  
Tid/dato simulering: 14:33 7/4-2011  
Programversjon: 5.000  
Brukernavn: Student  
Firma: Undervisningslisens  
Inndatafil: C:\...\Verkstedsløp før utbedring master.smi  
Prosjekt: Fløy 2, Verksted og Kontor  
Sone: Alle soner

### Dokumentasjon av sentrale inndata (1)

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Areal yttervegger [m <sup>2</sup> ]:	1285	
Areal tak [m <sup>2</sup> ]:	921	
Areal gulv [m <sup>2</sup> ]:	921	
Areal vinduer og ytterdører [m <sup>2</sup> ]:	240	
Oppvarmet bruksareal (BRA) [m <sup>2</sup> ]:	1556	
Oppvarmet luftvolum [m <sup>3</sup> ]:	6084	
U-verdi yttervegger [W/m <sup>2</sup> K]	0,69	
U-verdi tak [W/m <sup>2</sup> K]	0,45	
U-verdi gulv [W/m <sup>2</sup> K]	0,11	
U-verdi vinduer og ytterdører [W/m <sup>2</sup> K]	2,20	
Areal vinduer og dører delt på bruksareal [%]	15,4	
Normalisert kuldebroverdi [W/m <sup>2</sup> K]:	0,09	
Normalisert varmekapasitet [Wh/m <sup>2</sup> K]	248	
Lekkasjetall (n50) [1/h]:	2,54	
Temperaturvirkningsgr. varmegjenvinner [%]:	77	

### Dokumentasjon av sentrale inndata (2)

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Estimert temperaturvirk. varmegjenvinner justert for frostsikring [%]:	77,0	
Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m <sup>3</sup> /s]:	2,00	
Luftmengde i driftstiden [m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> ]	12,0	
Luftmengde utenfor driftstiden [m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> ]	3,0	
Systemvirkningsgrad oppvarmingsanlegg:	0,88	
Installert effekt romoppv. og varmebatt. [W/m <sup>2</sup> ]:	80	
Settpunkttemperatur for romoppvarming [°C]	19,9	
Systemeffektfaktor kjøling:	2,50	
Settpunkttemperatur for romkjøling [°C]	0,0	
Installert effekt romkjøling og kjølebatt. [W/m <sup>2</sup> ]:	30	
Spesifikk pumpeeffekt romoppvarming [kW/(l/s)]:	0,50	
Spesifikk pumpeeffekt romkjøling [kW/(l/s)]:	0,00	
Spesifikk pumpeeffekt varmebatteri [kW/(l/s)]:	0,50	
Spesifikk pumpeeffekt kjølebatteri [kW/(l/s)]:	0,60	
Driftstid oppvarming (timer)	10,9	



# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering  
Tid/dato simulering: 14:33 7/4-2011  
Programversjon: 5.000  
Brukernavn: Student  
Firma: Undervisningslisens  
Inndatafil: C:\...\Verkstedsløyd før utbedring master.smi  
Prosjekt: Fløy 2, Verksted og Kontor  
Sone: Alle soner

Dokumentasjon av sentrale inndata (3)		
Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Driftstid kjøling (timer)	0,0	
Driftstid ventilasjon (timer)	12,0	
Driftstid belysning (timer)	12,0	
Driftstid utstyr (timer)	12,0	
Oppholdstid personer (timer)	11,5	
Effektbehov belysning i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	8,0	
Varmetilskudd belysning i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	8,0	
Effektbehov utstyr i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	11,0	
Varmetilskudd utstyr i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	11,0	
Effektbehov varmtvann på driftsdager [W/m <sup>2</sup> ]	2,9	
Varmetilskudd varmtvann i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	0,0	
Varmetilskudd personer i oppholdstiden [W/m <sup>2</sup> ]	2,9	
Total solfaktor for vindu og solskjerming:	0,48	
Gjennomsnittlig karmfaktor vinduer:	0,13	
Solskjermingsfaktor horisont/bygningsutspring:	0,90	

Inndata bygning	
Beskrivelse	Verdi
Bygningskategori	Lett industri, verksteder
Simuleringsansvarlig	Marita Åsgård
Kommentar	

Inndata klima	
Beskrivelse	Verdi
Klimasted	Oslo
Breddegrad	59° 55'
Lengdegrad	10° 45'
Tidssone	GMT + 1
Årsmiddeltemperatur	6,3 °C
Midlere solstråling horisontal flate	110 W/m <sup>2</sup>
Midlere vindhastighet	2,2 m/s



# SIMIEN

## Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering  
Tid/dato simulering: 14:33 7/4-2011  
Programversjon: 5.000  
Brukernavn: Student  
Firma: Undervisningslisens  
Inndatafil: C:\...\Verkstedsfløy før utbedring master.smi  
Prosjekt: Fløy 2, Verksted og Kontor  
Sone: Alle soner

Beskrivelse	Inndata energiforsyning	Verdi
1a Direkte elektrisitet		Systemvirkningsgrad: 0,90 Kjølefaktor: 2,50 Energipris: 0,80 kr/kWh CO2-utslipp: 395 g/kWh Andel romoppvarming: 0,0% Andel oppv, tappevann: 100,0% Andel varmebatteri: 0,0 % Andel kjølebatteri: 100,0 % Andel romkjøling: 100,0 % Andel el, spesifikt: 100,0 %
4 Fjernvarme		Systemvirkningsgrad: 0,88 Kjølefaktor: 2,50 Energipris: 0,75 kr/kWh CO2-utslipp: 231 g/kWh Andel romoppvarming: 100,0% Andel oppv, tappevann: 0,0% Andel varmebatteri: 100,0 % Andel kjølebatteri: 0,0 % Andel romkjøling: 0,0 % Andel el, spesifikt: 0,0 %

Beskrivelse	Inndata ekspertverdier	Verdi
Konvektiv andel varmetilskudd belysning		0,30
Konvektiv andel varmetilsk. teknisk utstyr		0,50
Konvektiv andel varmetilskudd personer		0,50
Konvektiv andel varmetilskudd sol		0,50
Konvektiv varmoverføringskoeff. vegger		2,50
Konvektiv varmoverføringskoeff. himling		2,00
Konvektiv varmoverføringskoeff. gulv		3,00
Bypassfaktor kjølebatteri		0,25
Innv. varmemotstand på vinduruter		0,13
Midlere lufthastighet romluft		0,15
Turbulensintensitet romluft		25,00
Avstand fra vindu		0,60
Termisk konduktivitet akk. sjikt [W/m²K]:		20,00



