



**U i T**

**NORGES  
ARKTISKE  
UNIVERSITET**

Fakultet for ingeniørvitenskap og teknologi

# **Lavenergi brannstasjon i Narvik**

---

**Kenth I. Ljunggren Kvitvik**

*Masteroppgave i Integrert bygningsteknologi*

*Mai 2017*





SHO6261

Mastergradsoppgave i teknologi

**Lavenergi brannstasjon i Narvik**

**Low energy fire station in Narvik**

Kenth I. Ljunggren Kvitvik

Mai, 2017

**Fakultet for ingeniørvitenskap og teknologi  
Institutt for bygg, energi og materialteknologi**



<i>Tittel:</i> Lavenergi brannstasjon i Narvik Low energy fire station in Narvik		<i>Dato:</i> 12. Mai 2017
		<i>Gradering:</i> Åpen
<i>Forfatter:</i> Kenth I. Ljunggren Kvitvik		<i>Antall sider:</i> 74
		<i>Vedlegg:</i> 5
<i>Fakultet:</i> Ingeniørvitenskap og teknologi	<i>Institutt:</i> Bygg, energi og materialteknologi - Master Integrert bygningsteknologi	
<i>Veileder:</i> Bjørn R. Sørensen		
<i>Oppdragsgiver:</i> Multiconsult AS	<i>Oppdragsgiver kontaktperson:</i> Thomas S. Hareide	
<i>Sammendrag:</i> Hensikten med rapporten er å utrede ulike løsninger som kan benyttes for at den nye brannstasjonen i Narvik skal tilfredsstillere energikravene i TEK 16 og NS 3701. Rapporten tar også for seg utviklingen av teknisk forskrift frem til i dag, og et mulighetsstudie om hvordan man kan oppnå lavenergi standard for bygninger med store dør- og vindusarealer. Resultatene fra energiberegningen viser at det er mulig å tilfredsstillere energikravene i både TEK 16 og NS 3701.		
<i>Abstract:</i> The purpose of the report is to investigate various solutions that can be used to meet the energy requirements of TEK 16 and NS 3701. The report also deals with the development of technical regulations to date, and a study on how to achieve low energy standards for buildings with large door and windows. The results of the energy calculation show that it is possible to meet the energy requirements in both TEK 16 and NS 3701.		

## MASTEROPPGAVE

for

**Kenth Ivar Ljunggren Kvitvik**

(Studentnummer 501119)

Vår 2017

## Lavenergi Brannstasjon i Narvik

(Low energy fire station in Narvik)

### Bakgrunn

Bygningssektoren står for en betydelig andel av klimagassutslippene i samfunnet, bl.a. gjennom høy energibruk til produksjon av bygningselementer og ikke minst til drift i bygningenes livsløp. Opp mot 40% av all stasjonær energiproduksjon går med til å sikre at våre bygg har komfortable og produksjonsfremmende miljø. Arbeidet med å øke energieffektivitet i eksisterende bygg er i gang, og nye tekniske forskrifter strammes stadig oftere inn for å redusere energibruken. Enkelte typer bygg har naturlig store vindus- og dørarealer i forhold til BRA, noe som medfører problemer i forhold til å tilfredsstille energikravene i TEK.

Ofoten Interkommunale brann- og redningsvesen («OBR») har et behov for nytt lokale til brannstasjon i Narvik. I den sammenheng planlegger Nordkraft prosjekt AS starte forprosjektering av ny brannstasjon og driftsbygning i Teknologiveien 2 i Narvik. Energikravene i gjeldende TEK skal overholdes, noe som kan være utfordrende spesielt for vognhallen.



Figur 1: Skisse av ny brannstasjon og driftsbygning.



Figur 2: Plassering av bygget

Multiconsult AS har stor interesse av og et ønske om å utrede ulike løsninger for brannstasjonen som kan tilfredsstille gjeldende energikrav i TEK, samtidig som at alle øvrige krav til funksjonalitet ikke påvirkes.

### Begrensning av oppgaven

Eventuell begrensning av oppgaven i forhold til understående arbeidsomfang skal gjøres i samråd med veileder.

### Arbeidet skal omfatte (men ikke nødvendigvis begrenses til):

1. Utføre en mulighetsstudie på hvordan oppnå lavenergibygg i bygg med store dør- og vindusarealer. Her forutsettes gjennomgang av tilgjengelig litteratur.
2. Gjennomgå nye norske byggeregler med tanke på tekniske installasjoner og energieffektivitet, med fokus mot aktuell bygningstype
3. Innhente og systematisere dokumentasjon og planer for ny brannstasjon/driftsbygning i Narvik
4. Utrede ulike muligheter for å tilfredsstille TEK-krav for brannstasjonen. Herunder inngår vurderinger av
  - a. Bygningskropp/isoleringsevne
  - b. Oppvarmingskilde
  - c. Tekniske systemer (VVS)
5. Modellere de ulike delene av bygget i SIMIEN, og simulere ulike løsninger.
6. Vurdere hva som skal til for å oppnå passivhusstandard for mannskapsdelen av bygget.
7. Det skal utarbeides en vitenskapelig artikkel/paper basert på besvarelsen, maks 6 sider. (Artikkelen kan sees på som er kortversjon av hele besvarelsen.)

### Samarbeidspartner

Oppgaven gjennomføres i samarbeid med Multiconsult AS, Narvik.

### Generelt

Senest 14 dager etter at oppgaveteksten er utlevert skal resultatene fra det innledende arbeid være ferdigstilt og levert i form av en forstudierapport. Forstudierapporten skal godkjennes av veileder før kandidaten har anledning til å fortsette på resten av hovedoppgaven. Det innledende arbeid skal være en naturlig forberedelse og klargjøring av det videre arbeid i hovedoppgaven og skal inneholde:

- Generell analyse av oppgavens problemstillinger.
- Definisjon i forhold til begrensninger og omfang av oppgaven.

- Klargjøring/beskrivelse av de arbeidsoppgaver som må gjennomføres for løsning av oppgaven med definisjoner av arbeidsoppgavenes innhold og omfang.
- En tidsplan for framdriften av prosjektet.

Sluttrapporten skal være vitenskapelig oppbygget med tanke på litteraturstudie, arbeidsmetodikk, kildehenvisninger etc. Alle beregninger og valgte løsninger må dokumenteres og argumenteres for. Besvarelsen redigeres som en forskningsrapport med et sammendrag både på norsk og engelsk, konklusjon, litteraturliste, referanser, innholdsfortegnelse etc. Påstander skal begrunnes ved bevis, referanser eller logisk argumentasjonsrekker. I tillegg til norsk tittel skal det være en engelsk tittel på oppgaven. Oppgaveteksten skal være en del av besvarelsen (plasseres foran Forord).

Materiell som er utviklet i forbindelse med oppgaven, så som programvare/kildekoder eller fysisk utstyr, er å betrakte som en del av besvarelsen. Dokumentasjon for korrekt bruk av dette skal så langt som mulig også vedlegges besvarelsen.

Dersom oppgaven utføres i samarbeid med en ekstern aktør, skal kandidaten rette seg etter de retningslinjer som gjelder hos denne, samt etter eventuelle andre pålegg fra ledelsen i den aktuelle bedriften. Kandidaten har ikke anledning til å foreta inngrep i den eksterne aktørs informasjonssystemer, produksjonsutstyr o.l. Dersom dette skulle være aktuelt i forbindelse med gjennomføring av oppgaven, skal spesiell tillatelse innhentes fra ledelsen.

Eventuelle reiseutgifter, kopierings- og telefonutgifter må bæres av studenten selv med mindre andre avtaler foreligger.

Hvis kandidaten, mens arbeidet med oppgaven pågår, støter på vanskeligheter som ikke var forutsatt ved oppgavens utforming, og som eventuelt vil kunne kreve endringer i eller utelatelse av enkelte spørsmål fra oppgaven, skal dette umiddelbart tas opp med UiT ved veileder.

Besvarelsen leveres digitalt i MUNIN.

Utleveringsdato:	09.01.2017
Innleveringsdato:	15.05.2017
Kontaktperson bedrift:	Multiconsult AS Thomas Hareide Telefon: 997 48 749 E-post: <a href="mailto:thomas.hareide@multiconsult.no">thomas.hareide@multiconsult.no</a>
Veileder UiT - IVT:	Prof. Bjørn R Sørensen Telefon: 970 13 801 E-post: <a href="mailto:bjorn.r.sorensen@uit.no">bjorn.r.sorensen@uit.no</a>

UiT – Norges Arktiske Universitet  
Institutt for bygg-, energi- og materialteknologi



---

Bjørn R Sørensen  
Faglig ansvarlig/veileder

## Forord

Denne masteroppgaven er avsluttende oppgave for masterstudiet Integrert Bygningsteknologi ved Universitetet i Tromsø, campus Narvik. Masteroppgaven utgjør 30 studiepoeng, og er utført i samarbeid med Multiconsult AS i Narvik.

Oppgavens problemstilling omhandler energiberegninger av lavenergi brannstasjon i Narvik, men oppgaven har i tillegg flere andre problemstillinger som fremkommer i rapporten. Oppgaven er valgt på bakgrunn av forfatterens interesse for fagområdet, og at Multiconsult AS ønsket å få utredet ulike løsninger for problemstillingene i oppgaven.

En stor takk rettes til Multiconsult AS, som har stilt kontorplass og hjelpemidler til disposisjon under arbeidet med oppgaven. Jeg ønsker også å takke Thomas S. Hareide fra Multiconsult AS og Bjørn Reidar Sørensen fra UiT Narvik for god veiledning og støtte ved gjennomføring av oppgaven.

UiT – Norges Arktiske Universitet

Narvik 12. Mai 2017

Kenth I. Ljunggren Kvitvik



## Sammendrag

Energibruken i Norge har steget med 40 % siden 1970-årene, og bygningssektoren legger beslag på om lag 38 % av den totale energibruken i Norge. På bakgrunn av denne utviklingen ble kapittelet for energikrav revidert i teknisk forskrift fra 1. Januar 2016. De nye energikravene hadde ett års overgangstid hvor de gamle energikravene (TEK 10) kunne benyttes, og de nye energikravene (TEK 16) gjelder i praksis fra 1. Januar 2017.

Hensikten med rapporten er å utrede ulike løsninger som kan benyttes for at den nye brannstasjonen i Narvik skal tilfredsstillere energikravene i TEK 16 og NS 3701. Herunder gjelder løsninger for bygningskroppen, oppvarmingskilder og tekniske systemer. Rapporten tar også for seg utviklingen av teknisk forskrift frem til i dag, og et mulighetsstudie om hvordan man kan oppnå lavenergistandard for bygninger med store dør- og vindusarealer. Disse problemstillingene ble løst ved et omfattende litteraturstudie og et casestudie. Casestudiet ble gjennomført ved modellering og simulering av brannstasjonen i energiberegningsprogrammet SIMIEN.

Resultatene fra energiberegningen viser at det er mulig å tilfredsstillere energikravene i både TEK 16 og NS 3701. Det er avgjørende å velge energieffektive energikilder, tekniske komponenter med lavt energibehov og en god bygningskropp for å gi et godt utgangspunkt for energiberegningene. Ved evaluering mot TEK 16 var det kun nødvendig å nedjustere lekkasjetallet for å tilfredsstillere energikravene, mens det ved evaluering mot lavenergistandard måtte utføres tiltak på både bygningskroppen og tekniske komponenter. De enkelttiltakene som ga størst utslag på beregningen var forbedring av lekkasjetall, normalisert kuldebroverdi og virkningsgrad for varmegjenvinner. Forbedring av lekkasjetall og normalisert kuldebroverdi måtte ved evaluering mot lavenergistandard forbedres til minstekravene for passivhusstandard. Disse forbedringene resulterte i at evalueringen mot passivhusstandard for mannskapsdelen også ble tilfredsstillende. Evalueringen av mannskapsdelen er kun gjeldende som en sone i brannstasjonen, og kan ikke regnes som en egen enhet.

For å oppnå et lavt lekkasjetall kreves stor fokus på tetting i byggefasen. Lufttetthetsmålinger er den eneste metoden for å kontrollere at man oppnår god lufttetting av bygningen. De tiltakene som ble utført for at brannstasjonen skal tilfredsstillere lavenergistandard er avgjørende, men andre tiltak kan også benyttes.

## Abstract

Energy consumption in Norway has increased by 40 % since the 1970s, and the construction sector seizes about 38 % of the total energy consumption in Norway. Based on this development, the chapter on energy requirements was revised in the technical regulation from 1. January 2016. The new energy requirements had one year transition time where the old energy requirements (TEK 10) could be used and the new energy requirements (TEK 16) apply in practice from 1. January 2017.

The purpose of the report is to investigate various solutions that can be used to meet the energy requirements of TEK 16 and NS 3701. The following applies to solutions for the building body, heating sources and technical systems. The report also deals with the development of technical regulations to date, and a study on how to achieve low energy standards for buildings with large door and windows. These issues were solved by a comprehensive literature study and case study. The case study was conducted by modeling and simulation of the fire station in the energy calculation program SIMIEN.

The results of the energy calculation show that it is possible to meet the energy requirements in both TEK 16 and NS 3701. It is crucial to choose energy efficient energy sources, low energy components and a good building body to provide a good starting point for energy calculations. When evaluating against TEK 16, it was only necessary to adjust the leakage rate to meet the energy requirements, while assessing the low energy standard required measures on both the building body and technical components. The single measurements that gave the greatest impact on the calculation were improvement in leakage rate, normalized thermal bridge and efficiency of heat recycler. Improvement of the leakage rate and normalized thermal bridge had to be improved to the minimum requirements for passive housing standards when evaluating low energy standards. These improvements resulted in the evaluation of passive housing standards for the crew-member part of the fire station also being satisfactory. The evaluation of the crew part is only applicable as a zone in the fire station and cannot be considered as a separate device.

To achieve a low leakage rate, a high focus is required on sealing in the construction phase. Air-tightness measurements are the only way to check that the building is well-ventilated. The measures taken to ensure that the fire station meets low energy standards is crucial, but other measures can also be used.

## Innholdsfortegnelse

Forord.....	i
Sammendrag.....	ii
Abstract.....	iii
Figurliste.....	vi
Tabelliste.....	vii
Begreper og definisjoner.....	viii
Forkortelser.....	ix
1 Innledning.....	1
1.1 Bakgrunn.....	2
1.2 Formål og problemstilling.....	2
1.3 Avgrensninger.....	2
1.4 Rapportens oppbygging.....	3
2 Metode.....	4
2.1 Litteraturstudie.....	4
2.2 Casestudie.....	5
3 Byggetekniske forskrifter.....	6
3.1 Byggebestemmelser i et historisk perspektiv.....	6
3.1.1 Historiske forskrifter.....	7
3.1.2 Byggeteknisk forskrift – TEK 10.....	10
3.2 Dagens energikrav – TEK 16.....	10
3.2.1 Energirammer.....	11
3.2.2 Energiltak.....	12
3.2.3 Minimumskrav til energieffektivitet.....	12
3.2.4 Energiforsyning.....	13
4 Mulighetsstudie.....	14
4.1 Krav for å oppnå lavenergistandard.....	15
4.2 Mulige energikilder.....	16
4.3 Mulige ventilasjonsløsninger og energiledelse.....	19
4.4 Mulige tiltak for å oppnå lavenergistandard.....	21
4.5 Mulige tiltak for å oppnå passivhusstandard.....	23
5 Energiforbruk og energimerking.....	25

5.1	NS 3031 Beregning av bygningers energiytelse .....	26
5.2	NS 3701 Passivhusstandard for yrkesbygg .....	27
5.3	SIMIEN .....	28
5.4	Energimerkeordningen .....	28
5.4.1	Energikarakter .....	29
5.4.2	Oppvarmingskarakter .....	30
6	Inndata for energiberegningene .....	31
6.1	Inndeling i soner .....	31
6.2	Oppvarmingskilde .....	32
6.3	Bygningskropp .....	33
6.3.1	Yttervegg .....	33
6.3.2	Yttertak .....	34
6.3.3	Gulv .....	35
6.3.4	Vinduer, dører og porter .....	35
6.4	Tekniske systemer .....	36
6.4.1	Ventilasjon .....	36
6.4.2	Internlast .....	37
6.5	Forutsetninger .....	37
7	Energiberegninger .....	39
7.1	Evaluering mot TEK 16 .....	39
7.2	Tiltak for å tilfredsstille TEK 16 .....	40
7.3	Evaluering mot lavenergistandard (NS 3701) .....	42
7.4	Tiltak for å oppnå lavenergistandard .....	43
7.5	Evaluering mot passivhusstandard for mannskapsdel .....	46
8	Oppsummering og diskusjon .....	49
8.1	Oppsummering av energiberegninger .....	49
8.2	Usikkerhetsmomenter .....	50
9	Konklusjon .....	52
10	Videre arbeid .....	53
11	Referanseliste .....	54
12	Vedlegg .....	58

## Figurliste

Figur 1: Totalt netto innenlands forbruk av energi, etter energiprodukt. Eksklusivt energi brukt som råstoff. Utvikling fra 1990 og frem til 2015 [40].	1
Figur 2: Oppbygging av rapporten.	3
Figur 3: a. Utførelse av trebjelkelag etter forskriftene av 1928 [5].	7
Figur 4: b. Til venstre: Utførelse av trebjelkelag etter forskriftene av 1949 [5].	8
Figur 5: Netto varmebehov [3].	13
Figur 6: Kyotopyramiden [39].	14
Figur 7: Effektfaktoren i varmepumpen vs. temperaturforskjellen mellom varmekilden og temperaturen pumpen leverer [14].	17
Figur 8: Solfangere. Virkningsgrad vs. temperaturforskjell [14].	18
Figur 9: Til høyre: Et ryddig og arealeffektivt kanalsystem er vanligvis strømningsvennlig. Til venstre: Uryddig kanalsystem med unødvendige kryssninger og skarpe bend som bidrar til at trykktapet øker [14].	20
Figur 10: Effekten av å forbedre bygningens lekkasjetall sammenlignet mot å øke isolasjonstykkelsen i vegg [26].	22
Figur 11: Definisjon på netto energibehov og levert energi [23].	25
Figur 12: Energikarakter og oppvarmingskarakter [33]. En rød A, som vist i figuren, er typisk for et passivhus som har elektrisk oppvarming [23].	28
Figur 13: Energikarakterskalaen [33].	29
Figur 14: Oppvarmingskarakter beregnes ut fra andel av elektrisitet og fossile energikilder [35].	30
Figur 15: Resultat fra evaluering mot TEK 16.	39
Figur 16: Energiramme tilfredsstillende ikke krav i TEK 16.	39
Figur 17: Minstekrav ved evaluering mot TEK 16.	40
Figur 18: Resultat fra evalueringen mot TEK 16 etter gjennomførte tiltak.	40
Figur 19: Energiramme tilfredsstillende krav i TEK 16.	40
Figur 20: Minstekrav ved evaluering mot TEK 16 etter tiltak.	41
Figur 21: Energimerke TEK 16.	41
Figur 22: Resultat fra evaluering mot lavenergistandard.	42
Figur 23: Varmetapsbudsjett lavenergistandard.	42
Figur 24: Energiytelse lavenergistandard.	42
Figur 25: Minstekrav til komponenter, lavenergistandard.	43
Figur 26: Energibudsjett lavenergistandard.	43
Figur 27: Resultat fra evaluering mot lavenergistandard etter gjennomførte tiltak.	44
Figur 28: Varmetapsbudsjett lavenergistandard etter gjennomførte tiltak.	44
Figur 29: Energiytelse lavenergistandard etter gjennomførte tiltak.	44
Figur 30: Minstekrav til enkeltkomponenter etter gjennomførte tiltak.	44
Figur 31: Energibudsjett etter gjennomførte tiltak.	45
Figur 32: Energimerke lavenergistandard.	45
Figur 33: Resultat fra evaluering mot passivhusstandard.	46
Figur 34: Varmetapsbudsjett passivhusstandard.	46
Figur 35: Energiytelse passivhusstandard.	47

Figur 36: Minstekrav til enkeltkomponenter, passivhusstandard.....	47
Figur 37: Energibudsjett, passivhusstandard.....	47
Figur 38: Energimerke passivhusstandard.....	48

## Tabelliste

Tabell 1: Bygningslovene fra 1924 til 2008 [5]. .....	6
Tabell 2: Forskriftene fra 1928 til 2010 [5]. .....	6
Tabell 3: Utvikling av krav til u-verdi og lekkasjetall de siste 30 årene. ....	10
Tabell 4: Nye krav for energirammer, TEK 10 mot TEK 16 [3,12]. .....	11
Tabell 5: Energiltak, TEK 10 mot TEK 16 (energiltak gjelder kun for småhus og boligblokker) [3,12]. .....	12
Tabell 6: Endringer av minimumskrav, TEK 10 mot TEK 16 [3,12]. ....	12
Tabell 7: Minstekrav til bygningsdeler, komponenter, lekkasjetall og systemer [3,18]. .....	15
Tabell 8: Energikildenes egnethet ved prosjektering av passivhus [17]. ....	19
Tabell 9: Forslag til styringsstrategi basert på rommets luftmengde [23]. .....	20
Tabell 10: Nødvendige isolasjonstykkelser for bygninger etter passivhusstandard [27]. ....	23
Tabell 11: Standardverdier for normaliserte kuldebroverdier [30]. ....	24
Tabell 12: Fordeler og ulemper med de ulike beregningspunkter [23]. ....	26
Tabell 13: Bestemmelse av krav om type energiberegning [30]. .....	27
Tabell 14: Mulig dekning av oppvarming av tappevann og romoppvarming med ulike energikilder [23]. .....	30
Tabell 15: Oversikt over soner, arealer og volum for Narvik brannstasjon. ....	31
Tabell 16: Følgende dekningsgrad er benyttet for energiberegningene. ....	32
Tabell 17: Inndata for oppvarmingsanlegg.....	32
Tabell 18: Inndata for vannbårent distribusjonsanlegg. ....	32
Tabell 19: Minstekrav fra NS 3701 sammenlignet med TEK 16. TEK 16 stiller i tillegg minimumskrav til alle delene i bygningskroppen [3,18]. .....	33
Tabell 20: Inndata for bygningskropp. ....	33
Tabell 21: Eksempler på u-verdi avhengig av elementenes tykkelse [34]. ....	34
Tabell 22: Eksempler på verdier hentet fra Byggforsk 471.013 U-verdier. Tak [35]. ....	34
Tabell 23: Eksempler på u-verdier på porter fra leverandøren Windsor (iht. produktdatablad). ....	35
Tabell 24: Følgende inndata for ventilasjon benyttes i energisimuleringen [18,30]. ....	37
Tabell 25: Standardverdier for effektbehov i driftstiden [30]. .....	37

## Begreper og definisjoner

**Bruksareal, BRA:** Areal innenfor omsluttende vegger. Beregnes etter NS 3940.

**Bygning:** Helhetlig konstruksjon, inkludert klimaskjerm og alle dens tekniske installasjonssystemer som bruker energi.