# SIMIEN

## Evaluering passivhus

Simuleringsnavn: Passivhusevaluering av TF-bygget før utbedringer

Tid/dato simulering: 17:14 10/5-2011

Programversjon: 5.000

Brukernavn: Student

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: C:\...\TF-bygget før utbedringer - Kopi.smi

Prosjekt: TF-bygget før utbedringer

Sone: Alle soner

Resultater av evalueringen		Beskrivelse
Evaluering mot passivhusstandarden		
Varmetapsramme	Bygningen tilfredstiller ikke kravet for varmetapstall	
Energiramme	Bygningen tilfredstiller ikke krav til energibruk	
Minstekrav	Bygningen tilfredstiller ikke minstekrav til enkeltkomponenter	
Luftmengder ventilasjon	Luftmengdene tilfredstiller minstekrav gitt i prosjektrapport 42 (tabell B.4)	
Samlet evaluering	Bygningen tilfredstiller ikke alle krav til passivhus	

Varmetapsbudsjett		Verdi
Beskrivelse		
Varmetapstall yttervegger		0,57
Varmetapstall tak		0,19
Varmetapstall gulv på grunn/mot det fri		0,07
Varmetapstall glass/vinduer/dører		0,32
Varmetapstall kuldebroer		0,08
Varmetapstall infiltrasjon		0,22
Varmetapstall ventilasjon		0,46
Totalt varmetapstall		1,91
Krav varmetapstall		0,50

Energiytelse		
Beskrivelse	Verdi	Krav
Netto oppvarmingsbehov	182,4 kWh/m <sup>2</sup>	15,0 kWh/m <sup>2</sup>
Netto kjølebehov	8,6 kWh/m <sup>2</sup>	10,0 kWh/m <sup>2</sup>
CO <sub>2</sub> -utslipp	76 kg/m <sup>2</sup>	30 kg/m <sup>2</sup>



# SIMIEN

## Evaluering passivhus

Simuleringsnavn: Passivhusevaluering av TF-bygget før utbedringer

Tid/dato simulering: 17:14 10/5-2011

Programversjon: 5.000

Brukernavn: Student

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: C:\...\TF-bygget før utbedringer - Kopi.smi

Prosjekt: TF-bygget før utbedringer

Sone: Alle soner

Minstekrav enkeltkomponenter			
Beskrivelse	Verdi	Krav	
U-verdi yttervegger [W/m <sup>2</sup> K]	1,02	0,15	
U-verdi tak [W/m <sup>2</sup> K]	0,45	0,15	
U-verdi gulv mot grunn og mot det fri [W/m <sup>2</sup> K]	0,20	0,13	
U-verdi glass/vinduer/dører [W/m <sup>2</sup> K]	2,30	0,80	
Normalisert kuldebroverdi [W/m <sup>2</sup> K]	0,08	0,03	
Årsmidlere temperaturvirkningsgrad varmegjenvinner ventilasjon [%]	77	80	
Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m <sup>3</sup> /s]:	2,00	1,50	
Lekkasjetall (lufttetthet ved 50 Pa trykkforskjell) [luftvekslinger pr time]	2,87	0,60	

Energibudsjett			
Energipost	Energibehov	Spesifikt energibehov	
1a Romoppvarming	1013042 kWh	151,4 kWh/m <sup>2</sup>	
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	207314 kWh	31,0 kWh/m <sup>2</sup>	
2 Varmtvann (tappevann)	33528 kWh	5,0 kWh/m <sup>2</sup>	
3a Vifter	162684 kWh	24,3 kWh/m <sup>2</sup>	
3b Pumper	18217 kWh	2,7 kWh/m <sup>2</sup>	
4 Belysning	125735 kWh	18,8 kWh/m <sup>2</sup>	
5 Teknisk utstyr	104781 kWh	15,7 kWh/m <sup>2</sup>	
6a Romkjøling	1406 kWh	0,2 kWh/m <sup>2</sup>	
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	56044 kWh	8,4 kWh/m <sup>2</sup>	
Totalt netto energibehov, sum 1-6	1722751 kWh	257,5 kWh/m <sup>2</sup>	



# SIMIEN

## Evaluering passivhus

Simuleringsnavn: Passivhusevaluering av TF-bygget før utbedringer

Tid/dato simulering: 17:14 10/5-2011

Programversjon: 5.000

Brukernavn: Student

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: C:\...\TF-bygget før utbedringer - Kopi.smi

Prosjekt: TF-bygget før utbedringer

Sone: Alle soner

Levert energi til bygningen (beregnet)		
Energivare	Levert energi	Spesifikk levert energi
1a Direkte elektrisitet	471651 kWh	70,5 kWh/m <sup>2</sup>
1b El. til varmepumpesystemer	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
1c El. til solenergisystemer	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
2 Olje	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
3 Gass	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
4 Fjernvarme	1386768 kWh	207,3 kWh/m <sup>2</sup>
5 Biobrensel	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
6. Annen energivare ( )	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
Totalt levert energi, sum 1-6	1858419 kWh	277,8 kWh/m <sup>2</sup>

Referanseinformasjon beregning	
Evaluering mot passivhusstandarden	Beskrivelse
Beregning	Utført etter Prosjektrapport 42 med validert dynamisk timesberegning etter reglene i NS 3031
Kommune, gårds- og bruksnummer	
Konstruksjon og plassering	
Tekniske installasjoner	
Soneinndeling	
Arealvurdering	





# SIMIEN

## Evaluering passivhus

Simuleringsnavn: Passivhusevaluering av TF-bygget før utbedringer

Tid/dato simulering: 17:14 10/5-2011

Programversjon: 5.000

Brukernavn: Student

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: C:\...\TF-bygget før utbedringer - Kopi.smi

Prosjekt: TF-bygget før utbedringer

Sone: Alle soner

### Dokumentasjon av sentrale inndata (1)

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Areal yttervegger [m <sup>2</sup> ]:	3702	
Areal tak [m <sup>2</sup> ]:	2815	
Areal gulv [m <sup>2</sup> ]:	2271	
Areal vinduer og ytterdører [m <sup>2</sup> ]:	946	
Oppvarmet bruksareal (BRA) [m <sup>2</sup> ]:	6691	
Oppvarmet luftvolum [m <sup>3</sup> ]:	22369	
U-verdi yttervegger [W/m <sup>2</sup> K]	1,02	
U-verdi tak [W/m <sup>2</sup> K]	0,45	
U-verdi gulv [W/m <sup>2</sup> K]	0,20	
U-verdi vinduer og ytterdører [W/m <sup>2</sup> K]	2,30	
Areal vinduer og dører delt på bruksareal [%]	14,1	
Normalisert kuldebroverdi [W/m <sup>2</sup> K]:	0,08	
Normalisert varmekapasitet [Wh/m <sup>2</sup> K]	221	
Lekkasjetall (n50) [1/h]:	2,87	
Temperaturvirkningsgr. varmegjenvinner [%]:	77	

### Dokumentasjon av sentrale inndata (2)

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Estimert temperaturvirk. varmegjenvinner justert for frostsikring [%]:	77,0	
Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m <sup>3</sup> /s]:	2,00	
Luftmengde i driftstiden [m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> ]	11,6	
Luftmengde utenfor driftstiden [m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> ]	3,0	
Systemvirkningsgrad oppvarmingsanlegg:	0,88	
Installert effekt romoppv. og varmebatt. [W/m <sup>2</sup> ]:	80	
Settpunkttemperatur for romoppvarming [°C]	20,0	
Systemeffektfaktor kjøling:	2,50	
Settpunkttemperatur for romkjøling [°C]	22,0	
Installert effekt romkjøling og kjølebatt. [W/m <sup>2</sup> ]:	38	
Spesifikk pumpeeffekt romoppvarming [kW/(l/s)]:	0,30	
Spesifikk pumpeeffekt romkjøling [kW/(l/s)]:	0,12	
Spesifikk pumpeeffekt varmebatteri [kW/(l/s)]:	0,50	
Spesifikk pumpeeffekt kjølebatteri [kW/(l/s)]:	0,60	
Driftstid oppvarming (timer)	12,0	



# SIMIEN

## Evaluering passivhus

Simuleringsnavn: Passivhusevaluering av TF-bygget før utbedringer

Tid/dato simulering: 17:14 10/5-2011

Programversjon: 5.000

Brukernavn: Student

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: C:\...\TF-bygget før utbedringer - Kopi.smi

Prosjekt: TF-bygget før utbedringer

Sone: Alle soner

### Dokumentasjon av sentrale inndata (3)

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Driftstid kjøling (timer)	24,0	
Driftstid ventilasjon (timer)	12,0	
Driftstid belysning (timer)	12,0	
Driftstid utstyr (timer)	12,0	
Oppholdstid personer (timer)	12,0	
Effektbehov belysning i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	6,0	
Varmetilskudd belysning i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	6,0	
Effektbehov utstyr i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	11,0	
Varmetilskudd utstyr i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	5,0	
Effektbehov varmtvann på driftsdager [W/m <sup>2</sup> ]	0,8	
Varmetilskudd varmtvann i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	0,0	
Varmetilskudd personer i oppholdstiden [W/m <sup>2</sup> ]	6,0	
Total solfaktor for vindu og solskjerming:	0,22	
Gjennomsnittlig karmfaktor vinduer:	0,09	
Solskjermingsfaktor horisont/bygningsutspring:	0,82	

### Inndata bygning

Beskrivelse	Verdi
Bygningskategori	Universitets- og høgskolebygg
Simuleringsansvarlig	Marita Åsgård
Kommentar	



# SIMIEN

## Evaluering passivhus

Simuleringsnavn: Lavenergihusevaluering av TF-bygget etter utbedringer

Tid/dato simulering: 00:00 12/5-2011

Programversjon: 5.000

Brukernavn: Student

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: C:\...\TF-bygget etter utbedringer med kjøling.smi

Prosjekt: TF-bygget etter utbedringer

Sone: Alle soner

Resultater av evalueringen	
Evaluering mot passivhusstandarden	Beskrivelse
Varmetapsramme	Bygningen tilfredstiller ikke kravet for varmetapstall
Energiramme	Bygningen tilfredstiller ikke krav til energibruk
Minstekrav	Bygningen tilfredstiller minstekrav til enkeltkomponenter
Luftmengder ventilasjon	Luftmengdene tilfredstiller minstekrav gitt i prosjektrapport 42 (tabell B.4)
Samlet evaluering	Bygningen tilfredstiller ikke alle krav til passivhus

Varmetapsbudsjett	
Beskrivelse	Verdi
Varmetapstall yttervegger	0,04
Varmetapstall tak	0,06
Varmetapstall gulv på grunn/mot det fri	0,05
Varmetapstall glass/vinduer/dører	0,10
Varmetapstall kuldebroer	0,03
Varmetapstall infiltrasjon	0,06
Varmetapstall ventilasjon	0,30
Totalt varmetapstall	0,64
Krav varmetapstall	0,50

Energiytelse		
Beskrivelse	Verdi	Krav
Netto oppvarmingsbehov	24,0 kWh/m <sup>2</sup>	15,0 kWh/m <sup>2</sup>
Netto kjølebehov	9,9 kWh/m <sup>2</sup>	10,0 kWh/m <sup>2</sup>
CO2-utslipp	9 kg/m <sup>2</sup>	30 kg/m <sup>2</sup>



# SIMIEN

## Evaluering passivhus

Simuleringsnavn: Lavenergihus evaluering av TF-bygget etter utbedringer

Tid/dato simulering: 00:00 12/5-2011

Programversjon: 5.000

Brukernavn: Student

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: C:\...\TF-bygget etter utbedringer med kjøling.smi