**Bygningskategori:** Kategori av bygning klassifisert ut fra bruksfunksjon.

**Passivhus- og lavenergibygninger:** En passivhus- eller lavenergibygning er en bygning som bruker lite energi til oppvarming sammenliknet med bygninger bygd etter dagens eller tidligere standarder.

**Yrkesbygg:** Offentlig eller privat eid bygning eller del av bygning som utgjør en selvstendig enhet, og som ikke benyttes til boligformål.

**Varmebehov:** Netto energibehov til romoppvarming, ventilasjonsvarme og varmtvann.

**Netto energibehov:** En bygnings energibehov uten hensyn til energisystemets virkningsgrad eller systemtap.

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

**Primærenergi:** Energi i sin opprinnelige form som ikke er blitt omdannet eller gått over i andre energiformer.

**Netto levert energi:** Levert energi fratrukket eksportert energi. Det er relevant for bygninger som leverer energi til strømmettet eller til et varmenettet.

**Spesifikt energibehov:** Energibehov per kvadratmeter oppvarmet del av BRA.

**U-verdi (varmegjennomgangskoeffisient):** U-verdi er et mål på hvor lett en bygningskomponent slipper gjennom varme. U-verdien angir hvor mye varme per tidsenhet, målt i watt (W), som kan strømme gjennom et areal på 1 m<sup>2</sup> ved en konstant temperaturforskjell på 1 K (1 Kelvin = 1 °C) mellom omgivelsene på varm og kald side av konstruksjonen.

**Infiltrasjonstap:** Utsiktet varmetap gjennom utettheter i klimaskjermen utenom ventilasjonsanlegget. Ved fast infiltrasjonsrate er tapet kun proporsjonalt med satt luftomsetning pr. time.

**Transmisjonstap:** Varmetapet gjennom vegger, gulv, tak, dører/vinduer, varmetapet til grunnen (gulv på grunn og kjeller) og varmetapet til andre soner.

**Lekkasjetall:** Luftvolum per innvendig volum og per tidsenhet som lekker gjennom klimaskjermen ved referansetrykkdifferansen over klimaskjermen.

**Normalisert kuldebroverdi:** Samlet stasjonær varmestrøm fra kuldebroer dividert med oppvarmet del av BRA.

**Ventilasjonsvarmegjenvinning:** Varme fra avluft som overføres til tilluft for å redusere varmetap på grunn av ventilasjon.

**Varmetapstall:** Varmetransportkoeffisienten for transmisjon, infiltrasjon og ventilasjon dividert på oppvarmet del av BRA.

**SFP-faktor:** Den spesifikke effekten som er nødvendig for å drive viftene i ventilasjonsanlegget. Lav SFP-faktor betyr lavt energibehov til viftedrift.

**SIMIEN:** Dynamisk energiberegningsprogram.

**COP:** Effektfaktor ved temperaturløft.

## Forkortelser

**TEK:** Forskrift om tekniske krav til byggverk (Direktoratet for byggkvalitet).

**BRA:** Bruksareal.

**SFP:** Spesifikk vifteeffekt.

**CAV:** Konstant volum (Constant Air Volume).

**VAV:** Variabel volum (Variable Air Volume).

**DVC:** Behovsstyrt luftmengde (Demand Controlled Ventilation).

**SD:** Sentral driftskontroll.

**EOS:** Energioppfølgingssystem.

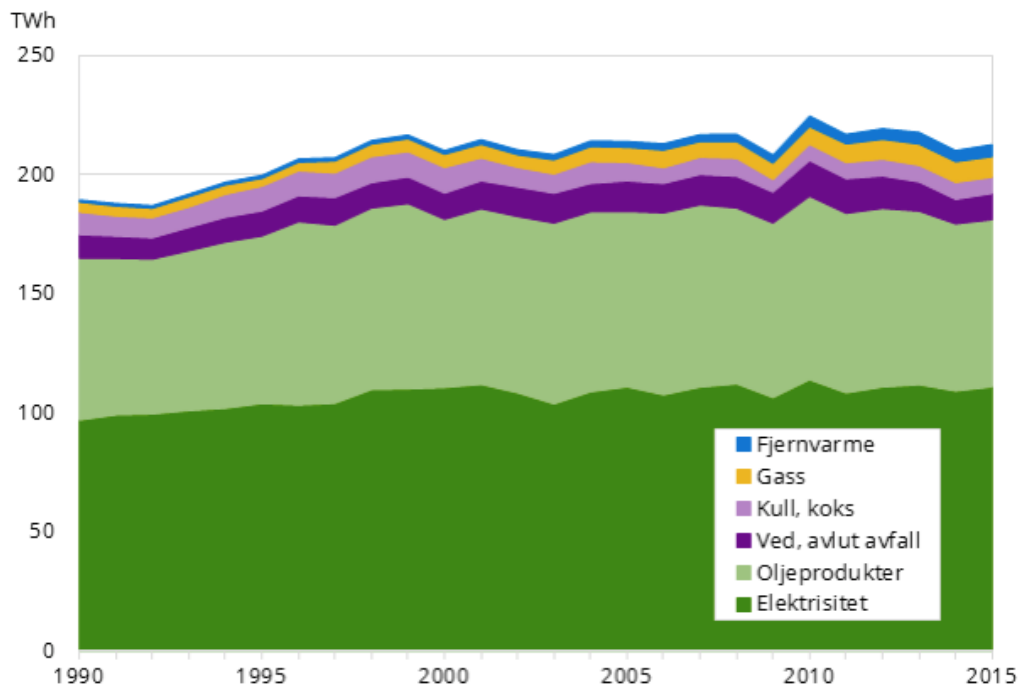
**$h^{-1}$ :** Lekkasjetall ved 50 Pa trykkforskjell (luftveksling pr. time).



# 1 Innledning

I en tid hvor verden står overfor store utfordringer med hensyn til begrensede energiresurser, er det ytre miljøet skadelidende for overdrevet bruk av fossile brensler [1]. Energibruken i Norge har steget med 40 % siden 1970-årene [2], og bygningssektoren legger beslag på om lag 38 % av den totale energibruken i Norge. På verdensbasis legger bygningssektoren beslag på 40 % av energibruken, forbruker 40 % av materielle ressurser og produserer 40 % av avfallet [1].

Den mest brukte energivaren i fastlands-Norge er elektrisitet, med et forbruk på 117 TWh i 2014 [2]. Elektrisitet er hovedkilde til oppvarming for nesten 60 % av husholdningene, og Norge har det høyeste gjennomsnittlige elektrisitetsforbruket i verden [1]. For å redusere det høye forbruket av elektrisitet til oppvarming, kom det nye og strengere energikrav i teknisk forskrift fra 01.01.2017. De nye kravene skal bidra til bygninger utføres slik at det tilrettelegges for forsvarlig energibruk [3], lavere energibehov og energieffektive løsninger.



Figur 1: Totalt netto innenlands forbruk av energi, etter energiprodukt. Eksklusivt energi brukt som råstoff. Utvikling fra 1990 og frem til 2015 [40].

Rapporten tar for seg de nye energikravene i TEK 10 med tanke på energieffektivitet og tekniske installasjoner, et mulighetsstudie av hvordan man kan oppnå lavenergi standard i bygninger med store vindus- og dørarealer, og ulike løsninger for at brannstasjonen skal tilfredsstillere kravene for å oppnå passivhus- og lavenergi standard.

## 1.1 Bakgrunn

Opgavens opprinnelse er i forbindelse med at Ofoten Interkommunale brann- og redningsvesen (OBR) har behov for nytt lokale til ny brannstasjon i Narvik. I denne forbindelse ønsker Nordkraft prosjekt AS å starte forprosjekteringen av ny brannstasjon og driftsbygning i Teknologiveien 2 i Narvik.

Brannstasjonen inneholder bl.a. store garasjearealer, oppmøte for driftspersonell, gymsal, vognhall og mannskapsdel fordelt på fire etasjer.

## 1.2 Formål og problemstilling

Hovedmålet med oppgaven er å utrede ulike løsninger som kan benyttes for å tilfredsstille energikravene i teknisk forskrift, TEK 10. Herunder gjelder løsninger for bygningskroppen, oppvarmingskilder og tekniske systemer. Det vurderes også hvilke tiltak som må utføres for å oppnå passivhusstandard for mannskapsdelen av brannstasjonen.

Opgaven innebærer i tillegg følgende:

- Gjennomgang av nye byggeregler med tanke på energieffektivitet og tekniske installasjoner
- Mulighetsstudie av hvordan man oppnår lavenergi i bygg med store dør- og vindusarealer
- Innhente og systematisere dokumentasjon og planer
- Benytte energiberegningsprogrammet SIMIEN for å modellere og simulere de ulike løsningene
- Utarbeide en vitenskapelig artikkel basert på rapporten

## 1.3 Avgrensninger

Masteroppgaven utgjør 30 studiepoeng, og tidsmessig er den begrenset til 18 uker.

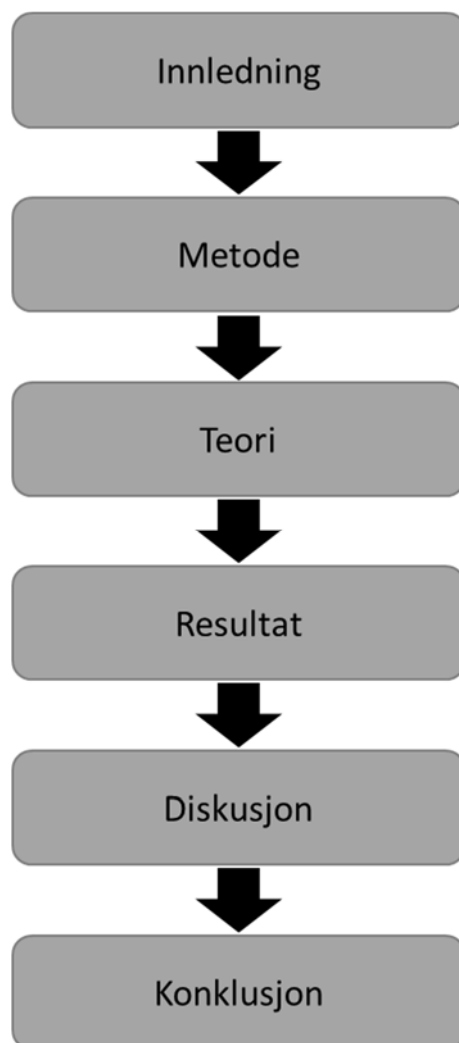
Ved gjennomgang av historiske byggeregler er den første tekniske forskriften fra 1928 den eldste. Ved gjennomgang av utvikling om krav til u-verdi i bygninger, er det begrenset fra 1985 og frem til i dag.

Ved gjennomgang av nye byggeregler er oppgaven begrenset til kapittel 14 i teknisk forskrift, TEK 10. Dette kapitlet innebærer krav til energi i bygninger, og oppgaven tar for seg forskriftenes krav i henhold til aktuell bygningstype.

Når valg av materialer og løsninger er tatt for å utrede ulike løsninger for bygget, er det ikke tatt hensyn til praktiske eller kostnadmessige faktorer.

## 1.4 Rapportens oppbygging

Rapporten starter med en innledende del, hvor oppgavens bakgrunn og formål beskrives. Videre beskrives hvilke metoder som er benyttet ved gjennomføring av oppgaven. Påfølgende er aktuell teori for å løse oppgaven, hvor tekniske forskrifter, mulighetsstudie og relevant informasjon om energiberegningene er gjennomgått. Deretter følger resultatene fra energiberegningene, som beskriver de ulike løsningene for at problemstillingen skal kunne løses. I diskusjonsdelen utdypes valg av løsninger og mulige konsekvenser av disse. Rapporten avsluttes med en konklusjon av det utførte arbeidet.



*Figur 2: Oppbygging av rapporten.*

## 2 Metode

Metodebeskrivelse inkluderes i rapporten av flere grunner. De viktigste grunnene er; for at man skal ha bevissthet rundt metodespørsmål siden dette gir en kvalitetssikring av eget arbeid, leseren kan vurdere grunnlaget for konklusjonene, metodebeskrivelse gir vitenskapelig skolering og for at andre skal kunne videreføre arbeidet i rapporten [4].

Overordnet metode for å løse problemstillingene i oppgaven var følgende:

- Litteraturstudie
- Innhenting av dokumentasjon
- Dynamiske energiberegninger
- Analyse av energiberegninger

Ved utarbeidelse av rapporten, ble problemstillingene løst i samme rekkefølge som overfor. Innhenting av dokumentasjon innebar å skaffe tegninger av bygningen og annen nødvendig dokumentasjon for at oppgaven kunne gjennomføres.

Energiberegningene av bygningen er løst som et casestudie, hvor casen er brannstasjonen. Ved å benytte energiberegningsprogrammet SIMIEN ble brannstasjonen modellert og simulert. Deretter ble resultatene analysert.

Referanseliste og henvisning til referanser er utført etter Vancouversystemet [4].

### 2.1 Litteraturstudie

Det ble gjennomført et omfattende litteraturstudie i denne masteroppgaven. Litteraturstudiet var omfattende i den grad at det var flere forskjellige temaer i oppgavebeskrivelsen. Målet med litteratursøket var å skape overblikk og innhente eksisterende informasjon om de aktuelle problemstillingene.

Ved gjennomgang av nye byggeregler ble det utført en systematisk gjennomgang av både historiske og nye tekniske forskrifter. For mulighetsstudiet ble det utført en gjennomgang av aktuell litteratur, som i hovedsak omfattet byggdetaljblader, forskningsrapporter og artikler fra aktuelle fagmiljøer. Før energiberegningene ble gjennomført, måtte det utføres et studie av forskjellige materialer og produkter til bygningskroppen for å utrede forskjellige løsninger. Dette studiet ble utført ved gjennomgang av byggdetaljblader, standarder og mulige leverandørenes produktdatablader.

Før oppstart på rapporten ble det også utført en gjennomgang av relevant litteratur i hvordan man skal skrive rapporter i høyere utdanning. Aktuell litteratur er lagt til grunn for selve utarbeidelsen av denne rapporten. Alle litteraturkildene er kritisk vurdert, og det er i hovedsak benyttet litteratur fra norske fagmiljøer i denne rapporten.

Fordelen med et litteraturstudie er at en stor mengde informasjon har blitt gjennomgått og vurdert. Litteraturstudiet har derfor vært en svært viktig del av oppgaven, siden det har bidratt til at forfatteren har fått økt kunnskap om de forskjellige problemstillingene i oppgaven.

## **2.2 Casestudie**

De dynamiske energiberegningene av brannstasjonen er utført som et casestudie. I casestudier undersøkes et studieobjekt, som i dette tilfellet er casestudiet gjennomført praktisk ved utforming av en modell i det dynamiske energiberegningsprogrammet SIMIEN. Ved endte energiberegninger gir SIMIEN en oversikt over resultatene fra beregningen. Disse resultatene ble systematisk analysert for å vurdere om noen tilpasninger kunne utføres.

Før oppstart av casestudiet, måtte forfatteren lære seg energiberegningsprogrammet SIMIEN, hvor beregningene ble utført. Denne prosessen ble gjennomført ved hjelp av eksempler på internett og hjelp fra veileder.

### 3 Byggetekniske forskrifter

Den byggetekniske forskriften, TEK 10, trekker opp grensen for det minimum av egenskaper et bygg må ha for å kunne oppføres lovlig i Norge. TEK 10 har en veiledning, VTEK 10, som forklarer forskriftens krav, utdyper dens innhold og gir føringer på hvordan de gitte kravene kan etterkommes i praksis.

I dette kapitlet vil det fokuseres på energireglene i forskriften, både dagens energikrav og fra et historisk perspektiv.

#### 3.1 Byggebestemmelser i et historisk perspektiv

Tabell 1 og 2 viser bygningslovene og forskriftene fra et historisk perspektiv, og frem til i dag. Den første bygningsloven kom i 1924, mens den første tekniske forskriften kom i 1928 [5].

Tabell 1: Bygningslovene fra 1924 til 2008 [5].

1924	Lov om bygningsvesenet av 22. februar 1924
1965	Bygningsloven av 18. juni 1965
1985	Plan- og bygningsloven av 14. juni 1985 nr. 77
2008	Plan- og bygningsloven av 27. juni 2008

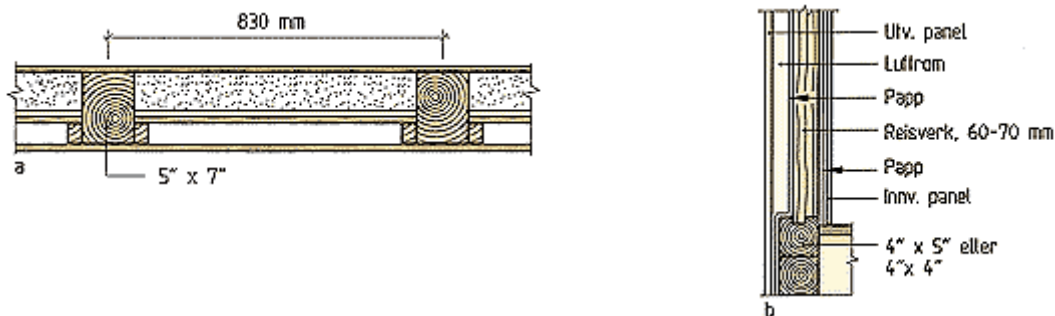
Tabell 2: Forskriftene fra 1928 til 2010 [5].

1928	Forskrifter om materialer og konstruksjoner m.m. (1928)
1949	Byggeforskrifter (1949)
1969	Byggeforskrifter (1969)
1985	Byggeforskrift (1985)
1987	Byggeforskrift (1987)
1997	Forskrift om krav til byggverk og produkter til byggverk, TEK 97 (1997)
2007	Endring av teknisk forskrift fra 1997, TEK 07 (2007)
2010	Byggeteknisk forskrift, TEK 10 (2010)

De tekniske forskriftene fra 1928 og 1949 gjaldt bare for tettbygde strøk og byene, såkalte «bygningskommuner». I de kommunene hvor loven gjaldt kunne man i tillegg vedta lokale byggevedtekter, eller frita deler av kommunen for deler av loven. Den første bygningsloven som gjaldt hele landet, var bygningsloven fra 1965 [5].

### 3.1.1 Historiske forskrifter

Forskriften fra 1928 hadde ikke noen pålagte krav om isolering, men inneholdt anbefalinger om hvordan de forskjellige bygningsdelene skulle utformes. De anbefalte utformingene av bygningskroppen hadde egenskaper som hadde isolerende funksjon. Forskriften hadde eksakte krav til materialdimensjoner for yttervegger i bygninger til varig opphold for mennesker, avhengig av hvordan ytterveggen var konstruert [6]. For trebjelkelag i områder der lov om bygningsvesenet gjaldt, kunne bygningsrådet stille krav til isolering og isoleringsmateriale i enkelte tilfeller. Isolasjonen besto som regel av ca. 100 mm tykt lag pulverisert gråleire eller kiselgur [5].



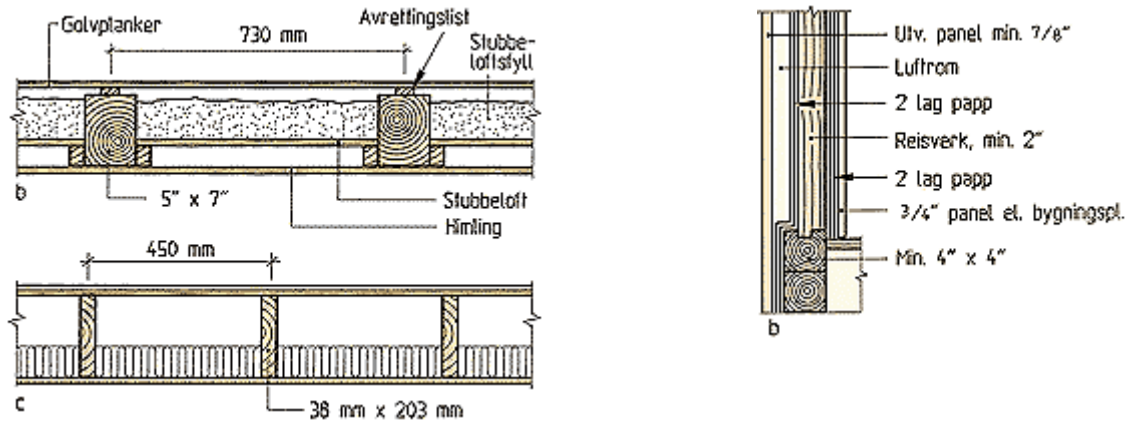
Figur 3: a. Utførelse av trebjelkelag etter forskriftene av 1928 [5].

b. Utførelse av reisverk etter forskriftene av 1928 [5].

Byggeforskriften fra 1949 inneholdt et eget kapittel for varme- og lydisolasjon. Spesielt for denne forskriften var at landet ble delt inn i fire klimasoner, I, II, III og IV. Forskriften hadde forskjellige krav til varmegjennomgangskoeffisient, avhengig av bygningsmateriale, grunnflate og klimasone [7]. Før 1987 ble k-verdi benyttet som varmegjennomgangskoeffisient, mens det i dag benyttes u-verdi. Eksempelvis skulle ikke yttervegger i trebygninger ha en k-verdi høyere enn  $0,9 \text{ kcal}/(\text{m}^2\text{h}^\circ\text{C})$ , noe som tilsvarer  $1,05 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ . Til sammenligning er dagens minimumskrav  $0,22 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  [3].

Avhengig av klimasone, ble kravene for yttervegger i trebygninger korrigert følgende:

- Klimasone I, krav til k-verdi på  $0,9 \text{ kcal}/(\text{m}^2\text{h}^\circ\text{C})$
- Klimasone II, krav til k-verdi på  $0,8 \text{ kcal}/(\text{m}^2\text{h}^\circ\text{C})$
- Klimasone III, krav til k-verdi på  $0,7 \text{ kcal}/(\text{m}^2\text{h}^\circ\text{C})$
- Klimasone IV, krav til k-verdi på  $0,6 \text{ kcal}/(\text{m}^2\text{h}^\circ\text{C})$



Figur 4: b. Til venstre: Utførelse av trebjelkelag etter forskriftene av 1949 [5].

c. Utførelse av trebjelkelag etter forskriftene av 1949 etter mineralull kom i bruk [5].

b. Til høyre: Utførelse av vegg av reisverk etter forskriftene av 1949 [5].

I 1969 kom en ny byggeforskrift som inneholdt kapittel for varmeisolerings og tetthet. I denne forskriften var kravene i større grad gitt som funksjonskrav istedenfor detaljerte krav [5]. I tillegg var fokuset på energiøkonomisering og energiforbruk økt i forhold til de tidligere forskriftene. Forskriften delte bygninger og rom inn i tre grupper etter den innetemperaturen de forutsetts oppvarmet til. For bygg som skulle holdes oppvarmet, var det krav om at bygget skulle være isolert mot varmetap og være så tett at et godt inneklima kunne opprettholdes uten unødig energibruk. Krav til varmeisolerings og luftlekkasjer var beregnet etter Norsk Standard [8].

I 1985 ble Plan- og bygningsloven utgitt, som erstattet Bygningsloven fra 1965. I den forbindelse kom det også en ny byggeforskrift. Krav og anvisninger angående varmeisolerings og tetthet gitt i forskriften fra 1969 ble videreført i denne byggeforskriften. Begrepet k-verdi var fremdeles benyttet i denne forskriften, men til forskjell fra tidligere forskrifter var benevnelsen byttet fra  $\text{kcal}/(\text{m}^2\text{h}^\circ\text{C})$  til  $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$ .

Den nye byggeforskriften som kom i 1987 var den første som kom med veiledning; *Veiledning til byggeforskrift 1987 – Rett og slett*. En vesentlig og historisk forskjell var introduksjonen av begrepet u-verdi, som erstattet det tidligere begrepet k-verdi. U-verdi ble definert som gjennomsnittlig varmegjennomgangskoeffisient for bygningsdeler. Som i de to foregående forskriftene var bygninger og rom delt inn i tre grupper etter forutsatt innetemperatur, eneste forskjell var at kravene til u-verdi var strengere enn den erstattede forskriften. De tre gruppene hadde store forskjeller i henhold til minstekrav for u-verdi, ettersom antatt innetemperatur varierte fra  $0^\circ\text{C}$  til  $18^\circ\text{C}$  [9].



I 1997 innførte Kommunal- og regionaldepartementet den nye forskriften; *Forskrift om krav til byggverk* (TEK). Denne forskriften hadde erstattet det gamle kapittelet, varmeisolering og tetthet, med et nytt delkapittel som var omdøpt til energibruk. Nytt av TEK97 var at kravene til en bygnings energi- og effektbehov kunne fastsettes på tre alternative måter:

- Ved bruk av energirammer tilpasset forskjellige bygningskategorier.
- Ved å tilfredsstillere krav til hver enkelt bygningsdels varmeisolerende yteevne.
- Ved bruk av varmetapsrammer basert på omfordeling mellom bygningsdelene.

Ved bruk av energirammer var det energibehov til romoppvarming og ventilasjon som benyttes. Forskriften henviser til anerkjente beregningsmetoder fra datidens NS 3031.

Alternativ to var å benytte de oppgitte kravene til u-verdi for hver bygningsdel. Å benytte denne metoden forutsatte at areal fra vinduer, dører og glassfelt ikke oversteg 20 % av bygningens nettoareal.

Det siste alternativet var å benytte varmetapsrammer basert på omfordeling. Varmetapsrammene kunne fastsettes ved å beregne bygningens samlede transmisjonstap. De enkelte bygningsdelers krav til u-verdi og andel vindu-/dørareal kan endres såfremt transmisjonstapet ikke blir større enn varmetapsrammen for bygningen [10].

I løpet av de neste årene ble TEK97 revidert ved flere anledninger, i 1999, 2001, 2003 og 2007.

Ved revisjonen i 2007 ble forskriften endret til; *Tekniske forskrifter til plan- og bygningsloven*. TEK07 fremstår som mer oversiktlig enn de foregående forskriftene, og hadde større endringer for energibruk. Følgende endringer var utført:

- Krav til samlet netto energibehov (rammekrav) erstattet energi- og varmetapsrammer.
- Bygningen skulle være så energieffektiv at den tilfredsstiller de krav som er angitt i energitiltak. Energiltakene hadde strengere krav enn minstekravene, som uansett ikke skulle overskrides.
- Bygninger skulle prosjekteres og utføres slik av deler av energibehovet kunne dekkes av en annen energiforsyning enn elektrisitet og/eller fossile brensler.

Tiltaksmetoden i TEK07 hadde klare retningslinjer når det gjaldt kuldebroverdi, lufttetthet, SFP-faktor, solskjerming, varmegjenvinning og temperatursenkning, noe som ikke var tilfelle ved de tidligere forskriftene [11].

Tabell 3: Utvikling av krav til u-verdi og lekkasjetall de siste 30 årene.

U-verdi [W/(m <sup>2</sup> K)]						
Forskrift	1985	1987	1997	2007	2010	2016
Innetemperatur	18 °C		20 °C			
Yttervegg	0,45	0,3	0,22	0,18 (0,22)	0,18 (0,22)	0,18 (0,22)
Tak	0,23	0,2	0,15	0,13 (0,18)	0,13 (0,18)	0,13 (0,18)
Gulv	0,23 - 0,30	0,2 - 0,3	0,15 - 0,30	0,15 (0,18)	0,15 (0,18)	0,10 (0,18)
Vinduer og dører	2,0 - 2,7	2,0 - 2,4	1,6	1,2 (1,6)	1,2 (1,6)	0,8 (1,2)
Lekkasjetall	≤ 3,0	1,5 - 4,0 *	1,5 - 4,0 *	≤ 1,5 (3,0)	≤ 1,5 (3,0)	≤ 0,6 (1,5)
Parentes beskriver minstekrav iht. TEK						
* Avhengig av bygningskategori og antall etasjer						

### 3.1.2 Byggeteknisk forskrift – TEK 10

De endringene som ble gjort i TEK 07 er videreført i den nye byggetekniske forskriften som kom i 2010. Energikapitlet består av åtte paragrafer; § 14-1 – 14-8. Det er fremdeles to beregningsmetoder for at bygninger skal tilfredsstille kravene til energieffektivitet; energiltak eller energirammer. Minstekravene er de samme som ved TEK 07, men TEK 10 har spesifikke krav til energiforsyning. I henhold til forskriftens § 14-1 *Generelle krav om energi*, skal følgende krav opprettholdes ved nye byggverk [12]:

- Byggverk skal prosjekteres og utføres slikt av lavt energibehov og miljøriktig energiforsyning fremmes. Energikravene gjelder for bygningens oppvarmede bruksareal (BRA).
- Beregninger av bygningers energibehov og varmetapstall skal utføres i samsvar med *Norsk Standard NS 3031 Beregning av bygningers energiytelse – Metode og data*. U-verdier skal beregnes som gjennomsnittsverdi for de ulike bygningsdeler.

### 3.2 Dagens energikrav – TEK 16

Hele kapittelet for energi i TEK 10 ble revidert 01.01.2016, og består nå av paragrafene; § 14-1 – 14-5. Energikravene som ble oppdatert 01.01.2016 hadde ett års overgangstid hvor bygninger kunne prosjekteres etter de gamle kravene. De nye energikravene gjelder i praksis fra 01.01.2017 [3].

Hoved-endringene for de nye energikravene er [13]:

- Reduksjon av beregnet netto energibehov for bygninger (energirammer).
- Andre krav til energiforsyning; ikke tillatt å benytte fossilt brensel til oppvarming og krav til fleksible energisystemer for bygg over 1000 m<sup>2</sup>.
- Skjerpede minimumskrav til lekkasjetall og vinduer/dører.

- Ikke lenger krav til solfaktor eller maks. vindusareal.

TEK 16 innfører i tillegg to nye krav for å legge til rette for mer energieffektiv drift [14]:

- Energibudsjettet skal beregnes med reelle verdier for den konkrete bygningen, ikke bare med normerte verdier som ved kontrollberegninger.
- Boligblokker med sentrale varmeanlegg og næringsbygg skal ha energimålere for romoppvarming, ventilasjon og tappevann.

### 3.2.1 Energirammer

Energirammemetoden kan benyttes for alle bygningskategorier. Krav til bygningers energieffektivitet er oppfylt dersom man gjennom kontrollberegning i henhold til NS 3031 kan dokumentere at netto energibehov ikke overskrider en fastsatt energiramme for den aktuelle bygningstypen [15].

Totalt netto energibehov tilsvarer den energimengden som beregnes utnyttet direkte på forbruksstedet. Beregning av totalt netto energibehov kan gjøres ved dynamisk eller stasjonær metode, avhengig av bygningskategori og installasjonens kompleksitet. Ved dynamiske metoder simuleres temperaturer og effekter til oppvarming og kjøling av bygningen med en oppløsning på maksimum en time. Ved månedsstasjonære beregninger benyttes gjennomsnittsverdier for solstrålingsdata, temperaturer, energibehov for og varmetilskudd fra belysning og utstyr [16].

Tabell 4: Nye krav for energirammer, TEK 10 mot TEK 16 [3,12].

Bygningskategori	Totalt netto energibehov [kWh/m <sup>2</sup> oppvarmet BRA pr. år]	
	TEK 10	TEK 16
Småhus, fritidsbolig > 150 m <sup>2</sup>	120 + 1600/m <sup>2</sup> oppv. BRA	100 + 1600/m <sup>2</sup> oppv. BRA
Boligblokk	115	95
Barnehage	140	135
Kontorbygning	150	115
Skolebygning	120	110
Universitet/høyskole	160	125
Sykehus	300 (335)	225 (265)
Sykehjem	215 (250)	195 (230)
Hotellbygning	220	170
Idrettsbygning	170	145
Forretningsbygning	210	180
Kulturbygning	165	130
Lett industri/verksteder	175 (190)	140 (160)

### 3.2.2 Energiltak

Dokumentasjon av energiltak er en enklere metode å benytte istedenfor å dokumentere at en bygning er innenfor den fastsatte energirammen. Energiltaksmetoden gjelder kun for boligbygninger, og krav til energieffektivitet oppfylt dersom det kan dokumenteres at kravene til energiltak til bygningsdeler og installasjoner er tilfredsstillt [15].

Tabell 5 viser de nye energiltakene. To punkter er uforandret, fem punkter har strengere krav og to punkter har blitt mindre strenge fra TEK 10. Det er verdt å merke seg at den strengeste innskjerpingen er kravet til lufttetthet, som nå er  $0,6 \text{ h}^{-1}$ .

Tabell 5: Energiltak, TEK 10 mot TEK 16 (energiltak gjelder kun for småhus og boligblokker) [3,12].

Energiltak, småhus og boligblokker	TEK 10	TEK 16
U-verdi yttervegg [ $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$ ]	$\leq 0,18$	$\leq 0,18$
U-verdi tak [ $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$ ]	$\leq 0,13$	$\leq 0,13$
U-verdi gulv [ $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$ ]	$\leq 0,15$	$\leq 0,10$
U-verdi vinduer og dører [ $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$ ]	$\leq 1,2$	$\leq 0,80$
Andel vindus- og dørareal av oppvarmet BRA [%]	$\leq 20$	$\leq 25$
Årsgjennomsnittlig temperaturvirkningsgrad for varmegjenvinner i ventilasjonsanlegg [%]	$\geq 70$	$\geq 80$
Spesifikk vifteeffekt i ventilasjonsanlegg (SFP) [ $\text{kW}/(\text{m}^3/\text{s})$ ]	$\leq 2,5$	$\leq 1,5$
Luftlekkasjetall pr. time ved 50 Pa trykkforskjell [ $\text{h}^{-1}$ ]	$\leq 2,5$	$\leq 0,6$
Normalisert kuldebroverdi, der $\text{m}^2$ oppgis som oppvarmet BRA [ $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$ ]	Småhus: $\leq 0,03$ Blokk: $\leq 0,06$	Småhus: $\leq 0,05$ Blokk: $\leq 0,07$

### 3.2.3 Minimumskrav til energieffektivitet

Den byggtekniske forskriften har minimumskrav til energieffektivitet. Minimumskravene må tilfredsstilles uavhengig om kravene til energirammer og energiltak er oppfylt [15].

Som tabell 6 viser, er det gjort to forandringer på minimumskravene. U-verdi for vinduer og dører skal ikke overskride  $1,2 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ , og lekkasjetallet skal ikke overskride  $1,5 \text{ h}^{-1}$ .

Tabell 6: Endringer av minimumskrav, TEK 10 mot TEK 16 [3,12].

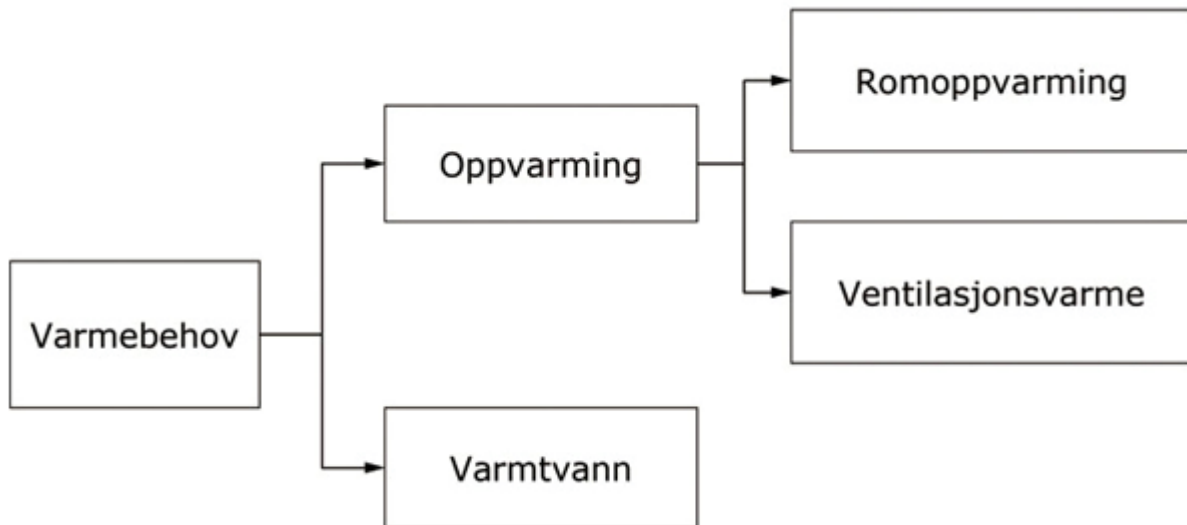
	U-verdi yttervegg [ $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$ ]	U-verdi tak [ $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$ ]	U-verdi gulv på grunn og mot det fri [ $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$ ]	U-verdi vindu og dør ink. karm/ramme [ $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$ ]	Lekkasjetall ved 50 Pa trykkforskjell [ $\text{h}^{-1}$ ]
TEK 10	$\leq 0,22$	$\leq 0,18$	$\leq 0,18$	$\leq 1,6$	$\leq 3,0$
TEK 16	$\leq 0,22$	$\leq 0,18$	$\leq 0,18$	$\leq 1,2$	$\leq 1,5$

### 3.2.4 Energiforsyning

Bygninger over 1000 m<sup>2</sup> BRA skal ha energifleksible energisystemer, og det skal tilrettelegges for bruk av lavtemperatur varmeløsninger. I henhold til TEK16 må følgende ytelser minst være oppfylt [3]:

1. *Energifleksible energisystemer må dekke minimum 50 % av normert netto varmebehov, beregnet etter NS 3031:2014.*
2. *Lavtemperatur varmeløsninger må ha turtemperatur på 60 °C eller lavere ved dimensjonerende forhold. Dette gjelder ikke for varmt tappevann.*
3. *Minimumsareal avsatt til varmesentral skal beregnes etter formelen:  $10 \text{ m}^2 + 1 \% \text{ av BRA}$ , opptil  $100 \text{ m}^2$*
4. *Takhøyden i rom for varmesentral skal være minimum 2,5 meter.*
5. *Fri bredde for alle dører i transportveien inn til varmesentralen skal være minimum 1,0 meter.*

Disse løsningene skal gi mulighet for å bytte varmekilde, men det er ikke nødvendig å installere flere varmekilder samtidig. Energifleksible systemer kan omfatte romoppvarming, ventilasjonsvarme og/eller varmt tappevann [15].



Figur 5: Netto varmebehov [3].

## 4 Mulighetsstudie

Et mulighetsstudie er en utredning som skal vurdere alle forhold ved oppgaven, bringe frem nye ideer og gi svar på om de ulike delene av oppgaven er gjennomførbart. Når mulighetsstudiet er gjennomført skal det være utarbeidet tilstrekkelig underlag for å vurdere om prosjektet er gjennomførbart.

Dette mulighetsstudiet tar for seg mulige løsninger for at en bygning med store vindus- og dørarealer skal kunne tilfredsstille lavenergi- eller passivhusstandard.

Ved prosjektering av lavenergi- eller passivhusbygninger kan kyotopyramiden være et viktig hjelpemiddel. Kyotopyramiden angir hvilken rekkefølge man bør utføre energisparetiltak for at de skal være mest mulig effektive. Pyramiden har fem nivåer som beskriver passiv energidesign [17]:

1. Reduser varmetapet
2. Reduser strømforbruket
3. Utnytt solenergien
4. Vis og kontroller energiforbruket
5. Velg energikilde

Ved benyttelse av kyotopyramiden starter man i bunn av pyramiden ved å redusere varmetapet, og beveger seg oppover i pyramiden. Når alle trinnene i pyramiden er gjennomgått, og man har en bygning som krever lite energi, velges energikilde [17].



Figur 6: Kyotopyramiden [39].

## 4.1 Krav for å oppnå lavenergistandard

For bygninger med store vindus- og dørarealer kan det være utfordrende å tilfredsstille kravene for å oppnå lavenergi- og passivhusstandard. Ettersom minstekravet til u-verdi for vinduer og dører er skjerpet fra 1,6 til 1,2 (W/m<sup>2</sup>K), kan det medføre store utfordringer for bygg med store glassfelt, mye overlys, store dører eller store porter. For bygninger som har store arealer med glasstak og takvinduer er det ekstra utfordrende siden glass og vinduer som ligger skrått eller flatt har dårligere u-verdi enn ved vertikalt plasserte vinduer. Dette gjelder spesielt for vinduer med to-lags glass [14].

Bygninger over 1000 m<sup>2</sup> BRA skal ha energifleksible systemer, dette kan omfatte romoppvarming, ventilasjonsvarme og varmt tappevann. Det er avgjørende å velge riktige løsninger for tekniske installasjoner som sanitær og ventilasjon [3].

Hvis bygningen har ulike tekniske installasjoner, ulikt soltilskudd eller ulike interne varmetilskudd i forskjellige deler av bygningen, skal bygningen inndeles i soner ved energiberegningen. Det samme gjelder for flerfunksjonsbygninger [1]. Så hvis man har en bygning som på deler av bygget har en av disse faktorene, deles bygget opp og beregnes hver for seg.

For å vurdere om bygninger, produkter eller bygningselementer tilfredsstiller kravene til passivhus og lavenergibygninger, benyttes Norsk Standard NS 3701:2012 *Kriterier for passivhus og lavenergibygninger Yrkesbygninger* [18]. For at bygningen skal oppnå lavenergistandard må kravene i tabell 7 tilfredsstilles. I tillegg stiller NS 3701 krav til oppvarmingsbehov, kjølebehov og energibehov til belysning.

Tabell 7: Minstekrav til bygningsdeler, komponenter, lekkasjetall og systemer [3,18].

Egenskap		Passivhus	Lavenergibygning	TEK 16
U-verdi vindu og dør		≤ 0,80 W/(m <sup>2</sup> K)	≤ 1,2 W/(m <sup>2</sup> K)	≤ 1,2 W/(m <sup>2</sup> K)
Normalisert kuldebroverdi		≤ 0,03 W/(m <sup>2</sup> K)	≤ 0,05 W/(m <sup>2</sup> K)	≤ 0,07 W/(m <sup>2</sup> K)
Varmegjenvinner		≥ 80 %	≥ 70 %	≥ 80 %
Lekkasjetall 50 Pa		≤ 0,60 h <sup>-1</sup>	≤ 1,5 h <sup>-1</sup>	≤ 1,5 h <sup>-1</sup>
SFP-faktor		≤ 1,5 kW/(m <sup>3</sup> /s)	≤ 2,0 kW/(m <sup>3</sup> /s)	≤ 1,5 kW/(m <sup>3</sup> /s)
Varmetapstall (kontorbygg)		≤ 0,40 W/(m <sup>2</sup> K)	≤ 0,50 W/(m <sup>2</sup> K)	
Belysning	Dynamisk dagslys- og konstantlysstyring	Minst 60 % av installert effekt til belysning er underlagt styringssystemet		
	Dynamisk behovsstyring ved tilstedeværelse	Minst en styringssone per rom eller en styringssone per 30m <sup>2</sup> i større rom		

Som tabell 7 viser, har NS 3701 minstekrav til vinduer og dører, men ikke til yttervegg, tak og gulv. Dette medfører større fleksibilitet til å omfordele mellom disse bygningsdelene for å tilfredsstille kravene [17].

Aktuelle tiltak som kan ha stor påvirkning på den totale energirammen uten at det kreves endring av utformingen av bygningen, påvirket av byggets volum istedenfor areal [14]:

- Redusere lekkasjetallet.
- Øke temperaturvirkningsgraden for varmegjenvinner.
- Velge leverandører med gode u-verdier for vinduer og dører.
- Lavere spesifikk vifteeffekt (SFP-faktor).
- Bedre u-verdier for tak, gulv og yttervegger.

Noen av de overstående punktene er enkle å gjennomføre uten større kostnader eller praktiske konsekvenser, men de ulike tiltakene må vurderes hver for seg.

## 4.2 Mulige energikilder

En viktig forutsetning for at en større bygning skal kunne tilfredsstille energikravene, er at kravene i punkt 3.2.4 er tilfredsstilt. Energifleksible løsninger oppnås ved:

- Velge forskjellige energikilder og energibærere
- Sørge for mulighet til energilagring i bygningen
- Installere varmeanlegg som kan utnytte lave vanntemperaturer

Et lavtemperert varmeanlegg er i henhold til Direktoratet for byggkvalitet (dibk) definert som 60 °C eller lavere [3]. Ved å benytte eksempelvis gulvvarme, med temperaturer mellom 35 og 45 °C på vannet, vil den lave temperaturen være nok til å varme opp et rom på grunn av de store heteflatene gulvvarme har [14].