Prosjekt: TF-bygget etter utbedringer

Sone: Alle soner

Minstekrav enkeltkomponenter			
Beskrivelse		Verdi	Krav
U-verdi yttervegger [W/m <sup>2</sup> K]		0,13	0,15
U-verdi tak [W/m <sup>2</sup> K]		0,13	0,15
U-verdi gulv mot grunn og mot det fri [W/m <sup>2</sup> K]		0,11	0,13
U-verdi glass/vinduer/dører [W/m <sup>2</sup> K]		0,70	0,80
Normalisert kuldebroverdi [W/m <sup>2</sup> K]		0,03	0,03
Årsmidlere temperaturvirkningsgrad varmegjenvinner ventilasjon [%]		85	80
Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m <sup>3</sup> /s]:		1,50	1,50
Lekkasjetall (lufttetthet ved 50 Pa trykkforskjell) [luftvekslinger pr time]		0,60	0,60

Energibudsjett			
Energipost		Energibehov	Spesifikt energibehov
1a Romoppvarming		125242 kWh	14,0 kWh/m <sup>2</sup>
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)		89147 kWh	10,0 kWh/m <sup>2</sup>
2 Varmtvann (tappevann)		44713 kWh	5,0 kWh/m <sup>2</sup>
3a Vifter		165720 kWh	18,6 kWh/m <sup>2</sup>
3b Pumper		18852 kWh	2,1 kWh/m <sup>2</sup>
4 Belysning		167672 kWh	18,8 kWh/m <sup>2</sup>
5 Teknisk utstyr		139721 kWh	15,7 kWh/m <sup>2</sup>
6a Romkjøling		16108 kWh	1,8 kWh/m <sup>2</sup>
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)		72658 kWh	8,1 kWh/m <sup>2</sup>
Totalt netto energibehov, sum 1-6		839833 kWh	94,1 kWh/m <sup>2</sup>



# SIMIEN

## Evaluering passivhus

Simuleringsnavn: Lavenergihusevaluering av TF-bygget etter utbedringer

Tid/dato simulering: 00:00 12/5-2011

Programversjon: 5.000

Brukernavn: Student

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: C:\...\TF-bygget etter utbedringer med kjøling.smi

Prosjekt: TF-bygget etter utbedringer

Sone: Alle soner

Levert energi til bygningen (beregnet)		
Energivare	Levert energi	Spesifikk levert energi
1a Direkte elektrisitet	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
1b El. til varmepumpesystemer	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
1c El. til solenergisystemer	40605 kWh	4,6 kWh/m <sup>2</sup>
2 Olje	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
3 Gass	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
4 Fjernvarme	274110 kWh	30,7 kWh/m <sup>2</sup>
5 Biobrensel	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
6. Annen energivare ( )	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
Totalt levert energi, sum 1-6	314715 kWh	35,3 kWh/m <sup>2</sup>

Referanseinformasjon beregning	
Evaluerings mot passivhusstandarden	Beskrivelse
Beregning	Utført etter Prosjektrapport 42 med validert dynamisk timesberegning etter reglene i NS 3031
Kommune, gårds- og bruksnummer	
Konstruksjon og plassering	
Tekniske installasjoner	
Soneinndeling	
Arealvurdering	



# SIMIEN

## Evaluering passivhus

Simuleringsnavn: Lavenergihusevaluering av TF-bygget etter utbedringer

Tid/dato simulering: 00:00 12/5-2011

Programversjon: 5.000

Brukernavn: Student

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: C:\...\TF-bygget etter utbedringer med kjøling.smi

Prosjekt: TF-bygget etter utbedringer

Sone: Alle soner

### Dokumentasjon av sentrale inndata (1)

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Areal yttervegger [m <sup>2</sup> ]:	2674	
Areal tak [m <sup>2</sup> ]:	3837	
Areal gulv [m <sup>2</sup> ]:	4098	
Areal vinduer og ytterdører [m <sup>2</sup> ]:	1275	
Oppvarmet bruksareal (BRA) [m <sup>2</sup> ]:	8922	
Oppvarmet luftvolum [m <sup>3</sup> ]:	36050	
U-verdi yttervegger [W/m <sup>2</sup> K]	0,13	
U-verdi tak [W/m <sup>2</sup> K]	0,13	
U-verdi gulv [W/m <sup>2</sup> K]	0,11	
U-verdi vinduer og ytterdører [W/m <sup>2</sup> K]	0,70	
Areal vinduer og dører delt på bruksareal [%]	14,3	
Normalisert kuldebroverdi [W/m <sup>2</sup> K]:	0,03	
Normalisert varmekapasitet [Wh/m <sup>2</sup> K]	219	
Lekkasjetall (n50) [1/h]:	0,60	
Temperaturvirkningsgr. varmegjenvinner [%]:	85	

### Dokumentasjon av sentrale inndata (2)

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Estimert temperaturvirk. varmegjenvinner justert for frostsikring [%]:	85,0	
Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m <sup>3</sup> /s]:	1,50	
Luftmengde i driftstiden [m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> ]	11,8	
Luftmengde utenfor driftstiden [m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> ]	3,0	
Systemvirkningsgrad oppvarmingsanlegg:	0,98	
Installert effekt romoppv. og varmebatt. [W/m <sup>2</sup> ]:	80	
Settpunkttemperatur for romoppvarming [°C]	20,0	
Systemeffektfaktor kjøling:	2,50	
Settpunkttemperatur for romkjøling [°C]	22,0	
Installert effekt romkjøling og kjølebatt. [W/m <sup>2</sup> ]:	36	
Spesifikk pumpeeffekt romoppvarming [kW/(l/s)]:	0,34	
Spesifikk pumpeeffekt romkjøling [kW/(l/s)]:	0,09	
Spesifikk pumpeeffekt varmebatteri [kW/(l/s)]:	0,50	
Spesifikk pumpeeffekt kjølebatteri [kW/(l/s)]:	0,60	
Driftstid oppvarming (timer)	12,0	



# SIMIEN

## Evaluering passivhus

Simuleringsnavn: Lavenergihusevaluering av TF-bygget etter utbedringer

Tid/dato simulering: 00:00 12/5-2011

Programversjon: 5.000

Brukernavn: Student

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: C:\...\TF-bygget etter utbedringer med kjøling.smi