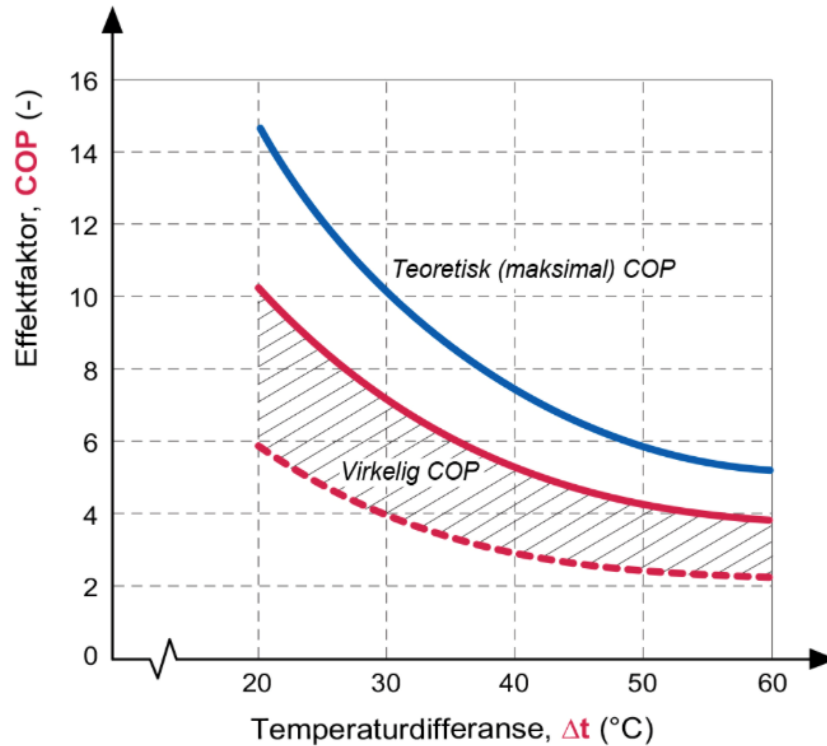
Ved å benytte luft/vann-varmepumpe, er uteluft varmekilden, og varme avgis ved oppvarming av vann. En slik varmepumpe kan kobles til alle vannbaserte varmeavgivere for å gi romvarme, eksempelvis direkte til inneluft eller til et vannbårent distribusjonssystem med varmeavgivere som gulvvarme eller radiatorer. I tillegg kan varmepumpen benyttes helt eller delvis til å varme opp tappevann [19].

Bakdelen med luft/vann-varmepumper er at ytelsen reduseres ved lave utetemperaturer. Men for steder med milde vintre vil luft/vann-varmepumper fungere godt [14]. I tillegg har luft/vann-varmepumper bakdelen ved at de gir noe støy utendørs, og fortsatt er kostbare i forhold til lavt oppvarmingsbehov [17].

Varmepumper basert på annet enn luft kan også benyttes. Eksempelvis kan det være sjøvann, grunnvann, ferskvann, grunnvarme, jordvarme, ventilasjonsluft eller gråvann [19]. Ved å benytte varmepumper som benytter seg av berg, grunn, jord eller vann som varmekilde, vil temperaturen fra varmekilden være stabil over året. Bakdelen med disse løsningene istedenfor luft/vann-varmepumper, er at det vil kreve betydelige investeringer i varmeopptakssystemet [14].



En viktig faktor i et varmepumpeanlegg er temperaturløft. Det vil si hvor mye varmepumpen må heve temperaturen fra energikilden for å levere varmtvann som har riktig temperatur. Et lavt temperaturløft gir høyere effektfaktor (COP). For hver grad temperaturløftet synker, øker effektfaktoren med 2 til 3 % [14].

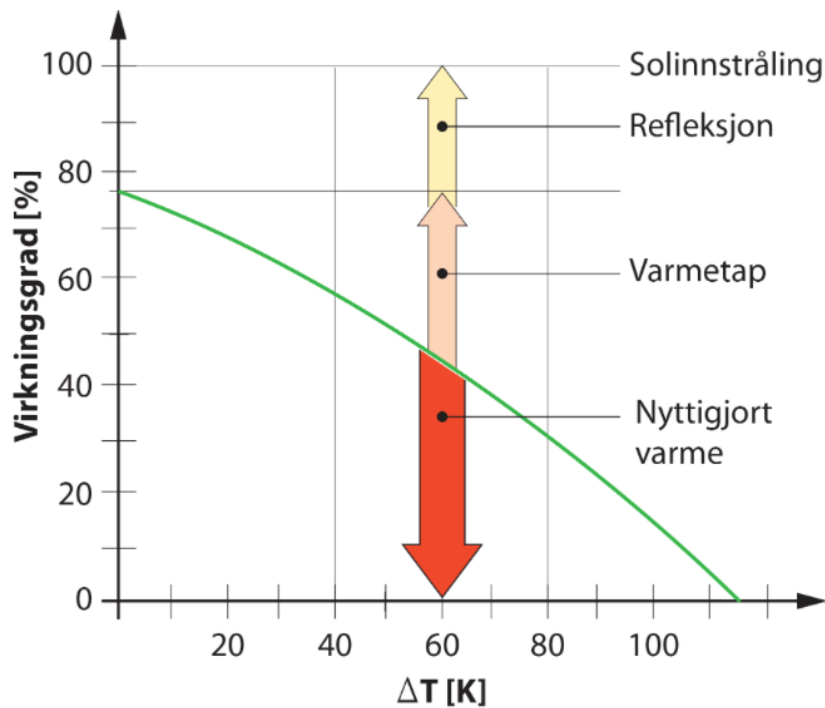


Figur 7: Effektfaktoren i varmepumpen vs. temperaturforskjellen mellom varmekilden og temperaturen pumpen leverer [14].

Fjernvarme er en miljøvennlig energikilde som kan benyttes både til oppvarming av tappevann og romoppvarming. Å benytte fjernvarme forutsetter at bygningen har et forenklet og kostnadseffektivt vannbårent anlegg [17]. Fjernvarmekonseptet handler om å utnytte energi som er til overs i samfunnet, og som ville gått til spille om det ikke ble utnyttet [20]. Et fjernvarmeanlegg distribuerer varme fra fjernvarmenettet til det vannbaserte varmesystemet i en bygning via en varmeveksler. For å kunne benytte seg av fjernvarme, må man ha et fjernvarmeanlegg i nærheten av bygningen som skal motta varmen. I områder med konsesjonsplikt, kan kommunen kreve at man benytter fjernvarmenettet til ventilasjonsvarme, romoppvarming og tappevann [14].

Solvarme utnyttes ved hjelp av solfangere, hovedsakelig til oppvarming av tappevann, men det finnes systemer som dekker både tappevann og romoppvarming. I et nordisk klima kan solfangere dekke ca. 50 % av varmebehovet til tappevann. Siden solfangere ikke kan dekke hele det termiske energibehovet, er det nødvendig å ha en annen varmekilde i de kaldeste månedene av året [14].

Virkningsgraden for solfangere er, i likhet med luft/vann-varmepumper, høyere hvis de skal levere til et lavtemperert varmeanlegg. Som figur 8 viser, synker virkningsgraden for solfangere når temperaturforskjellen øker. Noe av solenergien går tapt på grunn av refleksjon og varmetap. Eksempelvis kan et lavtemperert solfangeranlegg levere opp mot dobbelt så stor energimengde som et høytemperert solfangeranlegg [14].



Figur 8: Solfangere. Virkningsgrad vs. temperaturforskjell [14].

Elektrokjel er en fellesbetegnelse for kjeler som benytter elektrisitet som energibærer. Det er vanlig å integrere en eller flere elektrokjeler som spisslast ved bruk av f.eks. varmepumper [19]. Ulempen med elektrisitet er at den ikke regnes som fornybar energi, og kan ikke være eneste energikilde for å oppfylle kravene til passivhus og lavenergibygninger. Tradisjonelt er det benyttet elektrisitet til å dekke tappevannsbehovet i bygninger, men siden tappevann ofte utgjør en stor energipost i passivhus og lavenergibygninger, bør det vurderes å dekke tappevannsbehovet med andre energikilder [14]. Elektrokjeler deles inn i tre hovedkategorier; elementkjel, elektrodekjel og induksjonskjel [19].

Andre energikilder som kan benyttes er olje, gass eller bioenergi. En oljekjel benyttes til å overføre varme som dannes ved forbrenning til nyttbar varme i anleggets sirkulasjonsvann. Gass er ikke mye utbredt i Norge, men dette markedet vokser stadig for både yrkesbygg og boliger. Bioenergi er i motsetning til olje og gass, fornybar energi. Råvarer fra jord og skog er de viktigste råvarekildene, ofte som sekundærprodukter fra bearbeidelse av et annet hovedprodukt [19].

Tabell 8: Energikildenes egnethet ved prosjektering av passivhus [17].

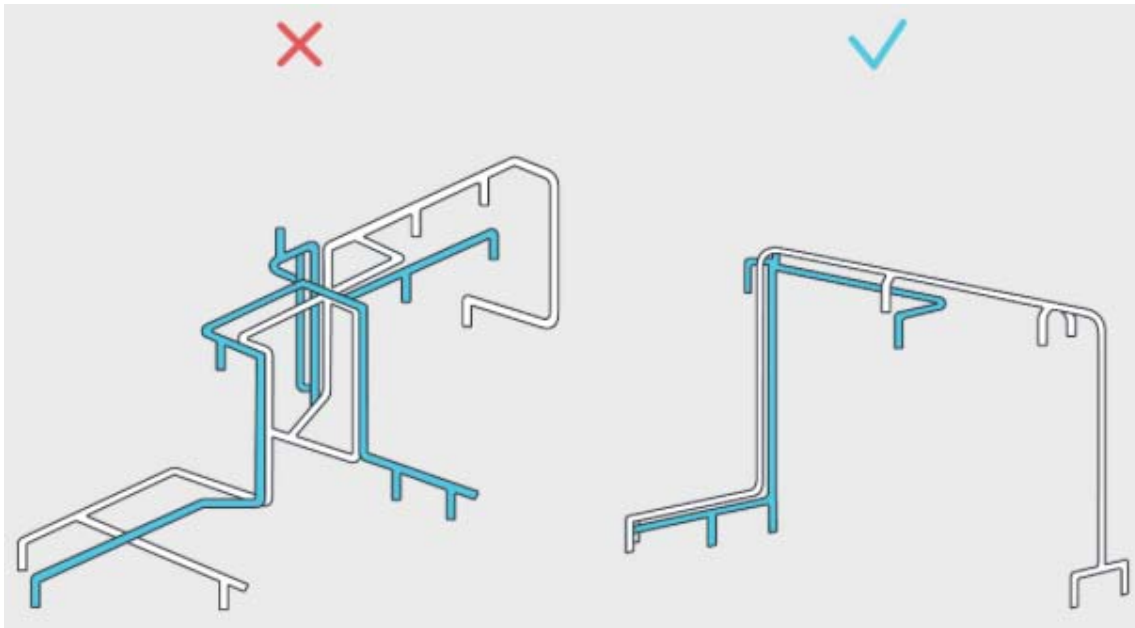
	Tappevann	Romoppvarming
Luft/vann-varmepumper	X	X
Vann/vann-varmepumper	X	X
Fjernvarme	X	X
Solfanger	X	(X)*
Biobrensel		X
Varmepumpe og solfanger	X	(X)*
Solfanger og biobrensel	X	X
Elektrisitet	X	
*Kan være egnet		

Tabell 8 viser de forskjellige energikildenes egnethet, spesielt for passivhus. Hvis energikilden har kryss i begge kolonnene i tabellen, er den godt egnet til både oppvarming av tappevann og romoppvarming. Eksempelvis vil solfangere være best egnet til å dekke kun tappevann, men kan også være egnet til å dekke romoppvarming, derav er krysset i kolonnen for romoppvarming i parentes [17].

En aktuell løsning for å tilfredsstillere kravene til energifleksible løsninger i et område uten tilgang på fjernvarme, er å installere vannbåren varme i bygningen. Denne løsningen kan utføres ved å benytte luft/vann-varmepumper som grunnlast, og kan suppleres med elektrokjel som spisslast [17]. Denne løsningen vil gi et varmeanlegg med store heteflater, og kan også benyttes til oppvarming av ventilasjonsluften i et balansert ventilasjonsanlegg [21]. Ved behov for kjøling, kan vannbåret kjøling benyttes i ventilasjonsanlegget. Komfortkjøling kan være nødvendig for å oppnå tilfredsstillende innneklima [22].

### 4.3 Mulige ventilasjonsløsninger og energiledelse

Næringsbygg trenger store luftmengder, og derfor utgjør energibehovet til ventilasjon en stor del av det totale energiforbruket. Ventilasjonsanlegget bør utformes slik at det bruker minst mulig energi på å flytte luften i anlegget. Et strømningsvennlig kanalsystem gir mindre trykktap og mindre støy fra anlegget. Disse faktorene uttrykkes oftest med SFP-faktoren, som sier hvor mye effekt som kreves for å flytte en kubikkmeter luft per sekund gjennom ventilasjonsanlegget. En lav SFP-faktor betyr et energieffektivt ventilasjonsanlegg [14].



Figur 9: Til høyre: Et ryddig og arealeffektivt kanalsystem er vanligvis strømningsvennlig. Til venstre: Uryddig kanalsystem med unødvendige kryssninger og skarpe bender som bidrar til at trykktapet øker [14].

Med god behovsstyrt ventilasjon i næringsbygg, kan man spare opp mot 40 kWh/m<sup>2</sup> år på ventilasjon, luftkjøling og luftoppvarming. Dette kan oppnås ved å benytte CO<sub>2</sub>- og temperaturmålinger. Energiberegninger kan gjøres med 20 % redusert luftmengde i forhold til VAV-ventilasjon, dersom man har et behovsstyrt ventilasjonsanlegg [17]. I små rom med lav luftmengde kan brukerstyrt ventilasjon være akseptabelt, da besparelspotensialet er mindre enn i store rom med høyere luftmengder. Se tabell 9 for forslag til styringsstrategi basert på rommets luftmengde [23].

Tabell 9: Forslag til styringsstrategi basert på rommets luftmengde [23].

Luftmengde per rom [m <sup>3</sup> /h]	Forslag til styringsstrategi
< 100	Brukerstyrt ventilasjon eller konstant luftmengde.
100-200	Brukerstyrt ventilasjon basert på bevegelsesdetektorer, lysbryter, nøkkelkort eller lignende.
200-500	Temperaturregulering, eller bevegelsesdetektorer i kombinasjon med temperatur.
> 500	Kombinert CO <sub>2</sub> - og temperaturregulering.

Både passivhusstandard (80 %) og lavenergistandard (70 %) stiller krav til virkningsgrad for varmegjenvinneren i ventilasjonsanlegget. Varmegjenvinning av ventilasjonsluft er noe av det mest effektive man kan utnytte for å redusere energibruken i bygninger uten å forbedre bygningskroppen. Det er tre varmegjenvinnere som er egnet for lavenergi- og passivhusbygninger [17]:

- **Roterende varmegjenvinnere;** rotoren varmes opp av avtrekksluften, og denne varmen avgis til den kalde uteluften som kommer inn. Virkningsgrad for roterende varmegjenvinner er 70-85 %.
- **Motstrømsvarmevekslere;** fører luftstrømmene fra avtrekk og tilluft parallelt og mot hverandre. Luftstrømmene er fysisk avskilt vha. metallplater. Virkningsgraden kan komme opp mot 90 %, men i snitt over året vil den være betydelig lavere, 75-80 %.
- **Kammervarmegjenvinnere;** består av to separate varmegjenvinnerkassetter og et spjeldhus. Hver kassett består av mange små kanaler som luften strømmer gjennom. De beste kammervarmegjenvinnerne kan ha virkningsgrad opp mot 85 %.

Varme- og kjølebatterier har som oppgave å overføre varme fra væske til luft (varmebatteri), eller fra luft til væske (kjølebatteri). Dette utføres ved at rør med kaldt eller varmt vann føres gjennom luftstrømmen, slik at luften kan avgi varme eller ta opp varme fra vannet [24].

De tekniske installasjonene i bygningen bør styres og overvåkes av driftspersonell ved hjelp av et SD-anlegg. SD-anlegget styres ved hjelp av en PC som gir beskjed om bygningens systemer, og både sannhetsverdier og historiske verdier kan leses på PC'en. Et SD-anlegg kan i tillegg ha et EOS-system integrert, som kan bidra til en effektiv drift av systemet ved at man kan evaluere driftsdataen på en god måte [23]. EOS-systemet gjør det enklere å oppdage feil og sikre god drift av de tekniske installasjonene i bygningen. Energioppfølgingen gir en systematisk registrering av energibruken i bygningen over en periode, og går ut på [17]:

- Å registrere totalbruken av energi til en bygning over kortere perioder
- Å analysere energibruken i forhold til et parameter i måleperioden
- Å sammenligne energibruken med en forventet verdi for bygningen

## 4.4 Mulige tiltak for å oppnå lavenergistandard

Lavenergistandard kan oppnås på forskjellige måter, ved å benytte produkter med bedre egenskaper, omfordeling mellom bygningsdeler eller benytte tekniske systemer som er svært energieffektive. Ved å benytte kyotopyramiden er det viktigst å redusere varmetapet og strømforbruket [17].

En bygning etter lavenergistandard i NS 3701 skal ha u-verdi for vinduer og dører på maksimum  $\leq 1,2$  W/(m<sup>2</sup>K), og lekkasjetall ved 50 Pa på  $\leq 1,5$  h<sup>-1</sup>. Disse minstekravene er lik de oppgraderte energikravene i TEK 16. Minstekravet til normalisert kuldebroverdi er  $\leq 0,05$  W/(m<sup>2</sup>K), som er strengere enn kravet i TEK 16.

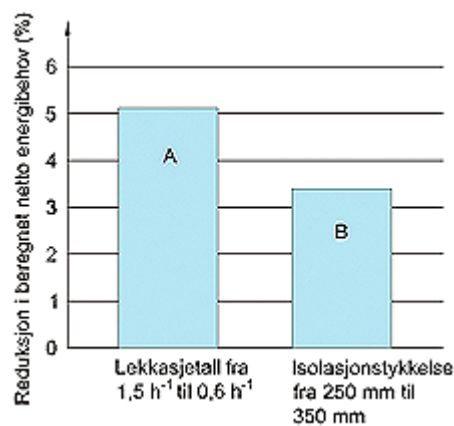
NS 3701 stiller også krav om minstekrav til komponenter i ventilasjonsanlegget. Temperaturvirkningsgrad for varmegjenvinner skal være  $\geq 70$  %, og kravet til SFP-faktor er  $\leq 2,0$  kW/(m<sup>3</sup>/s). Begge disse minstekravene er mildere enn kravene i TEK 16. Ved å forbedre disse minstekravene, kan det gi et stort utslag på energirammen.

For å kunne tilfredsstillere energikravene er det enkelte løsninger som kan benyttes. En løsning kan være å omfordele varmetap. For yrkesbygninger kan transmisjonsvarmetapet omfordeles, det vil si

bygningdelenes u-verdier, arealer og kuldebroer. Teknisk forskrift gir ikke anledning til å fravike de andre kravene [25]. Tillatt omfordeling dokumenteres ved å vise at varmetapstallet ikke øker [3].

Hvis man øker glass-, vindus- og dørarealet til over 25 %, må man redusere varmetapet tilsvarende i en annen bygningsdel. For eksempel kan man øke isolasjonstykkelsen i vegg eller tak [25].

En reduksjon av bygningens lekkasjetall kan gi stort utslag på energirammen. Luftlekkasjer kan stå for en stor del av en bygningens varmetap, ved at ukontrollert tilførsel av kald uteluft må varmes opp. Luftlekkasjer svekker isolasjonsevnen til bygningskroppen, som fører til at energibehovet øker [26]. Figur 10 viser effekten å forbedre lekkasjetallet kan ha, sammenlignet med å øke isolasjonstykkelsen i veggene.



Figur 10: Effekten av å forbedre bygningens lekkasjetall sammenlignet mot å øke isolasjonstykkelsen i vegg [26].

Ved å benytte tekniske systemer og komponenter som er energieffektive, kan lavenergi standard oppnås. NS 3701 stiller minstekrav til temperaturvirkningsgrad for varmegjenvinner og SFP-faktor. Ved å forbedre disse minstekravene eller andre komponenter, vil det totale netto energibehovet for bygningen reduseres. Ved å øke temperaturvirkningsgraden for en varmegjenvinner med noen prosent, kan det gi et betydelig utslag på energirammen [14].

Luftmengder er en av de viktigste parameterne for energibruk, og lavt energibruk forutsetter effektiv, behovsstyrt ventilasjon. Yrkesbygg trenger store luftmengder, og derfor utgjør energibruk til ventilasjon en betydelig del av det totale energibehovet. Med god behovsstyring kan man spare inntil 40 kWh/m<sup>2</sup> i året på ventilasjon, luftkjøling og luftoppvarming [17].

Energibruk til belysning er ofte en vesentlig energipost i yrkesbygninger, og siden belysningen utgjør en betydelig varmelast øker kjølebehovet. NS 3701 stiller strenge krav til maksimalt årlig energibehov til belysning, og forutsetter et effektivt styringssystem og meget effektiv belysning [17].

## 4.5 Mulige tiltak for å oppnå passivhusstandard

For at en bygning skal oppnå passivhusstandard er kravene de samme som ved lavenergistandard, forskjellen er at alle minstekravene er strengere. Alle minstekravene i tabell 7 på side 15 er strengere for å oppnå passivhusstandard, enn de er for lavenergistandard.

For å oppnå passivhusstandard for yrkesbygg er det seks sentrale krav; transmisjons- og infiltrasjonstap, kjølebehov, oppvarmingsbehov, energibehov til belysning, komponenter og luftmengder [17].

Bygningsdelenes isoleringsevne er en vesentlig faktor for å oppnå passivhusstandard. Bygningers tetthet og isoleringsevne skal redusere varmetapet så mye som mulig [27]. Tabell 10 viser isolasjonstykkelser som vanligvis er nødvendig for bygninger som bygges etter passivhusstandard.

Tabell 10: Nødvendige isolasjonstykkelser for bygninger etter passivhusstandard [27].

Bygningsdel	Isolasjonstykkelse [mm]
Vegg	300-350
Tak	400-500
Golv på grunn	300-400

De mest kritiske faktorene for at en bygning skal tilfredsstillere passivhusstandard er u-verdier for vinduer og dører, varmegjenvinnerens virkningsgrad, normalisert kuldebroverdi og lekkasjetall.

Minimumskravet til u-verdi for vinduer/dører er  $0,80 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ , som krever vinduer med gode egenskaper. Eksempelvis kan leverandøren Nordan levere dører og vinduer med en u-verdi ned mot  $0,60 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  [28].

Minimumskravet til virkningsgrad for varmegjenvinner er 80 % for passivhusstandard. Dette er 10 % høyere enn lavenergistandard, men lik kravene i TEK 16. Mulige typer varmegjenvinnere som kan levere en slik virkningsgrad er roterende varmegjenvinner (normalt 70-85 %), motstrømsvarmeveksler (normalt 75-80 %, men kan komme opp mot 90 %) eller kammerveksler (normalt 80-90 %) [24].

Å oppnå et lekkasjetall på maksimum  $0,6 \text{ h}^{-1}$  krever stort fokus på tetting i byggefasen. Lufttetthetsmålinger er den eneste metoden for å kontrollere at man oppnår god lufttetting av bygningen. Målingene bør utføres i følgende tre tilfeller [26]:

- Når vindspærre og vinduer/dører er montert, men før isolasjon og dampspærre er montert.
- Når innvendig dampspærre er montert, men fortrinnsvis før innvendig kledning er montert. Da er det mulig å se luftlekkasjer og gjøre forbedringer.
- Etter innregulering av ventilasjonsanlegg, men før overlevering av bygningen.

Normalisert kuldebroverdi er summen av varmetapet fra alle kuldebroene i en bygning, dividert på oppvarmet areal. En kuldebro er en del av klimaskjermen der varmemotstanden endres betydelig [29].

For å oppnå en normalisert kuldebroverdi på maksimum 0,03 W/(m<sup>2</sup>K), bør det velges konstruksjonsløsninger og design som minimaliserer varmetapet fra bygningen. Eksempelvis vil en bygning med mange utstikk og hjørner gi større varmetap gjennom kuldebroer enn en bygning med få [14].

Tabell 11: Standardverdier for normaliserte kuldebroverdier [30].

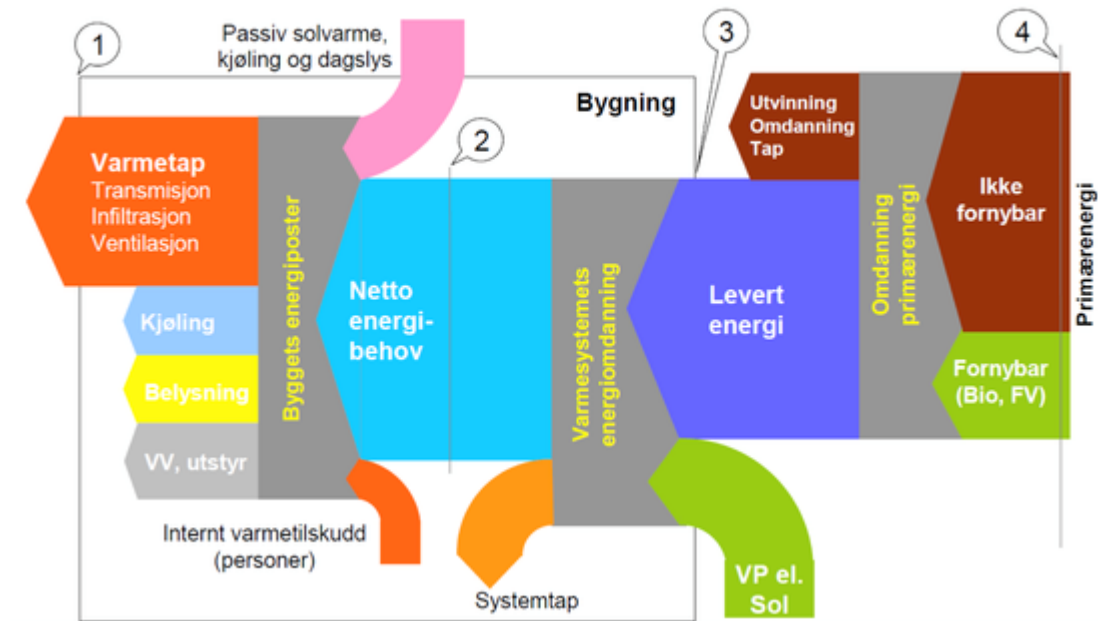
Type bærekonstruksjoner	Normalisert kuldebroverdi [W/(m <sup>2</sup> K)]
Bygning med bæresystem i tre	0,05
Bygning med bæresystem i betong, stål eller mur, og 10 cm kuldebrobryter i fasadene	0,09
Bygning med bæresystem i betong, stål eller mur, og 5 cm kuldebrobryter i fasadene	0,12

En annen faktor for at en bygning skal kunne oppnå passivhusstandard, er bygningsform og plassering. En kompakt bygningsform gir en mindre fasadeoverflate, som gir mindre varmetap gjennom klimaskjermen. I tillegg gir en enkel geometri færre løpemeter med kuldebroer. Plasseringen av bygningen er også viktig med tanke på vindforhold. Vindutsatte fasader gir større infiltrasjon gjennom lekkasjepunkter i klimaskjermen enn fasader som er mindre vindutsatt [27].



## 5 Energiforbruk og energimerking

For å beregne brannstasjonens totale netto energibehov benyttes energiberegningsprogrammet SIMIEN. Ved energiberegning av bygningen, skal ikke det totale netto energibehovet overskride rammekravet for den aktuelle bygningskategorien [15]. Figur 11 viser hvordan energibruk og levert energi samspiller i en bygning.



Figur 11: Definisjon på netto energibehov og levert energi [23].

Netto energibehov er bygningens energibehov uten at det er tatt hensyn til energisystemets effektfaktor, virkningsgrad eller tap i energikjeden. Energi som tilføres og energi som produseres i bygningen skilles det ikke mellom.

Levert energi er summen av energi som er levert over bygningens systemgrenser for å dekke bygningens samlede energibehov. Levert energi tar hensyn til følgende virkningsgrader i varmeanlegget [23]:

- Produksjonsvirkningsgrad/effektfaktor (fjernvarme, varmepumper osv.)
- Distribusjonsvirkningsgrad (tap i distribusjon)
- Romvirkningsgrad (radiatoranlegg, gulvvarme osv.)

Tabell 12 viser fordeler og ulemper fra de forskjellige beregningspunktene i figur 11.

Tabell 12: Fordeler og ulemper med de ulike beregningspunkter [23].

Punkt	Beregningspunkt	Fordel	Ulempe
1	Varmetapstall [W/(m <sup>2</sup> K)]	Enkelt å beregne.	Teoretisk tall, kan være vanskelig å forstå.
2	Netto energibehov [kWh/(m <sup>2</sup> år)]	Setter fokus på energieffektiv utforming av bygningen. Dagens energirammer	Teoretisk beregning som ikke gir virkelig behov for kjøpt energi. Tar ikke hensyn til energiforsyning og gir ikke insentiv til tekniske systemer med høy virkningsgrad.
3	Leverte energi [kWh/(m <sup>2</sup> år)]	Setter fokus på det totale behovet for tilført energi til eiendommen. Gir insentiv til bruk av energiforsyning med høy virkningsgrad og lave tap.	Effektive energikilder kan gå på bekostning av bygningsmessige kvaliteter.
4	Primærenergi [kWh/(m <sup>2</sup> år)]	Reflekterer den totale energibruken ved utnyttelse av energiråvarer. Det tas hensyn til virkningsgrad/tap i hele verdikjeden.	Det er ikke utviklet omforente primærenergifaktorer i Norge. Gir ikke nødvendigvis riktig bilde av miljøbelastningen ved bruk av ulike energiråvarer.

## 5.1 NS 3031 Beregning av bygningers energiytelse

Den norske standarden NS 3031 skal benyttes for å dokumentere at en gitt bygning tilfredsstillende kravene i teknisk forskrift. NS 3031 benyttes til å beregne:

- Varmetapstall
- Varmetapsbudsjett
- Netto energibehov
- Leverte energi
- CO<sub>2</sub>- utslipp og primærenergi

NS 3031 omfatter tre forskjellige metoder for beregning av kjøle- og oppvarmingsbehov:

- Månedsberegning (stasjonær metode)
- Forenklet timeberegning (dynamisk metode)

- Detaljerte beregningsprogrammer (dynamisk metode)

Som tabell 13 viser, velges beregningsmetode etter hvilken bygningskategori den gitte bygningen representerer [23].

Tabell 13: Bestemmelse av krav om type energiberegning [30].

Bygningskategori	Energiberegning *
Småhus	Månedssstasjonær eller dynamisk
Boligblokk	Månedssstasjonær eller dynamisk
Barnehage	Månedssstasjonær eller dynamisk
Kontorbygning	Dynamisk
Skolebygning	Månedssstasjonær eller dynamisk
Universitets- og høyskolebygning	Dynamisk
Sykehus	Dynamisk
Sykehjem	Månedssstasjonær eller dynamisk
Hotellbygning	Månedssstasjonær eller dynamisk
Idrettsbygning	Månedssstasjonær eller dynamisk
Forretningsbygning	Dynamisk
Kulturbygning	Månedssstasjonær eller dynamisk
Lett industribygning, verksted	Månedssstasjonær eller dynamisk
*I bygninger der det er installert ventilasjonskjøling, skal det alltid benyttes en dynamisk beregningsmetode	

## 5.2 NS 3701 Passivhusstandard for yrkesbygg

Den norske standarden NS 3701 har praktisk nytte ved planlegging, bygging og evaluering av yrkesbygninger med svært lavt energibehov. Kravene i standarden gjelder for hele bygninger, men kan også benyttes til å prosjektere deler av en bygning, f.eks. en flerfunksjonsbygning. Standarden bygger på energibehovsberegninger etter NS 3031. NS 3701 angir to nivåer av energieffektive yrkesbygninger:

- Lavenergibygning
- Passivhus

Standarden kan benyttes til å vurdere om en bygning tilfredsstiller kravene, stille utførelseskrav til bygningstekniske arbeider og stille krav til bygningselementer og produkter [18].

For å oppnå passivhusstandard for yrkesbygg er det seks sentrale krav; transmisjons- og infiltrasjonstap, kjølebehov, oppvarmingsbehov, energibehov til belysning, komponenter og luftmengder. Kravet til maksimalt varmetapstall (transmisjon og infiltrasjon) skal sikre en robust bygningskropp med lavt varmetapstall [17].

## 5.3 SIMIEN

SIMIEN er et norskutviklet energiberegningsprogram som er harmonisert med NS 3031, og validert etter NS-EN 15265. SIMIEN gjør dynamiske simuleringer av energibehov, validerer inneklime og dimensjonerer ventilasjonsanlegg, oppvarmingsanlegg og romkjøling. Programmet kan også benyttes til å evaluere bygningen mot energikravene i TEK 10, TEK 16 og NS 3700/3701 [14].

En bygning skal ved energisimulering deles opp i forskjellige soner ut fra følgende forhold [30]:

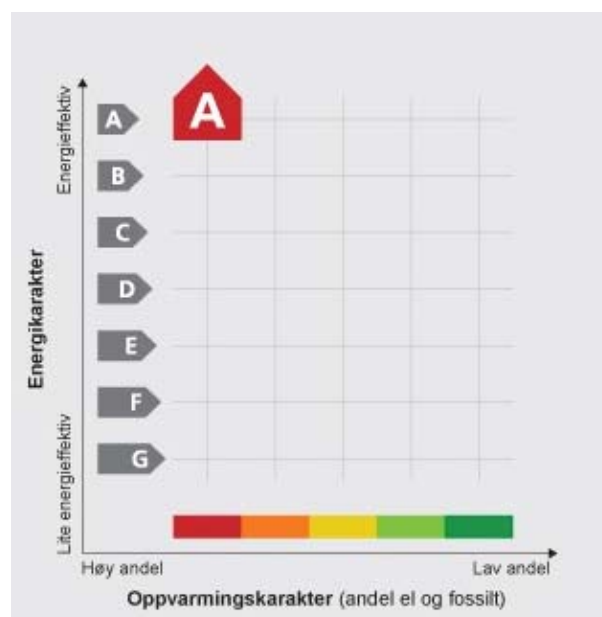
- Flerfunksjonsbygninger.
- Ulike tekniske installasjonssystemer som betjener forskjellige deler av bygningen.
- Ulike soltilskudd i forskjellige deler av bygningen.
- Ulike interne varmetilskudd i forskjellige deler av bygningen.

De forskjellige sonene deles også opp i forskjellige bygningskategorier, avhengig av hva den aktuelle bygningsdelen skal benyttes til. I tillegg til å beregne energiforbruket, beregner SIMIEN også energikarakter og oppvarmingskarakter for bygningen.

SIMIEN, versjon 6.005 er benyttet ved energiberegningene.

## 5.4 Energimerkeordningen

Energimerkeordningen er et system som skal medvirke til å sikre informasjon om energitilstanden til bygninger. Alle boliger eller yrkesbygninger som skal leies ut eller selges skal ha en energiattest. Energiattesten er sammensatt av en oppvarmingskarakter, en energikarakter og en tiltaksliste. Som figur 12 viser, har oppvarmingskarakteren en fargeskala, og beskriver hvor stor andel av varmebehovet som er dekket av elektrisitet og fossile energikilder. Energikarakteren beskriver hvor energieffektiv bygningen er, og tiltakslisten skal gi en oversikt over mulige energieffektiviseringstiltak [31].



Figur 12: Energikarakter og oppvarmingskarakter [33]. En rød A, som vist i figuren, er typisk for et passivhus som har elektrisk oppvarming [23].

Oppvarmingskarakteren og energikarakteren som vises i SIMIEN ved energiberegninger, er ikke en offisiell energiattest. For å produsere en offisiell energiattest, må det utføres på energimerking.no [32].

### 5.4.1 Energikarakter

Energikarakteren er basert på beregnet levert energi for bygningen. Levert energi betyr brutto energiforbruk der systemvirkningsgraden til energiforsyningen er tatt med. Resultatet sammenlignes med tabellverdier og gis en karakter fra A-G, hvor A er best [32].

For lavenergibygninger, passivhus og bygninger som har et effektivt varmesystem og/eller tilfredsstillere strengere krav enn TEK 10, gis normalt karakteren A-B. For nye bygninger som tilfredsstillere kravene i TEK 10 og ikke benytter varmepumpe eller solenergi til oppvarming, eller bygninger etter eldre forskriftskrav som har et effektivt varmesystem, gis karakteren C. Bygninger som er bygget under eldre forskriftskrav enn TEK 10 gis karakteren D-G. For eldre hus som ikke er utbedret, gis normalt karakteren G.

Energikarakteren gis etter standardisert beregning, hvor bygningens kvaliteter og tekniske systemer er avgjørende. Hvor mye energi som bygningen bruker i realiteten påvirker ikke karakteren [33].

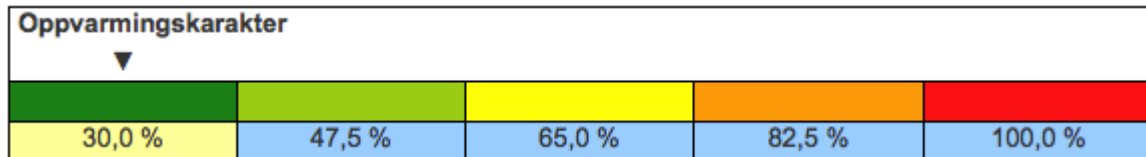
Bygningskategorier	Levert energi pr m <sup>2</sup> oppvarmet BRA (kWh/m <sup>2</sup> )						
	A	B	C	D	E	F	G
	Lavere enn eller lik	Lavere enn eller lik	Lavere enn eller lik	Lavere enn eller lik	Lavere enn eller lik	Lavere enn eller lik	Ingen grense
Småhus	95	120	145	175	205	250	>F
Arealkorreksjon	+800/A	+1600/A	+2500/A	+4100/A	+5800/A	+8000/A	
Leiligheter (boligblokk)	85	95	110	135	160	200	>F
Arealkorreksjon	+600/A	+1000/A	+1500/A	+2200/A	+3000/A	+4000/A	
Barnehage	85,00	115,00	145,00	180,00	220,00	275,00	>F
Kontorbygning	90,00	115,00	145,00	180,00	220,00	275,00	>F
Skolebygning	75,00	105,00	135,00	175,00	220,00	280,00	>F
Universitets- og høyskolebygning	90,00	125,00	160,00	200,00	240,00	300,00	>F
Sykehus	175,00	240,00	305,00	360,00	415,00	505,00	>F
Sykehjem	145,00	195,00	240,00	295,00	355,00	440,00	>F
Hotellbygning	140,00	190,00	240,00	290,00	340,00	415,00	>F
Idrettsbygning	125,00	165,00	205,00	275,00	345,00	440,00	>F
Forretningsbygning	115,00	160,00	210,00	255,00	300,00	375,00	>F
Kulturbygning	95,00	135,00	175,00	215,00	255,00	320,00	>F
Lett industribygning, verksted	105,00	145,00	185,00	250,00	315,00	405,00	>F

Figur 13: Energikarakterskalaen [33].

Som energikarakterskalaen viser, kan eksempelvis en kontorbygning maksimum ha 115 kWh/m<sup>2</sup> levert energi for å få energikarakteren B.

## 5.4.2 Oppvarmingskarakter

Oppvarmingskarakteren gis en farge som indikerer hvor miljøvennlig oppvarmingsanlegget er. Fargene gis ved en femdelt rangering, fra rødt til grønt, hvor grønn er best [32]. Som figur 14 viser, er grønn farge en indikasjon på at andelen av elektrisitet og fossile energikilder er lavere enn 30 % for bygningen. Ved rød farge, er andel elektrisitet og fossile energikilder større enn 82,5 % [33].



Figur 14: Oppvarmingskarakter beregnes ut fra andel av elektrisitet og fossile energikilder [35].

Oppvarmingskarakteren tar utgangspunkt i det beregnede energibehovet til oppvarming av tappevann og romoppvarming, og andelen det er naturlig at de forskjellige systemene kan dekke. Eksempelvis kan det være at det forutsettes at fjernvarme kan dekke nesten hele oppvarmingsbehovet. Biobrensel kan dekke ca. 80 % av oppvarmingsbehovet, og da kan de resterende 20 % dekkes av elektrisitet [33]. De ulike oppvarmingskildene er antatt å kunne dekke opptil så stor andel av oppvarmingsbehovet til romoppvarming og tappevann som vist i tabell 14. Ved beregning og dokumentasjon fra eksperter, kan dekningsgraden for de ulike energikildene endres [23].

Tabell 14: Mulig dekning av oppvarming av tappevann og romoppvarming med ulike energikilder [23].

Energikilde	Definert som	Energidekning av romoppvarming	Energidekning av tappevann
Solfangere	Fornybar	15 %	20 %
Luft/luft-varmepumpe	Fornybar	40 %	0 %
Væske/vann-varmepumpe	Fornybar	75 %	75 %
Biokjel (biobrensel)	Fornybar	80 %	80 %
Oljekjel *	Fornybar/fossil	80 %	80 %
Gasskjel **	Fornybar/fossil	80 %	80 %
Fjernvarme	Fornybar	100 %	100 %
Elektrisitet	Ikke fornybar	100 %	100 %
*Defineres som fornybar ved bruk av bioolje			
**Defineres som fornybar ved bruk av biogass			

## 6 Inndata for energiberegningene

For å oppnå lavenergistandard for brannstasjonen er det flere krav som må tilfredsstilles. Valg av oppvarmingskilde, bygningskropp og tekniske systemer er avgjørende faktorer for å tilfredsstillere kravene. I tillegg til de løsningene som kreves for å tilfredsstillere energikravene, er det krav som må tilfredsstilles for å sikre et godt inneklima. Solskjerming er nødvendig for å sikre et godt inneklima [27].

Den største utfordringen for at brannstasjonen skal tilfredsstillere energikravene er at vognhallen har store fasadeoverflater i forhold til bruksareal (BRA). Brannstasjonen har også flere store porter, som kan være utfordrende pga. krav til u-verdi. Ved å dele bygningen opp i ulike soner og/eller omfordele transmisjonstapet kan kravene oppnås.

Areal og volum av bygningen er beregnet i henhold til retningslinjer gitt i NS 3940 *Areal- og volumberegninger av bygninger*. Tabell 15 viser de beregnede arealer som er benyttet i energiberegningen. Hele brannstasjonen er beregnet under bygningskategori; kontorbygning.

### 6.1 Inndeling i soner

Bygningen er ved energiberegningen delt inn i forskjellige soner. I utgangspunktet er sonene fordelt etter type bruk, avhengig av ventilasjonsbehov og for å kunne gjøre tilpasninger for de ulike sonene. Eksempelvis skal en bygning deles opp i soner dersom ulike tekniske installasjonssystemer betjener forskjellige deler av bygningen, eller det er ulike interne varmetilskudd i forskjellige deler av bygningen [30]. Selv om bygningen er delt opp i ulike soner, er alle sonene beregnet etter samme bygningskategori. En oversikt over sonene er gitt i tabell 15.

Tabell 15: Oversikt over soner, arealer og volum for Narvik brannstasjon.

Sone	Innhold	Areal [m <sup>2</sup> ]	Volum [m <sup>3</sup> ]	Ventilasjonsanlegg
1	1 etasje: Garasje, lager	605,9	3938,4	CAV
2	1 etasje: Vaskehall, oppmøte, drift, garderober, teknisk	341,9	1306,2	VAV
3	2 etasje: Lager, arkiv, garderobe	118,0	383,5	VAV
4	3 etasje: Slangelager, røykdykk, vask/tørk, garderobe, verktøybu	371,6	1300,6	VAV
5	3 etasje: Korridor, div lager, ledig, nødstrøm, rekvisita	333,7	1168,0	VAV
6	3 etasje: Vognhall, lager tauredn.	526,8	3442,3	CAV
7	3 & 4 etasje: Gymsal, styrke, teknisk	350,4	1926,4	VAV
8	4 etasje: Mannskapsdel, teknisk	608,0	2128,0	VAV

## 6.2 Oppvarmingskilde

For å tilfredsstille kravet til energifleksible varmesystemer, blir varmepumpe og elektrisitet benyttet som energiforsyning. Det benyttes en luft/vann-varmepumpe som grunnlast, og en elektrokjel som spisslast. Varmen hentes fra uteluften og distribueres via et vannbårent varmedistribusjonssystem med gulvvarme og radiatorer som varmeavgivere. Luft/vann-varmepumper kan i tillegg til romoppvarming, også brukes helt eller delvis til å varme opp tappevann, hvilket er benyttet i energiberegningene [19].