Prosjekt: TF-bygget etter utbedringer

Sone: Alle soner

Dokumentasjon av sentrale inndata (3)		
Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Driftstid kjøling (timer)	6,0	
Driftstid ventilasjon (timer)	12,0	
Driftstid belysning (timer)	12,0	
Driftstid utstyr (timer)	12,0	
Oppholdstid personer (timer)	12,0	
Effektbehov belysning i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	6,0	
Varmetilskudd belysning i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	6,0	
Effektbehov utstyr i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	11,0	
Varmetilskudd utstyr i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	5,0	
Effektbehov varmtvann på driftsdager [W/m <sup>2</sup> ]	0,8	
Varmetilskudd varmtvann i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	0,0	
Varmetilskudd personer i oppholdstiden [W/m <sup>2</sup> ]	6,0	
Total solfaktor for vindu og solskjerming:	0,37	
Gjennomsnittlig karmfaktor vinduer:	0,14	
Solskjermingsfaktor horisont/bygningsutspring:	0,83	

Inndata bygning	
Beskrivelse	Verdi
Bygningskategori	Universitets- og høgskolebygg
Simuleringsansvarlig	Marita Åsgård
Kommentar	

## Performance of Grid-connected PV

### PVGIS estimates of solar electricity generation

Location: 59°40'18" North, 10°47'28" East, Elevation: 104 m a.s.l.,

Nominal power of the PV system: 65.0 kW (crystalline silicon)

Estimated losses due to temperature: 11.3% (using local ambient temperature)

Estimated loss due to angular reflectance effects: 3.0%

Other losses (cables, inverter etc.): 14.0%

Combined PV system losses: 26.0%

<b>Fixed system: inclination=40 deg., orientation=0 deg.</b>				
<b>Month</b>	<b>Ed</b>	<b>Em</b>	<b>Hd</b>	<b>Hm</b>
Jan	31.80	987	0.58	18.1
Feb	78.30	2190	1.48	41.3
Mar	128.00	3980	2.53	78.3
Apr	189.00	5660	3.88	116
May	230.00	7120	4.88	151
Jun	241.00	7230	5.24	157
Jul	225.00	6980	4.94	153
Aug	187.00	5790	4.06	126
Sep	147.00	4420	3.06	91.9
Oct	85.90	2660	1.69	52.5
Nov	45.20	1360	0.85	25.5
Dec	27.90	866	0.51	15.9
Year	135.00	4100	2.81	85.6
Total for year		49200		1030

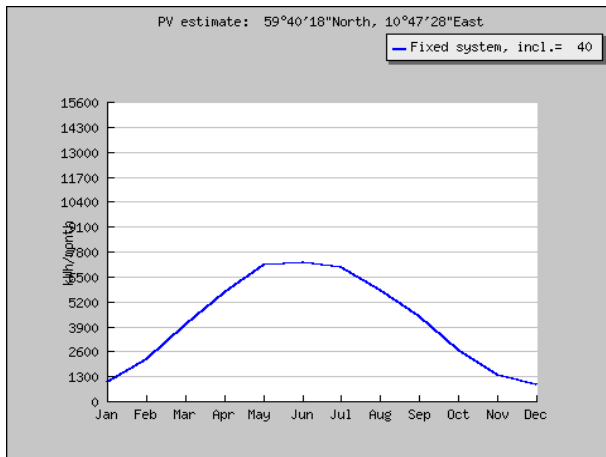
Ed: Average daily electricity production from the given system (kWh)

Em: Average monthly electricity production from the given system (kWh)

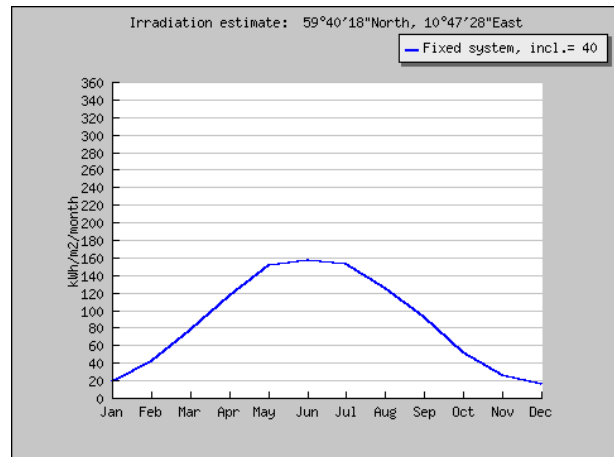
Hd: Average daily sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m<sup>2</sup>)

Hm: Average sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m<sup>2</sup>)





Monthly energy output from fixed-angle PV system



Monthly in-plane irradiation for fixed angle

PVGIS (c) European Communities, 2001-2010

Reproduction is authorised, provided the source is acknowledged.

<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>

Disclaimer:

The European Commission maintains this website to enhance public access to information about its initiatives and European Union policies in general. However the Commission accepts no responsibility or liability whatsoever with regard to the information on this site.

This information is:

- of a general nature only and is not intended to address the specific circumstances of any particular individual or entity;
- not necessarily comprehensive, complete, accurate or up to date;
- not professional or legal advice (if you need specific advice, you should always consult a suitably qualified professional).

Some data or information on this site may have been created or structured in files or formats that are not error-free and we cannot guarantee that our service will not be interrupted or otherwise affected by such problems. The Commission accepts no responsibility with regard to such problems incurred as a result of using this site or any linked external sites.