For passivhus- og lavenergibygninger velges gulvvarme i de rommene hvor brukerne forventer det, som entre og bad. Forenklet gulvvarme kan velges i enkelte rom, i kombinasjon med radiatorer [17]. For brannstasjonen vil det være naturlig å ha gulvvarme i garderober, WC, vask/tørk og muligens i enkelte arealer i første etasje av bygningen. Resten av bygningen benytter radiatorer som varmeavgivere. Radiatorer og gulvvarme styres av termostater.

Varmepumpen står for 90 %, mens elektrisitet står for de resterende 10 % av energiforsyningen til romoppvarming. For oppvarming av tappevann står varmepumpen for 70 %, mens elektrisitet står for de resterende 30 %. Det forutsettes at disse prosentatsene kan benyttes ved energiberegninger.

Tabell 16: Følgende dekningsgrad er benyttet for energiberegningene.

	Elektrisitet	Varmepumpe
Romoppvarming [%]	10	90
Oppvarming av tappevann [%]	30	70
Varmebatterier ventilasjon [%]	0	100
Kjølebatterier ventilasjon [%]	100	0
Lokal kjøling (romkjøling) [%]	100	0
El. Spesifikt energibehov [%]	100	0

Tabell 17: Inndata for oppvarmingsanlegg.

Oppvarming	Inndata	Kommentar
Driftstid	12 / 5 / 52 (kontorbygning)	Iht. NS 3031, tabell A.3
Settpunkttemperatur	21 °C / 19 °C	Iht. NS 3031, tabell A.3
Settpunkttemperatur sone 1 & 6	18 °C	Forutsettes

Tabell 18: Inndata for vannbårent distribusjonsanlegg.

Vannbårent distribusjonsanlegg	Inndata	Kommentar
Turtemperatur	35 °C	Forutsettes
Returtemperatur	30 °C	Forutsettes
Spesifikk pumpeeffekt (SPP)	0,50 kW/(l/s)	Forutsettes



## 6.3 Bygningskropp

Det er mange ulike løsninger som kan utformes for de forskjellige bygningsdelene. NS 3701 stiller minimumskrav til u-verdi for vinduer og dører, mens de andre delene i bygningskroppen kan omfordeles. TEK 16 stiller minimumskrav til alle delene av bygningskroppen.

For at bygningen skal tilfredsstillere lavenergi standard eller TEK 16, skal ikke lekkasjetallet overstige 1,5 h<sup>-1</sup>. Tabell 19 viser de forskjellige kravene som NS 3701 stiller til bygningskroppen, sammenlignet med kravene TEK 16 stiller.

Tabell 19: Minstekrav fra NS 3701 sammenlignet med TEK 16. TEK 16 stiller i tillegg minimumskrav til alle delene i bygningskroppen [3, 18].

Egenskap	Passivhus	Lavenergibygning	TEK 16
U-verdi vindu og dør	≤ 0,80 W/(m <sup>2</sup> K)	≤ 1,2 W/(m <sup>2</sup> K)	≤ 1,2 W/(m <sup>2</sup> K)
Normalisert kuldebroverdi	≤ 0,03 W/(m <sup>2</sup> K)	≤ 0,05 W/(m <sup>2</sup> K)	≤ 0,07 W/(m <sup>2</sup> K)
Lekkasjetall 50 Pa	≤ 0,60 h <sup>-1</sup>	≤ 1,5 h <sup>-1</sup>	≤ 1,5 h <sup>-1</sup>

Under dette punktet vil det utredes hvilke produkter eller løsninger som gir bygningsdelene en tilfredsstillende u-verdi for å benytte i energiberegningene. Det kan være bruk av ulike materialer, bygningens oppbygging, isoleringstykkelser eller isolasjonens varmekonduktivitet.

Tabell 20: Inndata for bygningskropp.

Bygningsdel/komponent	Inndata	Kommentar
Yttervegg: EPS-blokk/betong	0,13 W/(m <sup>2</sup> K)	Iht. beregninger i SIMIEN
Yttervegg: Sandwichelement	0,12 W/(m <sup>2</sup> K)	Iht. PAROC
Yttertak: Kompakt tak	0,12 W/(m <sup>2</sup> K)	Sintef Byggforsk 471.013
Gulv på grunn	0,10 W/(m <sup>2</sup> K)	Iht. beregninger i SIMIEN
Gulv mot friluft	0,10 W/(m <sup>2</sup> K)	Iht. beregninger i SIMIEN
Vinduer, dører og porter	0,88 W/(m <sup>2</sup> K)	NorDan, Windsor
Lekkasjetall	1,0 h <sup>-1</sup>	Godkjent iht. krav
Normalisert kuldebroverdi	0,05 W/(m <sup>2</sup> K)	Godkjent iht. krav
Luftfrekvens fra porter	0-0-5-10-5-10-10-10-5-10-0-0	Forutsettes

### 6.3.1 Yttervegg

Minimumskrav i TEK 16 for yttervegg er; ≤ 0,22 W/(m<sup>2</sup>K). Første og andre etasje av bygningen kan ha yttervegger av betong eller EPS-blokk. Ved bruk av 370 mm EPS-blokk med 140 mm betongkjerne, vil ytterveggen få en u-verdi på 0,13 W/(m<sup>2</sup>K). Resten av bygningen kan ha yttervegger av heldekkende sandwichelementer. Eksempelvis har leverandøren PAROC sandwichelementer med et yttersjikt av stålplater og en kjerne av steinull. Disse elementene har en bredde på 1,2 m, og kan fås i lengder inntil

12 m. Ved å benytte 300 mm tykke elementer av typen AST L, som er vist i tabell 21, kan det oppnås en u-verdi på 0,12 W/(m<sup>2</sup>K). [34].

Tabell 21: Eksempler på u-verdi avhengig av elementenes tykkelse [34].

Element-type	U-verdi avhengig av nominell elementtykkelse [W/(m <sup>2</sup> K)]			
	175 mm	200 mm	240 mm	300 mm
AST L	0,21	0,18	0,15	0,12
AST T	0,22	0,19	0,16	0,13

AST L benyttes ved ekstremt høye krav til varmeisolering, mens AST T benyttes ved høye krav til varmeisolering.

### 6.3.2 Yttertak

Minimumskrav i TEK 16 for tak er;  $\leq 0,18$  W/(m<sup>2</sup>K). Yttertak kan utføres som kompakt tak, avhengig av bygningens konstruksjon og valg av dekke. I tabell 22 fremkommer u-verdier for forskjellige isolasjonstykkelser, avhengig av om dekke er av betong, lettklinkerbetong, porebetong eller bærende stålplater.

Tabell 22: Eksempler på verdier hentet fra Byggforsk 471.013 U-verdier. Tak [35].

Isolasjonstykkelse [mm]	U-verdi avhengig av dekke [W/(m <sup>2</sup> K)], $\lambda = 0,036$ [W/(mK)]			
	Betong	200 mm Lettklinkerbetong	200 mm Porebetong	Stålplater
200	0,18	0,16	0,15	0,18
250	0,15	0,14	0,13	0,15
300	0,13	0,12	0,11	0,13
350	0,11	0,10	0,10	0,11
400	0,10	0,09	0,09	0,10
450	0,09	0,08	0,08	0,09
500	0,08	0,08	0,07	0,08

Ved å benytte isolasjon som har bedre varmekonduktivitet, kan u-verdiene forbedres ytterligere. Det finnes også andre isolasjonstykkelser enn de som fremkommer i tabellen. Alle verdier er hentet fra Sintef Byggforsk 471.013 U-verdier. Tak [35].

I energiberegningene er det benyttet en u-verdi på 0,12 W/(m<sup>2</sup>K), som tilsvarer et betongdekke med ca. 350 mm isolasjon.

### 6.3.3 Gulv

Minimumskrav i TEK 16 for gulv er;  $\leq 0,18 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ . Ved beregning av u-verdi for gulv, er det flere parametere som er avgjørende. En viktig parameter er varmekonduktiviteten til grunnmaterialet, som beskriver evnen materialet har til å lede varme [36]. Det er ved beregningene antatt grunnforhold av sand/grus.

For gulv på grunn er det antatt en betongplate med tykkelse 80-120 mm, med 300 mm EPS/steinull som isolasjonsmateriale. Det er beregnet vertikal kantisolering av 100 mm XPS, med dybde/bredde på 0,6 m. Dette gir en u-verdi på  $0,10 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ .

For gulv mot friluft er det antatt et betongdekke på 200-250 mm, med 350 mm isolasjon, hvor 100 mm av isolasjonen er på oversiden av dekket. Dette gir også en u-verdi på  $0,10 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ .

U-verdien for gulv på grunn beregnes i henhold til Sintef Byggforsk 471.009 *Beregning av u-verdi og varmestrøm for konstruksjoner mot grunnen etter NS-EN ISO 13370*.

### 6.3.4 Vinduer, dører og porter

NS 3701 og TEK 16 stiller like krav til u-verdi for vinduer, dører og porter;  $\leq 1,2 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ . Ved beregninger for at bygningen eller deler av bygningen skal tilfredsstillende passivhusstandard, er kravet  $\leq 0,80 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ . Siden brannstasjonen har mange porter som utgjør en betydelig del av fasaden på bygningen, er det avgjørende at portene har så god u-verdi som mulig, for at brannstasjonen skal tilfredsstillende lavenergistandard.

Tabell 23: Eksempler på u-verdier på porter fra leverandøren Windsor (iht. produktdatablad).

Windsor Industriport 3,0 m * 3,0 m	U-verdi [ $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$ ]
Win ISO 60	0,955
Win ISO 60 m/vindusfelt	1,138
Windsor Industriport 4,0 m * 4,0 m	U-verdi [ $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$ ]
Win ISO 60	0,843
Win ISO 60 m/vindusfelt	0,980

Portene som benyttes i brannstasjonen er av forskjellige typer. For portene i garasjer/lager (sone 1), vaskehall (sone 2) og vognhall (sone 6) antas porter med vindusfelt. Disse portene beregnes med en u-verdi på  $0,980 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ . For portene på de to lagrene i sone 5, er det antatt porter uten vindusfelt. Disse beregnes med en u-verdi på  $0,955 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ .

Ytterdører kan fås med en u-verdi ned mot  $0,6-0,7 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  [28]. I beregningene antas både ytterdørene og balkongdørene å ha en u-verdi på  $0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ .

Vinduene er av trelags glass, med argongass mellom glassene og to lavemisjonsbelegg. Vinduskarmen er en superisolert trekarm, med varmkant (superspacer). I henhold til beregningene i SIMIEN gir dette en u-verdi på 0,65-0,86 W/(m<sup>2</sup>K), avhengig av vinduets størrelse.

Den samlede u-verdien for alle porter, ytterdører og vinduer i bygningen blir iht. energiberegningene 0,93 W/(m<sup>2</sup>K).

Lufting fra portene og solskjerming er beskrevet i kapittel 6.5.

## 6.4 Tekniske systemer

Både TEK 16 og NS 3701 stiller minimumskrav til komponentene i de tekniske installasjonene. Minimumskravene og valgt inndata for de sentrale komponentene fremkommer i tabell 24.

Ved å installere et SD-anlegg i brannstasjonen, kan de tekniske installasjonene overvåkes. Hvis det i tillegg integreres et EOS-system til SD-anlegget, kan driftsdataen evalueres på en god måte, og bidra til en effektiv drift av systemet [23].

### 6.4.1 Ventilasjon

Brannstasjonen er beregnet med både CAV og VAV siden de ulike sonene i bygningen har forskjellige behov. Sone 1 og sone 6 har CAV-anlegg, mens resten av bygningen har VAV-anlegg.

I et CAV-anlegg holder systemet en konstant luftmengde i rommet hele dagen, uavhengig av rommets bruk [23].

Et VAV-anlegg er en felles betegnelse for alle typer ventilasjonsanlegg som har variabel luftmengde, uavhengig av hvordan luftmengdene reguleres. Luftmengdene kan reguleres ved behovsstyrt luftmengde (DCV), hvor luftmengden reguleres automatisk etter målt behov på romnivå [23]. Eksempelvis kan dette utføres ved å benytte CO<sub>2</sub>- og/eller temperaturregulator.

Et annet alternativ kan være å benytte brukerstyrt regulering av luftmengde, som kan gjøres ved å benytte bryter, timer eller bevegelsesdetektor. Brukerstyrt ventilasjon kan spesielt være aktuelt i små rom som har lav luftmengde, da besparelspotensialet er mindre enn i større rom med høyere luftmengde [23]. For brannstasjonen kan brukerstyrt ventilasjon være aktuelt i mindre rom som personer ikke oppholder seg i over lengre tid, som lager og arkiv.

Det er ved beregningene ikke tatt hensyn til hvor mange forskjellige ventilasjonsaggregater som er nødvendig for brannstasjonen. Det er kun beregnet nødvendige luftmengder til de forskjellige sonene, basert på sonenes ventilasjonsbehov.

Ved å benytte en varmegjenvinner som har høy temperaturvirkningsgrad, kan brukt ventilasjonsluft gjenvinnes. NS 3701 stiller minimumskrav til temperaturvirkningsgrad på  $\geq 70$  % for lavenergibygninger, mens de nye energikravene i TEK 16 har minimumskrav på  $\geq 80$  %. Eksempelvis kan en roterende varmegjenvinner normalt ha temperaturvirkningsgrad i området 75 % – 85 %, og en kammerveksler kan normalt ha temperaturvirkningsgrad i området 80 % - 90 % [23].

Alle ventilasjonsanleggene er utstyrt med varmebatteri, og alle utenom sone 1 og sone 6 har også kjølebatteri. Det sees bort fra kjøling i sone 1 og sone 6, da disse har lavere settpunkttemperatur enn de resterende sonene.

Tabell 24: Følgende inndata for ventilasjon benyttes i energisimuleringen [18,30].

Ventilasjon	Krav	Inndata	Kommentar
Driftstid	12 / 5 / 52 (kontorbygg)	12 / 5 / 52	NS 3031, tabell A.3
Virkningsgrad varmegjenvinner	TEK 16: $\geq 80 \%$ Lavenergi: $\geq 70 \%$	83 %	Minimum 80 %, iht. TEK 16
Minste spesifikke luftmengder	I driftstid: $7 \text{ m}^3/(\text{hm}^2)$ Utenfor driftstid: $2 \text{ m}^3/(\text{hm}^2)$	Samme som krav	VAV og CAV NS 3031, tabell A.6
Tilluftstemperatur	19 °C	19 °C	NS 3031, tabell A.3
SFP-faktor	TEK 16: $\leq 1,5 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s})$ Passivhus: $\leq 1,5 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s})$ Lavenergi: $\leq 2,0 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s})$	I driftstid: 1,4 Utenfor driftstid: 1,0	NS 3701, tabell 9. Nye krav i TEK 16 er $\leq 1,5 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s})$

## 6.4.2 Internlaster

Gjennomsnittlig effektbehov for internlaster er utarbeidet for kontrollberegning mot offentlige krav, og er nødvendigvis ikke representative for de reelle forholdene [30]. Standardverdiene fra NS 3031 benyttes ved energiberegninger i SIMIEN.

Tabell 25: Standardverdier for effektbehov i driftstiden [30].

Internlaster i driftstiden	Inndata	Kommentar
Belysning	8 W/m <sup>2</sup> (kontorbygning)	Iht. NS 3031, tabell A.1
Utstyr	11 W/m <sup>2</sup> (kontorbygning)	Iht. NS 3031, tabell A.1
Varmtvann	1,6 W/m <sup>2</sup> (kontorbygning)	Iht. NS 3031, tabell A.1

## 6.5 Forutsetninger

Ved energiberegningen er det et verktøy i SIMIEN som kalles vinduslufting. Dette verktøyet benyttes for å medberegne luftlekkasjen fra portene når de åpnes. Luftfrekvensen beregnes ut fra hvor mange prosent portene er åpne i driftstiden for de forskjellige månedene. Eksempelvis er det medberegnet en luftfrekvens på 10 % for portene i vognhallen i April. Det betyr at alle portene er åpne en time i løpet av en dag med driftstid på ti timer.

Disse verdiene er svært usikre, da det spesielt i vinterhalvåret antas at noen av portene åpnes og lukkes bare ved ut- eller innkjøring. Det er antatt en luftfrekvens som beskrevet i tabell 20 på side 33.

For oppvarming er den konvektive andelen avgitt effekt for vannbårent distribusjonsanlegg satt til 0.8, og den spesifikke pumpeeffekten er satt til 0,50 kW/(l/s).

Solskjerming er nødvendig for å ivareta et godt inn klima. Det er beregnet fast solskjerming ved energiberegningene, og det forutsettes at det er tilfredsstillende.

## 7 Energiberegninger

Energiberegningene i SIMIEN er simulert mot TEK 16, lavenergi standard og passivhusstandard (for mannskapsdelen). I dette punktet er den simuleringen med inndata fra kapittel 6 beskrevet først, mens tiltakene for at kravene tilfredsstilles påfølgende er beskrevet.

Det antas at verdiene fra inndata for energiberegningene i kapittel 6 er så god at få tiltak er nødvendig for at brannstasjonen skal tilfredsstille energikravene i TEK 16. For at brannstasjonen skal tilfredsstille kravene i NS 3701, antas det at forbedringer på både bygningskropp og tekniske komponenter vil være nødvendig. Eksempelvis må både normalisert kuldebroverdi og lekkasjetall forbedres ytterligere for å tilfredsstille minstekravene til passivhusstandard.

### 7.1 Evaluering mot TEK 16

Ved evaluering mot TEK 16 er det fire punkter som må tilfredsstilles; energirammen, minstekrav, luftmengder og energiforsyning. Energisimuleringen mot TEK 16 viser at energirammen for bygningen ikke tilfredsstilles. Som figur 15 viser, er samlet evaluering er at brannstasjonen ikke tilfredsstiller energikravene i TEK 16.

Resultater av evalueringen	
Evaluering av	Beskrivelse
Energiramme	Bygningen tilfredsstiller ikke energirammen iht. §14-2 (1)
Minstekrav	Bygningen tilfredsstiller minstekravene i §14-3
Luftmengder ventilasjon	Luftmengdene tilfredsstiller minstekrav gitt i NS3031:2014 (tabell A.6)
Energiforsyning	Fossilt brensel benyttes ikke i oppvarmingsanlegget (§14-4)
Samlet evaluering	Bygningen tilfredsstiller ikke byggeforskriftenes energikrav

Figur 15: Resultat fra evaluering mot TEK 16.

Forskriftskravet for totalt beregnet energibehov er 115 kWh/m<sup>2</sup>. For evalueringen er totalt energibehov beregnet til 120 kWh/m<sup>2</sup>. Ved å nedjustere energibehovet til en eller flere av punktene i tabellen, kan energirammen tilfredsstilles.

Energiramme (§14-2 (1), samlet netto energibehov)	
Beskrivelse	Verdi
1a Beregnet energibehov romoppvarming	23,6 kWh/m <sup>2</sup>
1b Beregnet energibehov ventilasjonsvarme (varmebatterier)	12,4 kWh/m <sup>2</sup>
2 Beregnet energibehov varmtvann (tappevann)	5,0 kWh/m <sup>2</sup>
3a Beregnet energibehov vifter	13,5 kWh/m <sup>2</sup>
3b Beregnet energibehov pumper	1,7 kWh/m <sup>2</sup>
4 Beregnet energibehov belysning	25,1 kWh/m <sup>2</sup>
5 Beregnet energibehov teknisk utstyr	34,5 kWh/m <sup>2</sup>
6a Beregnet energibehov romkjøling	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
6b Beregnet energibehov ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	4,2 kWh/m <sup>2</sup>
Totalt beregnet energibehov	120,0 kWh/m <sup>2</sup>
Forskriftskrav netto energibehov	115,0 kWh/m <sup>2</sup>

Figur 16: Energiramme tilfredsstiller ikke krav i TEK 16.

Som figur 17 viser, er verdiene fra bygningskomponentene godt under minstekravene. Det er kun lekkasjetallet som har lik verdi som minstekravet.

Minstekrav (§14-3)		
Beskrivelse	Verdi	Krav
U-verdi yttervegger [W/m <sup>2</sup> K]	0,13	0,22
U-verdi tak [W/m <sup>2</sup> K]	0,12	0,18
U-verdi gulv mot grunn og mot det fri [W/m <sup>2</sup> K]	0,10	0,18
U-verdi glass/vinduer/dører [W/m <sup>2</sup> K]	0,88	1,20
Lekkasjetall (lufttetthet ved 50 Pa trykkforskjell) [luftvekslinger pr time]	1,50	1,50

Figur 17: Minstekrav ved evaluering mot TEK 16.

## 7.2 Tiltak for å tilfredsstille TEK 16

Følgende tiltak kan utføres for å tilfredsstille kravene i TEK 16:

- Lekkasjetall: Justeres fra 1,5 h<sup>-1</sup> til 1,0 h<sup>-1</sup>

For å kunne oppnå et lekkasjetall på 1,0 h<sup>-1</sup> kreves det stort fokus på tetting i byggefasen. Det er viktig at alle involverte i byggefasen har full forståelse om hva som kreves for å oppnå dette lekkasjetallet. Det anbefales at entreprenøren gjennomfører orienteringsmøte på byggeplass for arbeiderne som skal utføre arbeidsoppgavene med bygningskropp og klimaskjerm. Lufttetthetsmålinger er nødvendig for å kontrollere at man oppnår god lufttetting av bygningen.

Resultater av evalueringen	
Evalueringsav	Beskrivelse
Energiramme	Bygningen tilfredsstiller energirammen ihht. §14-2 (1)
Minstekrav	Bygningen tilfredsstiller minstekravene i §14-3
Luftmengder ventilasjon	Luftmengdene tilfredsstiller minstekrav gitt i NS3031:2014 (tabell A.6)
Energiforsyning	Fossilt brensel benyttes ikke i oppvarmingsanlegget (§14-4)
Samlet evaluering	Bygningen tilfredsstiller byggeforskriftenes energikrav

Figur 18: Resultat fra evalueringen mot TEK 16 etter gjennomførte tiltak.

Energiramme (§14-2 (1), samlet netto energibehov)	
Beskrivelse	Verdi
1a Beregnet energibehov romoppvarming	18,8 kWh/m <sup>2</sup>
1b Beregnet energibehov ventilasjonsvarme (varmebatterier)	11,9 kWh/m <sup>2</sup>
2 Beregnet energibehov varmtvann (tappevann)	5,0 kWh/m <sup>2</sup>
3a Beregnet energibehov vifter	13,6 kWh/m <sup>2</sup>
3b Beregnet energibehov pumper	1,6 kWh/m <sup>2</sup>
4 Beregnet energibehov belysning	25,1 kWh/m <sup>2</sup>
5 Beregnet energibehov teknisk utstyr	34,5 kWh/m <sup>2</sup>
6a Beregnet energibehov romkjøling	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
6b Beregnet energibehov ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	4,2 kWh/m <sup>2</sup>
Totalt beregnet energibehov	114,6 kWh/m <sup>2</sup>
Forskriftskrav netto energibehov	115,0 kWh/m <sup>2</sup>

Figur 19: Energiramme tilfredsstiller krav i TEK 16.

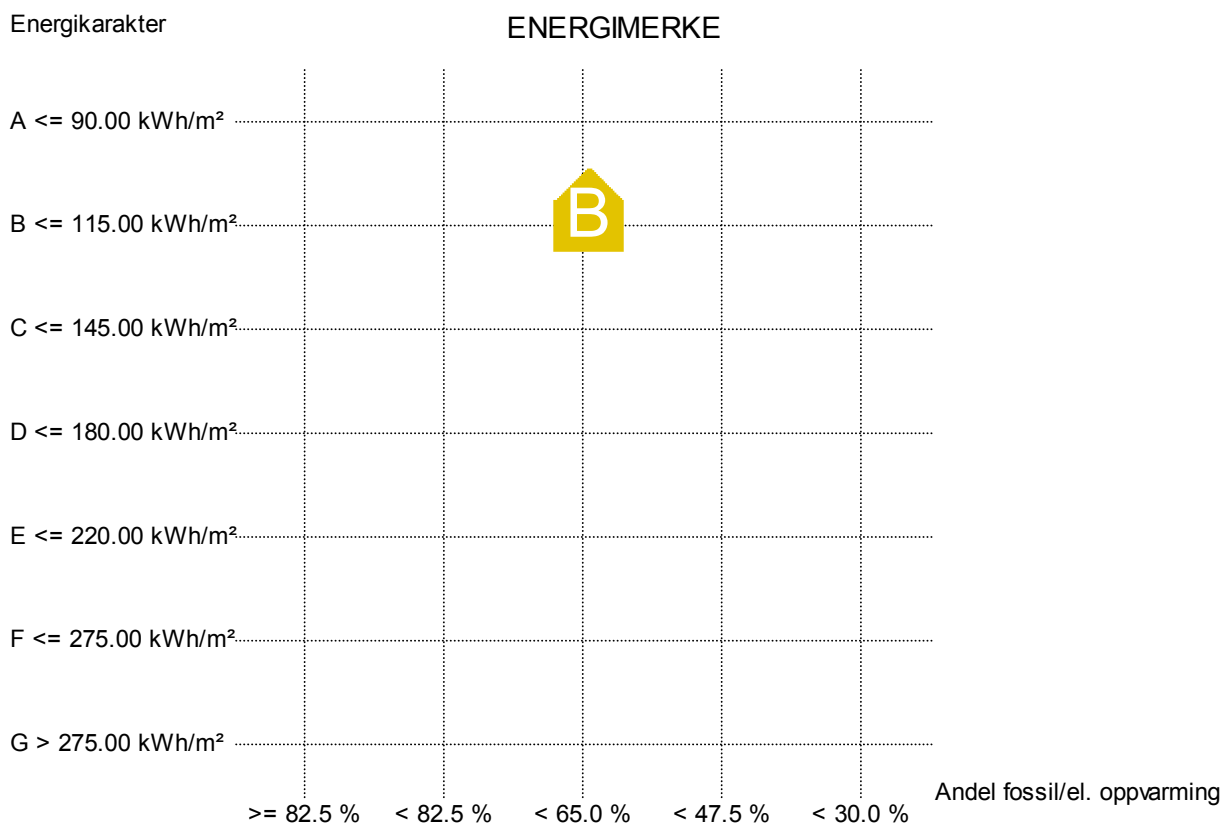


Ved å sette lekkasjetallet til  $1,0 \text{ h}^{-1}$ , tilfredsstiller brannstasjonen kravene i TEK 16. Som vist i figur 19, er totalt energibehov redusert fra  $120,0 \text{ kWh/m}^2$  til  $114,6 \text{ kWh/m}^2$ .

Minstekrav (§14-3)		
Beskrivelse	Verdi	Krav
U-verdi yttervegger [ $\text{W/m}^2\text{K}$ ]	0,13	0,22
U-verdi tak [ $\text{W/m}^2\text{K}$ ]	0,12	0,18
U-verdi gulv mot grunn og mot det fri [ $\text{W/m}^2\text{K}$ ]	0,10	0,18
U-verdi glass/vinduer/dører [ $\text{W/m}^2\text{K}$ ]	0,88	1,20
Lekkasjetall (lufttetthet ved 50 Pa trykkforskjell) [luftvekslinger pr time]	1,00	1,50

Figur 20: Minstekrav ved evaluering mot TEK 16 etter tiltak.

Figur 21 viser energimerket med energikarakter og oppvarmingskarakter fra SIMIEN. Simuleringen mot TEK 16 gir energikarakteren B, og en gul oppvarmingskarakter. Gul oppvarmingskarakter gis siden andel elektrisitet til oppvarming er 47,8 %.



Beregnet levert energi normalisert klima:  $93.77 \text{ kWh/m}^2$   
 Sum andel el/olje/gass av netto oppvarmingsbehov: 47.8 %

Figur 21: Energimerke TEK 16.

### 7.3 Evaluering mot lavenergi standard (NS 3701)

Det er det den godkjente evalueringen mot TEK 16 som legges til grunn for videre energiberegninger for å oppnå lavenergi standard. Ved evaluering mot NS 3701 er det fire punkter som må tilfredsstilles; varmetapsramme, energiytelse, minstekrav og luftmengder.

Som figur 22 viser, tilfredsstillers ikke brannstasjonen alle kravene til lavenergi standard.

Resultater av evalueringen	
Evaluerings mot NS 3701	Beskrivelse
Varmetapsramme	Bygningen tilfredsstillers kravet for varmetapstall
Energiytelse	Bygningen tilfredsstillers ikke krav til energiytelse
Minstekrav	Bygningen tilfredsstillers minstekrav til enkeltkomponenter
Luftmengder ventilasjon	Luftmengdene tilfredsstillers minstekrav gitt i NS3701 (tabell A.2)
Samlet evaluering	Bygningen tilfredsstillers ikke alle krav til lavenergi hus

Figur 22: Resultat fra evaluering mot lavenergi standard.

Varmetapsrammen og minstekrav til komponenter tilfredsstillers kravene i NS 3701, det er krav til energiytelse som bidrar til at den samlede evalueringen ikke tilfredsstillers. Det er energibehovet for oppvarming som ligger over minstekravet.

Selv om både varmetapsbudsjett og minstekrav er tilfredsstillende, vil det være nødvendig å forbedre dem ytterligere for å få redusert netto oppvarmingsbehov.

Varmetapsbudsjett	
Beskrivelse	Verdi
Varmetapstall yttervegger	0,12
Varmetapstall tak	0,05
Varmetapstall gulv på grunn/mot det fri	0,06
Varmetapstall glass/vinduer/dører	0,09
Varmetapstall kuldebroer	0,05
Varmetapstall infiltrasjon	0,11
Totalt varmetapstall	0,48
Krav varmetapstall	0,50

Figur 23: Varmetapsbudsjett lavenergi standard.

Verdien for netto oppvarmingsbehov er 60,9 kWh/m<sup>2</sup>, mens kravet er 47,4 kWh/m<sup>2</sup>.

Energiytelse		
Beskrivelse	Verdi	Krav
Netto oppvarmingsbehov	60,9 kWh/m <sup>2</sup>	47,3 kWh/m <sup>2</sup>
Netto kjølebehov	0,4 kWh/m <sup>2</sup>	7,3 kWh/m <sup>2</sup>
Gjennomsnittlig effektbehov belysning	4,0 W/m <sup>2</sup>	4,0 W/m <sup>2</sup>

Figur 24: Energiytelse lavenergi standard.

Minstekrav enkeltkomponenter		
Beskrivelse	Verdi	Krav
U-verdi glass/vinduer/dører [W/m <sup>2</sup> K]	0,88	1,20
Normalisert kuldebroverdi [W/m <sup>2</sup> K]	0,05	0,05
Årsmidlere temperaturvirkningsgrad varmegjenvinner ventilasjon [%]	83	70
Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m <sup>3</sup> /s]:	1,40	2,00
Lekkasjetall (lufttetthet ved 50 Pa trykkforskjell) [luftvekslinger pr time]	1,00	1,50

Figur 25: Minstekrav til komponenter, lavenergistandard.

Som energibudsjettet viser, er energibehovet til romoppvarming og ventilasjonsvarme noe høyt. Ved å redusere varmetapstallet og forbedre verdier for tekniske komponenter kan energibehovet reduseres.

Energibudsjett (NS 3701)		
Energipost	Energibehov	Spesifikt energibehov
1a Romoppvarming	142198 kWh	43,7 kWh/m <sup>2</sup>
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	56272 kWh	17,3 kWh/m <sup>2</sup>
2 Varmtvann (tappevann)	16318 kWh	5,0 kWh/m <sup>2</sup>
3a Vifter	41922 kWh	12,9 kWh/m <sup>2</sup>
3b Pumper	4715 kWh	1,4 kWh/m <sup>2</sup>
4 Belysning	40797 kWh	12,5 kWh/m <sup>2</sup>
5 Teknisk utstyr	61192 kWh	18,8 kWh/m <sup>2</sup>
6a Romkjøling	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	1269 kWh	0,4 kWh/m <sup>2</sup>
Totalt netto energibehov, sum 1-6	364683 kWh	112,0 kWh/m <sup>2</sup>

Figur 26: Energibudsjett lavenergistandard.

## 7.4 Tiltak for å oppnå lavenergistandard

For at brannstasjonen skal tilfredsstillere kravene i NS 3701, er det enkelte tiltak som må gjøres for å redusere energibehovet for oppvarming. Følgende tiltak utføres for at brannstasjonen skal tilfredsstillere energikravene:

- Gulv på grunn: Øke isolasjonstykkelsen fra 200 mm til 300 mm
- Gulv mot friluft: Øke isolasjonstykkelsen fra 250 mm til 350 mm
- Varmegjenvinner: Øke temperaturvirkningsgrad fra 83 % til 86 % (sone 1 og sone 6 økes til 85 %)
- Lekkasjetall: Nedjusteres fra 1,0 h<sup>-1</sup> til 0,6 h<sup>-1</sup>
- Normalisert kuldebroverdi: Nedjusteres fra 0,05 W/(m<sup>2</sup>K) til 0,03 W/(m<sup>2</sup>K)
- Luftfrekvens: Reduseres med 15 % årlig for porter på 4m \* 4m, dvs. at luftfrekvensen reduseres fra 10 % til 5 % for Juni, Juli og August

Ved å gjennomføre tiltakene ovenfor vil brannstasjonen tilfredsstillere lavenergistandard.

Resultater av evalueringen		
Evaluering mot NS 3701		Beskrivelse
Varmetapsramme		Bygningen tilfredstiller kravet for varmetapstall
Energiytelse		Bygningen tilfredstiller krav til energiytelse
Minstekrav		Bygningen tilfredstiller minstekrav til enkeltkomponenter
Luftmengder ventilasjon		Luftmengdene tilfredstiller minstekrav gitt i NS3701 (tabell A.2)
Samlet evaluering		Bygningen tilfredstiller alle krav til lavenergihus

Figur 27: Resultat fra evaluering mot lavenergistandard etter gjennomførte tiltak.

Figur 28 viser at det totale varmetapstallet er redusert fra 0,48 til 0,41 etter at tiltakene er lagt til i beregningene. Det gir et varmetapstall som er godt under kravet på 0,50.

Varmetapsbudsjett		
Beskrivelse		Verdi
Varmetapstall yttervegger		0,12
Varmetapstall tak		0,05
Varmetapstall gulv på grunn/mot det fri		0,05
Varmetapstall glass/vinduer/dører		0,09
Varmetapstall kuldebroer		0,03
Varmetapstall infiltrasjon		0,07
Totalt varmetapstall		0,41
Krav varmetapstall		0,50

Figur 28: Varmetapsbudsjett lavenergistandard etter gjennomførte tiltak.

Etter tiltak er utført er energibehovet til oppvarming redusert fra 60,9 kWh/m<sup>2</sup> til 46,9 kWh/m<sup>2</sup>. Det tilfredstiller kravet til netto oppvarmingsbehov som er 47,3 kWh/m<sup>2</sup>.

Energiytelse			
Beskrivelse		Verdi	Krav
Netto oppvarmingsbehov		46,9 kWh/m <sup>2</sup>	47,3 kWh/m <sup>2</sup>
Netto kjølebehov		0,4 kWh/m <sup>2</sup>	7,3 kWh/m <sup>2</sup>
Gjennomsnittlig effektbehov belysning		4,0 W/m <sup>2</sup>	4,0 W/m <sup>2</sup>

Figur 29: Energiytelse lavenergistandard etter gjennomførte tiltak.

Figur 30 viser de avgjørende verdiene for at brannstasjonen nå tilfredstiller lavenergistandard. Normalisert kuldebroverdi og lekkasjetall er redusert til samme verdier som passivhusstandard krever, og temperaturvirkningsgrad for varmegjenvinner er økt fra 83 % til 86 %.

Minstekrav enkeltkomponenter			
Beskrivelse		Verdi	Krav
U-verdi glass/vinduer/dører [W/m <sup>2</sup> K]		0,88	1,20
Normalisert kuldebroverdi [W/m <sup>2</sup> K]		0,03	0,05
Årsmidlere temperaturvirkningsgrad varmegjenvinner ventilasjon [%]		86	70
Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m <sup>3</sup> /s]:		1,40	2,00
Lekkasjetall (lufttetthet ved 50 Pa trykkforskjell) [luftvekslinger pr time]		0,60	1,50

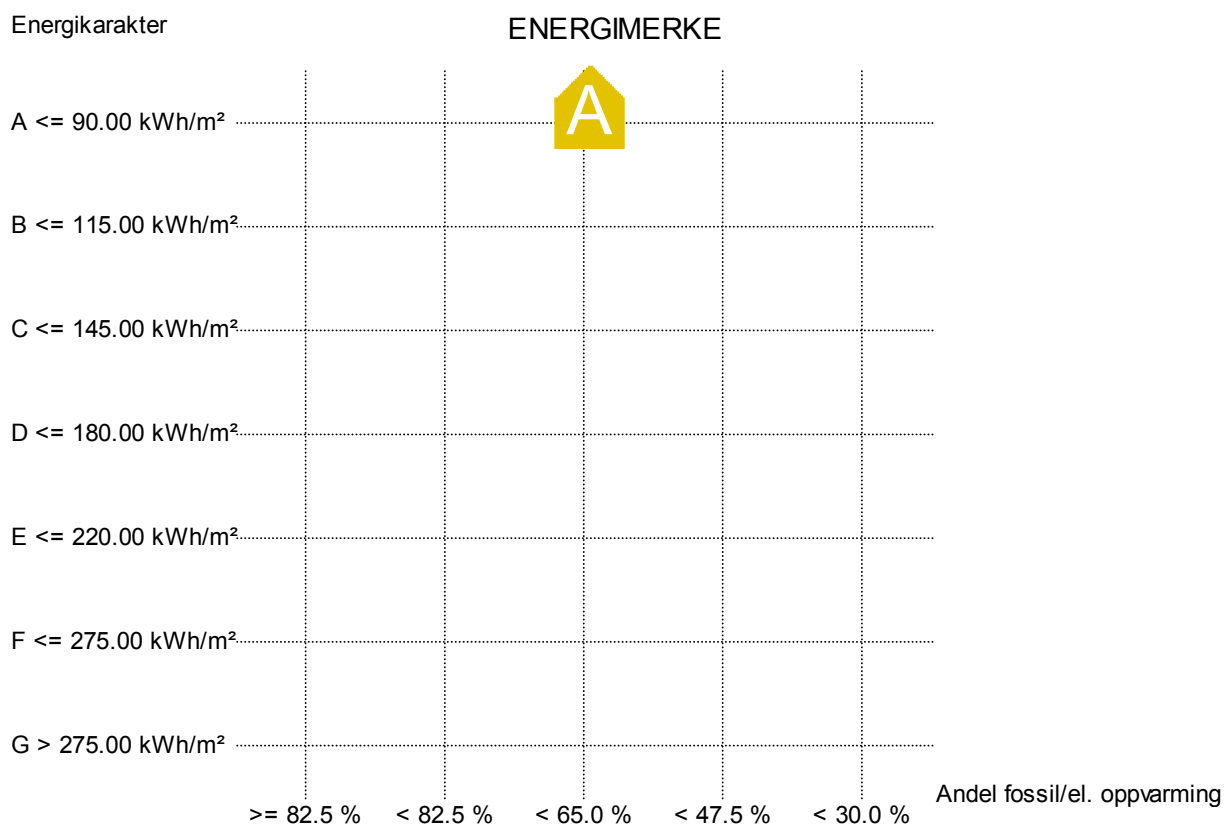
Figur 30: Minstekrav til enkeltkomponenter etter gjennomførte tiltak.

Som figur 31 viser, er energibehovet til romoppvarming redusert fra 43,7 kWh/m<sup>2</sup> til 35,0 kWh/m<sup>2</sup>, mens energibehovet til ventilasjonsvarme er redusert fra 17,3 kWh/m<sup>2</sup> til 11,9 kWh/m<sup>2</sup>. Dette gir et totalt netto energibehov på 97,9 kWh/m<sup>2</sup>.

Energibudsjett (NS 3701)			
Energipost	Energibehov	Spesifikt energibehov	
1a Romoppvarming	114081 kWh	35,0 kWh/m <sup>2</sup>	
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	38649 kWh	11,9 kWh/m <sup>2</sup>	
2 Varmtvann (tappevann)	16318 kWh	5,0 kWh/m <sup>2</sup>	
3a Vifter	41942 kWh	12,9 kWh/m <sup>2</sup>	
3b Pumper	4590 kWh	1,4 kWh/m <sup>2</sup>	
4 Belysning	40797 kWh	12,5 kWh/m <sup>2</sup>	
5 Teknisk utstyr	61192 kWh	18,8 kWh/m <sup>2</sup>	
6a Romkjøling	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>	
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	1282 kWh	0,4 kWh/m <sup>2</sup>	
Totalt netto energibehov, sum 1-6	318853 kWh	97,9 kWh/m <sup>2</sup>	

Figur 31: Energibudsjett etter gjennomførte tiltak.

Figur 32 viser energimerket med energikarakter og oppvarmingskarakter fra SIMIEN. Simuleringen mot NS 3701 gir energikarakteren A, og en gul oppvarmingskarakter.



Beregnet levert energi normalisert klima: 89.08 kWh/m<sup>2</sup>  
 Sum andel el/olje/gass av netto oppvarmingsbehov: 48.4 %

Figur 32: Energimerke lavenergi standard.

## 7.5 Evaluering mot passivhusstandard for mannskapsdel

Ved evaluering mot passivhusstandard benyttes den godkjente evalueringen mot lavenergistandard. Energiberegningen utføres ved å simulere kun mannskapsdelen (sone 8) av bygningen. Ved simulering av mannskapsdelen, er det sett bort fra resten av bygningen, og simuleringen vil kun kunne gjelde som en del av evalueringen mot lavenergistandard.

Siden det ble utført forbedringer for både bygningskroppen og tekniske komponenter ved tiltak for å oppnå lavenergistandard, tilfredsstiller disse også kravene til passivhusstandard. Normalisert kuldebroverdi og lekkasjetall ble utbedret til passivhusstandard, i tillegg er temperaturvirkningsgraden til varmegjenvinneren allerede over 80 %, som er minstekravet.

Som figur 33 viser, tilfredsstiller bygningen passivhusstandard. Det er viktig å merke seg at evalueringen kun gjelder som en del av bygningen, og ikke som en selvstendig enhet av bygningen.

Resultater av evalueringen	
Evaluering mot NS 3701	Beskrivelse
Varmetapsramme	Bygningen tilfredsstiller kravet for varmetapstall
Energiytelse	Bygningen tilfredsstiller krav til energiytelse
Minstekrav	Bygningen tilfredsstiller minstekrav til enkeltkomponenter
Luftmengder ventilasjon	Luftmengdene tilfredsstiller minstekrav gitt i NS3701 (tabell A.2)
Samlet evaluering	Bygningen tilfredsstiller alle krav til passivhus

Figur 33: Resultat fra evaluering mot passivhusstandard.

Varmetapstallet for mannskapsdelen er 0,35, godt under kravet på 0,44. En årsak til at det totale varmetapstallet er så godt, er at gulv og deler av veggene i mannskapsdelen er mot andre oppvarmede soner.

Varmetapsbudsjett	
Beskrivelse	Verdi
Varmetapstall yttervegger	0,07
Varmetapstall tak	0,13
Varmetapstall gulv på grunn/mot det fri	0,00
Varmetapstall glass/vinduer/dører	0,07
Varmetapstall kuldebroer	0,03
Varmetapstall infiltrasjon	0,05
Totalt varmetapstall	0,35
Krav varmetapstall	0,44

Figur 34: Varmetapsbudsjett passivhusstandard.

Netto oppvarmingsbehov er beregnet til 29,2 kWh/m<sup>2</sup>, som er tilfredsstillende mot kravet som er 33,4 kWh/m<sup>2</sup>.

Energiytelse		
Beskrivelse	Verdi	Krav
Netto oppvarmingsbehov	29,2 kWh/m <sup>2</sup>	33,4 kWh/m <sup>2</sup>
Netto kjølebehov	0,6 kWh/m <sup>2</sup>	4,9 kWh/m <sup>2</sup>
Gjennomsnittlig effektbehov belysning	4,0 W/m <sup>2</sup>	4,0 W/m <sup>2</sup>

Figur 35: Energiytelse passivhusstandard.

Alle krav til komponenter er tilfredsstillende. Temperaturvirkningsgraden til varmegjenvinneren er satt til 85 %, og den totale u-verdien for vinduer og dører i mannskapsdelen er 0,69 W/m<sup>2</sup>K. Ved evaluering mot lavenergi standard var den totale u-verdien for vinduer, porter og dører 0,88 W/m<sup>2</sup>K. Årsaken til at den totale u-verdien er lavere for mannskapsdelen, er at kun mannskapsdelen er evaluert. Siden mannskapsdelen ikke har noen porter, men kun vinduer og dører med gode u-verdier, blir den totale u-verdien redusert til 0,69 W/m<sup>2</sup>K.