# SIMIEN

## Evaluering lavenergihus

Simuleringsnavn: Lavenergihusevaluering av TF-bygget etter utbedringer

Tid/dato simulering: 18:41 10/5-2011

Programversjon: 5.000

Brukernavn: Student

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: C:\...\TF-bygget etter utbedringer med kjøling.smi

Prosjekt: TF-bygget etter utbedringer

Sone: Alle soner

Resultater av evalueringen		Beskrivelse
Evaluering mot passivhusstandarden		
Varmetapsramme		Bygningen tilfredstiller kravet for varmetapstall
Energiramme		Bygningen tilfredstiller krav til energibruk
Minstekrav		Bygningen tilfredstiller minstekrav til enkeltkomponenter
Luftmengder ventilasjon		Luftmengdene tilfredstiller minstekrav gitt i prosjektrapport 42 (tabell B.4)
Samlet evaluering		Bygningen tilfredstiller alle krav til lavenergihus

Varmetapsbudsjett		Verdi
Beskrivelse		
Varmetapstall yttervegger		0,04
Varmetapstall tak		0,06
Varmetapstall gulv på grunn/mot det fri		0,05
Varmetapstall glass/vinduer/dører		0,10
Varmetapstall kuldebroer		0,03
Varmetapstall infiltrasjon		0,06
Varmetapstall ventilasjon		0,30
Totalt varmetapstall		0,64
Krav varmetapstall		0,75

Energiytelse		
Beskrivelse	Verdi	Krav
Netto oppvarmingsbehov	24,0 kWh/m <sup>2</sup>	30,0 kWh/m <sup>2</sup>
Netto kjølebehov	9,9 kWh/m <sup>2</sup>	15,0 kWh/m <sup>2</sup>
CO2-utslipp	9 kg/m <sup>2</sup>	45 kg/m <sup>2</sup>



# SIMIEN

## Evaluering lavenergihus

Simuleringsnavn: Lavenergihusevaluering av TF-bygget etter utbedringer

Tid/dato simulering: 18:41 10/5-2011

Programversjon: 5.000

Brukernavn: Student

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: C:\...\TF-bygget etter utbedringer med kjøling.smi

Prosjekt: TF-bygget etter utbedringer

Sone: Alle soner

Minstekrav enkeltkomponenter			
Beskrivelse		Verdi	Krav
U-verdi yttervegger [W/m <sup>2</sup> K]		0,13	0,18
U-verdi tak [W/m <sup>2</sup> K]		0,13	0,15
U-verdi gulv mot grunn og mot det fri [W/m <sup>2</sup> K]		0,11	0,13
U-verdi glass/vinduer/dører [W/m <sup>2</sup> K]		0,70	1,20
Normalisert kuldebroverdi [W/m <sup>2</sup> K]		0,03	0,05
Årsmidlere temperaturvirkningsgrad varmegjenvinner ventilasjon [%]		85	70
Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m <sup>3</sup> /s]:		1,50	2,00
Lekkasjetall (lufttetthet ved 50 Pa trykkforskjell) [luftvekslinger pr time]		0,60	1,50

Energibudsjett			
Energipost		Energibehov	Spesifikt energibehov
1a Romoppvarming		125242 kWh	14,0 kWh/m <sup>2</sup>
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)		89147 kWh	10,0 kWh/m <sup>2</sup>
2 Varmtvann (tappevann)		44713 kWh	5,0 kWh/m <sup>2</sup>
3a Vifter		165720 kWh	18,6 kWh/m <sup>2</sup>
3b Pumper		18852 kWh	2,1 kWh/m <sup>2</sup>
4 Belysning		167672 kWh	18,8 kWh/m <sup>2</sup>
5 Teknisk utstyr		139721 kWh	15,7 kWh/m <sup>2</sup>
6a Romkjøling		16108 kWh	1,8 kWh/m <sup>2</sup>
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)		72658 kWh	8,1 kWh/m <sup>2</sup>
Totalt netto energibehov, sum 1-6		839833 kWh	94,1 kWh/m <sup>2</sup>



# SIMIEN

## Evaluering lavenergihus

Simuleringsnavn: Lavenergihusevaluering av TF-bygget etter utbedringer

Tid/dato simulering: 18:41 10/5-2011

Programversjon: 5.000

Brukernavn: Student

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: C:\...\TF-bygget etter utbedringer med kjøling.smi

Prosjekt: TF-bygget etter utbedringer

Sone: Alle soner

Levert energi til bygningen (beregnet)		
Energivare	Levert energi	Spesifikk levert energi
1a Direkte elektrisitet	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
1b El. til varmepumpesystemer	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
1c El. til solenergisystemer	40605 kWh	4,6 kWh/m <sup>2</sup>
2 Olje	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
3 Gass	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
4 Fjernvarme	274110 kWh	30,7 kWh/m <sup>2</sup>
5 Biobrensel	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
6. Annen energivare ( )	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
Totalt levert energi, sum 1-6	314715 kWh	35,3 kWh/m <sup>2</sup>

Referanseinformasjon beregning	
Evaluering mot passivhusstandarden	Beskrivelse
Beregning	Utført etter Prosjektrapport 42 med validert dynamisk timesberegning etter reglene i NS 3031
Kommune, gårds- og bruksnummer	
Konstruksjon og plassering	
Tekniske installasjoner	
Soneinndeling	
Arealvurdering	



# SIMIEN

## Evaluering lavenergihus

Simuleringsnavn: Lavenergihusevaluering av TF-bygget etter utbedringer

Tid/dato simulering: 18:41 10/5-2011

Programversjon: 5.000

Brukernavn: Student

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: C:\...\TF-bygget etter utbedringer med kjøling.smi

Prosjekt: TF-bygget etter utbedringer

Sone: Alle soner

### Dokumentasjon av sentrale inndata (1)

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Areal yttervegger [m <sup>2</sup> ]:	2674	
Areal tak [m <sup>2</sup> ]:	3837	
Areal gulv [m <sup>2</sup> ]:	4098	
Areal vinduer og ytterdører [m <sup>2</sup> ]:	1275	
Oppvarmet bruksareal (BRA) [m <sup>2</sup> ]:	8922	
Oppvarmet luftvolum [m <sup>3</sup> ]:	36050	
U-verdi yttervegger [W/m <sup>2</sup> K]	0,13	
U-verdi tak [W/m <sup>2</sup> K]	0,13	
U-verdi gulv [W/m <sup>2</sup> K]	0,11	
U-verdi vinduer og ytterdører [W/m <sup>2</sup> K]	0,70	
Areal vinduer og dører delt på bruksareal [%]	14,3	
Normalisert kuldebroverdi [W/m <sup>2</sup> K]:	0,03	
Normalisert varmekapasitet [Wh/m <sup>2</sup> K]	219	
Lekkasjetall (n50) [1/h]:	0,60	
Temperaturvirkningsgr. varmegjenvinner [%]:	85	

### Dokumentasjon av sentrale inndata (2)

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Estimert temperaturvirk. varmegjenvinner justert for frostsikring [%]:	85,0	
Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m <sup>3</sup> /s]:	1,50	
Luftmengde i driftstiden [m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> ]	11,8	
Luftmengde utenfor driftstiden [m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> ]	3,0	
Systemvirkningsgrad oppvarmingsanlegg:	0,98	
Installert effekt romoppv. og varmebatt. [W/m <sup>2</sup> ]:	80	
Settpunkttemperatur for romoppvarming [°C]	20,0	
Systemeffektfaktor kjøling:	2,50	
Settpunkttemperatur for romkjøling [°C]	22,0	
Installert effekt romkjøling og kjølebatt. [W/m <sup>2</sup> ]:	36	
Spesifikk pumpeeffekt romoppvarming [kW/(l/s)]:	0,34	
Spesifikk pumpeeffekt romkjøling [kW/(l/s)]:	0,09	
Spesifikk pumpeeffekt varmebatteri [kW/(l/s)]:	0,50	
Spesifikk pumpeeffekt kjølebatteri [kW/(l/s)]:	0,60	
Driftstid oppvarming (timer)	12,0	



# SIMIEN

## Evaluering lavenergihus

Simuleringsnavn: Lavenergihusevaluering av TF-bygget etter utbedringer

Tid/dato simulering: 18:41 10/5-2011

Programversjon: 5.000

Brukernavn: Student

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: C:\...\TF-bygget etter utbedringer med kjøling.smi

Prosjekt: TF-bygget etter utbedringer

Sone: Alle soner

Dokumentasjon av sentrale inndata (3)		
Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Driftstid kjøling (timer)	6,0	
Driftstid ventilasjon (timer)	12,0	
Driftstid belysning (timer)	12,0	
Driftstid utstyr (timer)	12,0	
Oppholdstid personer (timer)	12,0	
Effektbehov belysning i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	6,0	
Varmetilskudd belysning i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	6,0	
Effektbehov utstyr i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	11,0	
Varmetilskudd utstyr i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	5,0	
Effektbehov varmtvann på driftsdager [W/m <sup>2</sup> ]	0,8	
Varmetilskudd varmtvann i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	0,0	
Varmetilskudd personer i oppholdstiden [W/m <sup>2</sup> ]	6,0	
Total solfaktor for vindu og solskjerming:	0,37	
Gjennomsnittlig karmfaktor vinduer:	0,14	
Solskjermingsfaktor horisont/bygningsutspring:	0,83	

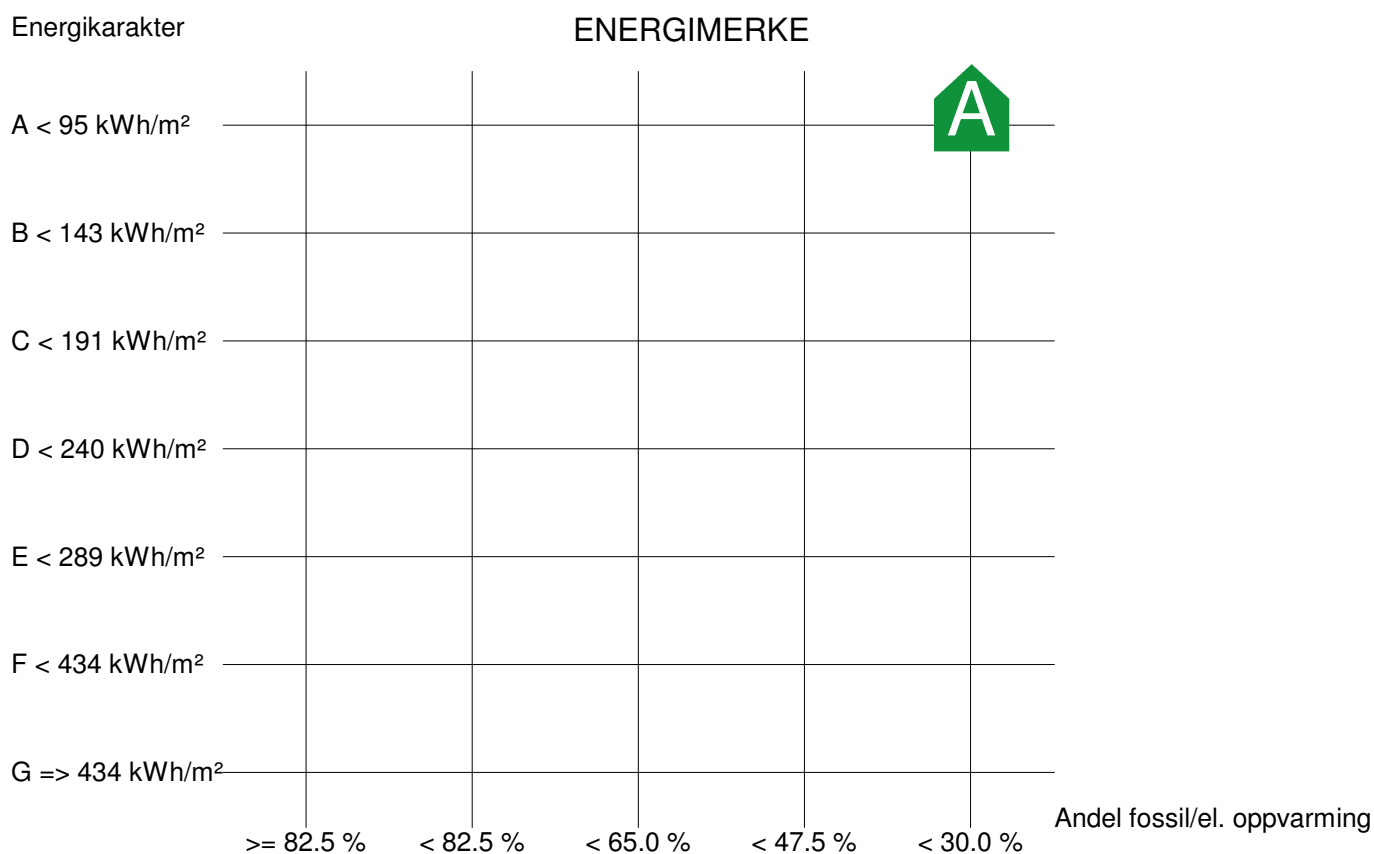
Inndata bygning	
Beskrivelse	Verdi
Bygningskategori	Universitets- og høyskolebygg
Simuleringsansvarlig	Marita Åsgård
Kommentar	



# SIMIEN

Energimerke

Simuleringsnavn: Energimerke  
Tid/dato simulering: 18:57 10/5-2011  
Programversjon: 5.000  
Brukernavn: Student  
Firma: Undervisningslisens  
Inndatafil: C:\...\TF-bygget etter utbedringer med kjøling.smi  
Prosjekt: TF-bygget etter utbedringer  
Sone: Alle soner



Beregnet levert energi normalisert klima: 24 kWh/m<sup>2</sup>  
Sum andel el/olje/gass av netto oppvarmingsbehov: 26.8 %

Beregnet levert energi	
Beskrivelse	Verdi
Energibruk normalisert klima	24 kWh/m <sup>2</sup>
Energibruk lokalt klima	24 kWh/m <sup>2</sup>



# SIMIEN

Energimerke

Simuleringsnavn: Energimerke  
Tid/dato simulering: 18:57 10/5-2011  
Programversjon: 5.000  
Brukernavn: Student  
Firma: Undervisningslisens  
Inndatafil: C:\...\TF-bygget etter utbedringer med kjøling.smi  
Prosjekt: TF-bygget etter utbedringer  
Sone: Alle soner

Beskrivelse	Forventet levert energi	Verdi
Elektrisitet		52981 kWh
Olje		0 kWh
Gass		0 kWh
Fjernvarme		165561 kWh
Biobrensel		0 kWh
Annen energivare		0 kWh
Total energibruk		218542 kWh

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Dokumentasjon av sentrale inndata (1)		
Areal yttervegger [m <sup>2</sup> ]:	2674	
Areal tak [m <sup>2</sup> ]:	3837	
Areal gulv [m <sup>2</sup> ]:	4098	
Areal vinduer og ytterdører [m <sup>2</sup> ]:	1275	
Oppvarmet bruksareal (BRA) [m <sup>2</sup> ]:	8922	
Oppvarmet luftvolum [m <sup>3</sup> ]:	36050	
U-verdi yttervegger [W/m <sup>2</sup> K]	0,13	
U-verdi tak [W/m <sup>2</sup> K]	0,13	
U-verdi gulv [W/m <sup>2</sup> K]	0,11	
U-verdi vinduer og ytterdører [W/m <sup>2</sup> K]	0,70	
Areal vinduer og dører delt på bruksareal [%]	14,3	
Normalisert kuldebroverdi [W/m <sup>2</sup> K]:	0,03	
Normalisert varmekapasitet [Wh/m <sup>2</sup> K]	219	
Lekkasjetall (n50) [1/h]:	0,60	
Temperaturvirkningsgr. varmegjenvinner [%]:	85	





Simuleringsnavn: Energimerke  
Tid/dato simulering: 18:57 10/5-2011  
Programversjon: 5.000  
Brukernavn: Student  
Firma: Undervisningslisens  
Inndatafil: C:\...\TF-bygget etter utbedringer med kjøling.smi  
Prosjekt: TF-bygget etter utbedringer  
Sone: Alle soner

### Dokumentasjon av sentrale inndata (2)

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Estimert temperaturvirk. varmegjenvinner justert for frostsikring [%]:	85,0	
Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m <sup>3</sup> /s]:	1,50	
Luftmengde i driftstiden [m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> ]	11,8	
Luftmengde utenfor driftstiden [m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> ]	3,0	
Systemvirkningsgrad oppvarmingsanlegg:	1,04	
Installert effekt romoppv. og varmebatt. [W/m <sup>2</sup> ]:	80	
Settpunkttemperatur for romoppvarming [°C]	20,0	
Systemeffektfaktor kjøling:	2,50	
Settpunkttemperatur for romkjøling [°C]	22,0	
Installert effekt romkjøling og kjølebatt. [W/m <sup>2</sup> ]:	36	
Spesifikk pumpeeffekt romoppvarming [kW/(l/s)]:	0,34	
Spesifikk pumpeeffekt romkjøling [kW/(l/s)]:	0,09	
Spesifikk pumpeeffekt varmebatteri [kW/(l/s)]:	0,50	
Spesifikk pumpeeffekt kjølebatteri [kW/(l/s)]:	0,60	
Driftstid oppvarming (timer)	12,0	

### Dokumentasjon av sentrale inndata (3)

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Driftstid kjøling (timer)	6,0	
Driftstid ventilasjon (timer)	12,0	
Driftstid belysning (timer)	12,0	
Driftstid utstyr (timer)	12,0	
Oppholdstid personer (timer)	12,0	
Effektbehov belysning i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	8,0	
Varmetilskudd belysning i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	8,0	
Effektbehov utstyr i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	11,0	
Varmetilskudd utstyr i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	11,0	
Effektbehov varmtvann på driftsdager [W/m <sup>2</sup> ]	0,8	
Varmetilskudd varmtvann i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	0,0	
Varmetilskudd personer i oppholdstiden [W/m <sup>2</sup> ]	6,0	
Total solfaktor for vindu og solskjerming:	0,37	
Gjennomsnittlig karmfaktor vinduer:	0,14	
Solskjermingsfaktor horisont/bygningsutspring:	0,83	



# SIMIEN

Energimerke

Simuleringsnavn: Energimerke

Tid/dato simulering: 18:57 10/5-2011

Programversjon: 5.000

Brukernavn: Student

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: C:\...\TF-bygget etter utbedringer med kjøling.smi

Prosjekt: TF-bygget etter utbedringer

Sone: Alle soner

Inndata bygning		Verdi
Beskrivelse		
Bygningskategori		Universitets- og høyskolebygg
Simuleringsansvarlig		Marita Åsgård
Kommentar		