Minstekrav enkeltkomponenter		
Beskrivelse	Verdi	Krav
U-verdi glass/vinduer/dører [W/m <sup>2</sup> K]	0,69	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]:	1,40	1,50
Lekkasjetall (lufttetthet ved 50 Pa trykkforskjell) [luftvekslinger pr time]	0,60	0,60

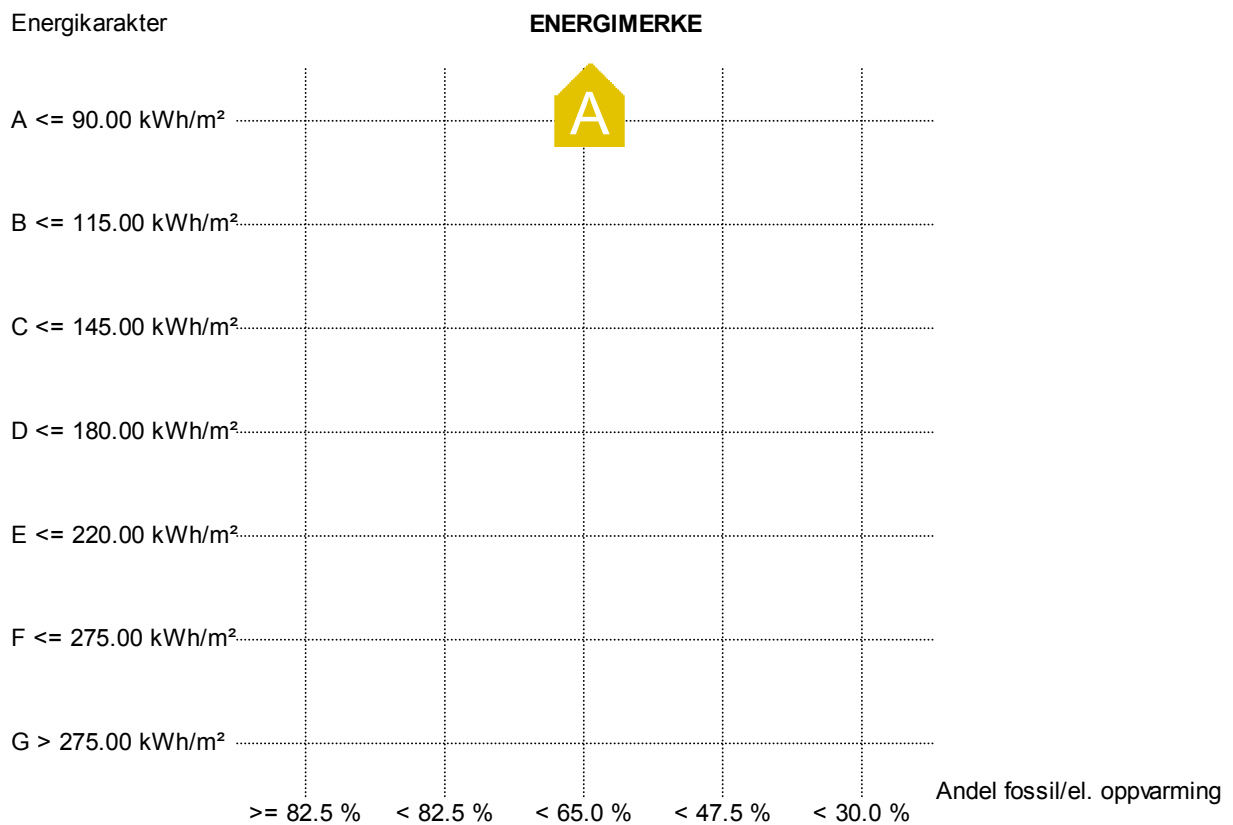
Figur 36: Minstekrav til enkeltkomponenter, passivhusstandard.

Det totale netto energibehovet for mannskapsdelen er 79,4 kWh/m<sup>2</sup>.

Energibudsjett (NS 3701)		
Energipost	Energibehov	Spesifikt energibehov
1a Romoppvarming	11960 kWh	19,7 kWh/m <sup>2</sup>
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	5773 kWh	9,5 kWh/m <sup>2</sup>
2 Varmtvann (tappevann)	3046 kWh	5,0 kWh/m <sup>2</sup>
3a Vifter	7218 kWh	11,9 kWh/m <sup>2</sup>
3b Pumper	850 kWh	1,4 kWh/m <sup>2</sup>
4 Belysning	7617 kWh	12,5 kWh/m <sup>2</sup>
5 Teknisk utstyr	11426 kWh	18,8 kWh/m <sup>2</sup>
6a Romkjøling	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
6b Ventilasjonkjøling (kjølebatterier)	369 kWh	0,6 kWh/m <sup>2</sup>
Totalt netto energibehov, sum 1-6	48258 kWh	79,4 kWh/m <sup>2</sup>

Figur 37: Energibudsjett, passivhusstandard.

Figur 38 viser energimerket med energikarakter og oppvarmingskarakter fra SIMIEN. Simuleringen mot passivhusstandard gir energikarakteren A, og en gul oppvarmingskarakter. Ved å redusere andel elektrisitet, og erstatte det med en fornybar energikilde, vil energimerket kunne få en grønn oppvarmingskarakter.



Beregnet levert energi normalisert klima: 86.44 kWh/m<sup>2</sup>  
Sum andel el/olje/gass av netto oppvarmingsbehov: 49.1 %

Figur 38: Energimerke passivhusstandard.



## 8 Oppsummering og diskusjon

I dette kapittelet vil det blir gitt en oppsummering og diskusjon av resultatene fra energiberegningene. I tillegg vil det vurderes usikkerhetsmomenter ved beregningene, og mulige anbefalinger for å kunne løse disse.

Energiberegningene viser at antakelsene som ble tatt i forbindelse med valg av inndata for bygningskropp og tekniske komponenter var riktig. Det ble antatt at få tiltak va nødvendig for å tilfredsstillere kravene i TEK 16, og at det måtte gjøres tiltak på både bygningskropp og tekniske komponenter for å tilfredsstillere kravene i NS 3701. Krav til normalisert kuldebroverdi og lekkasjetall måtte forbedres til å tilfredsstillere minstekravene i passivhusstandarden, mens minstekrav til varmegjenvinner og SFP-faktor allerede var tilfredsstillende ved valgt inndata.

Det kan vurderes om mannskapsdelen (sone 8) i brannstasjonen bør simuleres etter en annen bygningskategori enn kontorbygning, eksempelvis hotellbygning eller boligblokk. Dette bør vurderes siden mannskapsdelen er bemannet hele døgnet, både til opphold og overnatting. Spesielt siden personellet overnatter i denne mannskapsdelen, bør det vurderes nærmere om det er nødvendig å simulere etter en annen bygningskategori.

Narvik brannstasjon har en kompakt og enkel bygningsform, som er en god forutsetning for å kunne oppnå en normalisert kuldebroverdi på  $0,03 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ . Det vil likevel kreve konstruksjonsløsninger som er gode, og gjennomføringer gjennom klimaskjermen bør reduseres mest mulig. Når gjennomføringer ikke kan unngås, må de isoleres godt for å unngå varmetap [14].

Luftmengdene benyttet i energiberegningene er beregnede luftmengder ut fra kravene i NS 3031. Ved behovsstyrt ventilasjon i rom/soner, kan energiberegningene utføres med 20 % redusert luftmengde i forhold til VAV-ventilasjon [17]. Det er ikke tatt hensyn til eventuelle reduksjoner av luftmengder i beregningene. Det er heller ikke tatt hensyn til eventuelle behov for ekstra luftmengder i enkelte rom/soner.

Det er benyttet en settpunkttemperatur på  $18 \text{ }^\circ\text{C}$  i vognhallen ved energiberegningene. Det kan vurderes om temperaturen kan senkes ytterligere, ved å undersøke ønsket behov fra brukerne av vognhallen. Hvis temperaturen kan senkes ytterligere, vil det ha stor betydning på resultatene fra energiberegningene.

Det anbefales å installere snøsmelteanlegg utenfor porter i vognhall og garasjer for å unngå problemer med is/snø på vinteren.

### 8.1 Oppsummering av energiberegninger

Valg av bygningskropp og egenskapene til de tekniske komponentene er årsaken til at få tiltak var nødvendig for at brannstasjonen skulle tilfredsstillere energikravene i TEK 16. Bygningskroppen ble planlagt med u-verdier gode nok til å skulle tilfredsstillere kravene for å oppnå lavenergi standard. Valg av verdier for tekniske komponenter ble planlagt etter kravene i TEK 16, da den stiller strengere krav til tekniske komponenter enn hva lavenergi standarden gjør. Ved å forbedre lekkasjetallet fra  $1,5 \text{ h}^{-1}$  til  $1,0 \text{ h}^{-1}$  ble evalueringen mot TEK 16 godkjent.

Ved evaluering mot lavenergistandard måtte flere tiltak utføres. De aktuelle tiltakene ble utført i henhold til kyotopyramiden, hvor det først er gjort forbedringer på bygningskroppen for å redusere varmetapet, og deretter er gjort forbedringer på tekniske komponenter. Isolasjonstykkelser på gulv, forbedring av lekkasjetall og forbedring av normalisert kuldebroverdi ble forbedret for bygningskroppen. For varmegjenvinner ble virkningsgraden forbedret fra 83 % til 86 %. I tillegg til disse tiltakene, ble det gjort en nedjustering av luftfrekvensen til portene, med 5 % reduksjon for Juni, Juli og August.

Siden det ble utført forbedringer for både bygningskroppen og tekniske komponenter ved tiltak for å oppnå lavenergistandard, tilfredsstillende disse også kravene til passivhusstandard ved evaluering av mannskapsdelen. Normalisert kuldebroverdi og lekkasjetall ble utbedret til passivhusstandard, og siden mannskapsdelen evalueres som en selvstendig enhet av brannstasjonen, vil u-verdien for vinduer og dører være tilfredsstillende. Det er viktig å merke seg at evalueringen for mannskapsdelen kun gjelder som en del av bygningen, og ikke som en selvstendig enhet av bygningen.

Det er mulig å gjøre andre tiltak enn de som er valgt ved energiberegningene. Eksempelvis vil det være mulig å lage en mesanin i vognhallen for å øke gulvarealet. En mesanin på 120 m<sup>2</sup> vil redusere netto oppvarmingsbehov med 1,3 kWh/m<sup>2</sup>.

## 8.2 Usikkerhetsmomenter

Noen av tiltakene som ble utført for at brannstasjonen skulle tilfredsstillende kravene i både TEK 16 og NS 3701 er teoretisk realistisk, men er i praksis mer krevende. Andre tiltak og fastsatte verdier i SIMIEN antas som usikre, men er en forutsetning for at energiberegningene skal være gjeldende. Følgende verdier anses som usikre:

- Verdiene for luftfrekvensen til portene som er beregnet anses som høyst usikre, spesielt i kalde måneder der det antas at portene lukkes etter inn- og utkjøring. For sommermånedene antas det at portene kan bli stående åpne på dager med høy utetemperatur eller ved bilvask. Det antas likevel ikke at alle portene i vognhallen blir stående åpne samtidig.
- Det forutsettes en settpunkttemperatur på 18 °C i vognhallen. Det kan være nødvendig å montere aerotempere i vognhallen for å kunne heve temperaturen på en hurtig måte etter åpning av portene [37].
- Ved evaluering mot både lavenergi- og passivhusstandard er lekkasjetallet satt til 0,6 h<sup>-1</sup>. Dette krever at man har fokus på tetting i byggefasen, og gjennomfører lufttetthetsmålinger for å kontrollere at man oppnår god lufttetting av bygningen [26].
- Virkningsgrad for varmegjenvinner er beregnet med verdier fra 83 % til 86 %. Selv om de forskjellige varmegjenvinnerne beskrevet i kapittel 4.3 kan levere disse virkningsgradene, er dette teoretiske verdier. En vurdering bør utføres ved valg av type varmegjenvinner, for å oppnå en så god løsning som mulig.

- Det er ikke tatt hensyn til potensielle interne varmetilskudd som kan forekomme i enkelte rom i brannstasjonen.
- Det kan være nødvendig å montere utvendig solskjerming på solutsatte fasader for å ivareta et godt inn klima.
- Hvis det eksisterer fjernvarmeanlegg i et område det planlegges et nybygg, kan det være tilknytningspliktig å benytte fjernvarme som energikilde. Fjernvarme regnes som fornybar energi, og kan stå for 100 % av både oppvarming av tappevann og romoppvarming [23].
- Alle energiberegninger er på bakgrunn av arealberegninger med digitalt måleverktøy i Adobe Reader, ettersom alle tegninger var i pdf-format og ikke var målsatt.

## 9 Konklusjon

Denne rapporten har studert hvordan nye Narvik brannstasjon kan tilfredsstillere energikravene i teknisk forskrift, TEK 16 og lavenergi standarden NS 3701. Gjennom mulighetsstudiet, innhenting av dokumentasjon og energiberegninger i SIMIEN ble det funnet mulige løsninger for å tilfredsstillere kravene. Etter mulighetsstudiet var gjennomført ble det klart hvilke løsninger som var nødvendig for energikilder, bygningskropp og tekniske systemer. Valg av bygningsdelenes u-verdi og tekniske komponenters egenskaper som var betydelig bedre enn minstekravene ga et godt utgangspunkt for energiberegningene.

Resultatene fra energiberegningene har vist at med et godt utgangspunkt trengte kun lekkasjetallet å nedjusteres fra  $1,5 \text{ h}^{-1}$  til  $1,0 \text{ h}^{-1}$  for at brannstasjonen skulle tilfredsstillere kravene i TEK 16. Energibehovet ble redusert så mye ved dette tiltaket at energirammen ble tilfredsstillt. Resultatene fra evaluering mot lavenergi standard krevde flere tiltak for å oppfylle kravet til netto oppvarmingsbehov. Det ble utført både forbedringer på bygningskroppen og tekniske komponenter, selv om både krav til enkeltkomponenter og varmetapstall var tilfredsstillt. Tiltakene som ble utført for å tilfredsstillere lavenergi standard var gode nok til å tilfredsstillere kravene i passivhusstandard også. Derfor var ingen ytterligere tiltak nødvendig ved energiberegning av mannskapsdelen. Evalueringen av mannskapsdelen er kun gjeldende som en sone i brannstasjonen, ikke som en selvstendig enhet.

De enkelttiltakene som gir best utslag på energiberegningene er forbedring av lekkasjetall, normalisert kuldebroverdi og virkningsgrad for varmegjenvinner. For å oppnå et så lavt lekkasjetall kreves stor fokus på tetting i byggefasen. Lufttetthetsmålinger er den eneste metoden for å kontrollere at man oppnår god lufttetting av bygningen. For at brannstasjonen skal kunne tilfredsstillere lavenergi standard er tiltakene som er utført avgjørende, men andre tiltak kan også benyttes.

## **10 Videre arbeid**

Denne rapporten har tatt for seg løsninger og energiberegninger på forprosjektnivå. Det er likevel mulig å velge andre løsninger for å tilfredsstille kravene i NS 3701, dersom de valgte løsningene av praktiske eller økonomiske årsaker ikke kan benyttes.

Videre arbeid med grunnlag i denne rapporten er neste steg i planleggingsprosessen; detaljprosjektering. Detaljprosjekteringen skal utvikle tilstrekkelig detaljert og kvalitetssikret arbeidsgrunnlag slik at sikker og rett utførelse er mulig [38].

## 11 Referanseliste

- [1] SINTEF, NTNU. Enøk i bygninger: effektiv energibruk. 3. utgave, 2. opplag. Trondheim: Gyldendal Norsk Forlag AS; 2014. 476 s.
- [2] nve.no. Energibruk i Norge. [Internett]. Oslo: Norges vassdrags- og energidirektorat; 08.06.2016 [hentet 02.02.2017]. Tilgjengelig fra:  
<https://www.nve.no/energibruk-og-effektivisering/energibruk-i-norge/>
- [3] dibk.no. Byggeteknisk forskrift (TEK 10), kapittel 14 Energi. [Internett]. Oslo: Direktoratet for byggkvalitet, 01.01.2016. [hentet 12.01.2017]. Tilgjengelig fra:  
<https://dibk.no/byggeregler/tek/3/14/innledning/>
- [4] Olsson N. Praktisk rapportskrivning, Trondheim: Tapir akademiske forlag; 2011. 76 s.
- [5] byggforsk.no. Byggebestemmelser 1924-1996. Krav til utførelse. [Internett]. Sintef byggforsk 614.016, April 2017. [hentet 12.01.2017]. Tilgjengelig fra:  
<http://bks.byggforsk.no/DocumentView.aspx?sectionId=2&documentId=1542>
- [6] dibk.no. Forskrift til supplering av lov om bygningsvesenet av 22. februar 1924. [Internett]. Oslo: Direktoratet for byggkvalitet, 06.10.1924. [hentet 12.01.2017]. Tilgjengelig fra:  
[https://dibk.no/globalassets/byggeregler/tidligere\\_regelverk/historisk-arkiv-1949---1987/forskrift-om-materialer-og-konstruksjoner.pdf](https://dibk.no/globalassets/byggeregler/tidligere_regelverk/historisk-arkiv-1949---1987/forskrift-om-materialer-og-konstruksjoner.pdf)
- [7] dibk.no. Byggeforskrift av 15. desember 1949, bind 1. [Internett]. Oslo: Direktoratet for byggkvalitet, 15.12.1949. [hentet 12.01.2017]. Tilgjengelig fra:  
[https://dibk.no/globalassets/byggeregler/tidligere\\_regelverk/historisk-arkiv-1949---1987/byggeforskrift-1949-bind-i.pdf](https://dibk.no/globalassets/byggeregler/tidligere_regelverk/historisk-arkiv-1949---1987/byggeforskrift-1949-bind-i.pdf)
- [8] dibk.no. Byggeforskrift 1969. [Internett]. Oslo: Direktoratet for byggkvalitet, 18.06.1965. [hentet 13.01.2017]. Tilgjengelig fra:  
[https://dibk.no/globalassets/byggeregler/tidligere\\_regelverk/historisk-arkiv-1949---1987/byggeforskrift-1969.pdf](https://dibk.no/globalassets/byggeregler/tidligere_regelverk/historisk-arkiv-1949---1987/byggeforskrift-1969.pdf)
- [9] dibk.no. Byggeforskrift 1987. [Internett]. Oslo: Direktoratet for byggkvalitet, 27.05.1987. [hentet 13.01.2017]. Tilgjengelig fra:  
[https://dibk.no/globalassets/byggeregler/tidligere\\_regelverk/historisk-arkiv-1949---1987/byggeforskrift-1987.pdf](https://dibk.no/globalassets/byggeregler/tidligere_regelverk/historisk-arkiv-1949---1987/byggeforskrift-1987.pdf)
- [10] dibk.no. Forskrift om krav til byggverk og produkter til byggverk. [Internett]. Oslo: Direktoratet for byggkvalitet, 22.01.1997. [hentet 18.01.2017]. Tilgjengelig fra:  
[https://dibk.no/globalassets/byggeregler/tidligere\\_regelverk/historisk-arkiv-1949---1987/forskrift-om-krav-til-byggverk.pdf](https://dibk.no/globalassets/byggeregler/tidligere_regelverk/historisk-arkiv-1949---1987/forskrift-om-krav-til-byggverk.pdf)
- [11] dibk.no. Tekniske forskrifter til plan- og bygningslover 1997. [Internett]. Oslo: Direktoratet for byggkvalitet, 26.01.2007. [hentet 18.01.2017]. Tilgjengelig fra:  
[https://dibk.no/globalassets/byggeregler/tidligere\\_regelverk/tekniske\\_forskrifter\\_2007\\_komp.pdf](https://dibk.no/globalassets/byggeregler/tidligere_regelverk/tekniske_forskrifter_2007_komp.pdf)

- [12] dibk.no. Veiledning om tekniske krav til byggverk, kapittel 14. Energi. [Internett]. Oslo: Direktoratet for byggkvalitet, 21.12.2015. [hentet 18.01.2017]. Tilgjengelig fra: [https://dibk.no/globalassets/endringshistorikk/byggteknisk-forskrift/kapittel-14-energi\\_byggteknisk-forskrift\\_2015.pdf](https://dibk.no/globalassets/endringshistorikk/byggteknisk-forskrift/kapittel-14-energi_byggteknisk-forskrift_2015.pdf)
- [13] Andresen I. Konsekvenser av nye energiregler – Hva betyr egentlig de foreslåtte energikravene [Elektronisk rapport]. 19.11.2015 [hentet 18.01.17]; 31 s. Tilgjengelig fra: <http://www.zeb.no/index.php/en/conference/item/743-konsekvenser-av-nye-energiregler-hva-betyr-egentlig-de-foreslatte-energikravene>
- [14] lavenergiprogrammet.no. [Internett]. Oslo: Lavenergiprogrammet. [hentet 19.01.2017]. Tilgjengelig fra: <http://lavenergiprogrammet.no/>
- [15] byggforsk.no. Energikrav til bygninger. Oversikt. [Internett]. Sintef byggforsk 473.101, Juni 2016. [hentet 18.01.2017]. Tilgjengelig fra: [https://www.byggforsk.no/dokument/5162/energikrav\\_til\\_bygninger\\_oversikt](https://www.byggforsk.no/dokument/5162/energikrav_til_bygninger_oversikt)
- [16] byggforsk.no. Krav til energieffektivitet ved energirammer (totalt netto energibehov). [Internett]. Sintef byggforsk, 471.024, Juni 2011. [hentet 18.01.2017]. Tilgjengelig fra: <http://bks.byggforsk.no/DocumentView.aspx?documentId=3332&sectionId=2>
- [17] Lavenergiprogrammet. Prosjektering av passivhus. 3. utgave, 4. opplag. Oslo: Zoom Grafisk; 2014. 222 s.
- [18] NS 3701. 2012. Norsk Standard 3701:2012 Kriterier for passivhus og lavenergibygninger. Yrkesbygninger. September 2012.
- [19] Zijdemans D. Vannbaserte oppvarmings- og kjølesystemer. 1. opplag. Oslo: Skarland Press AS; 2012. 456 s.
- [20] fjernvarme.no. [Internett]. Oslo: Norsk fjernvarme. [hentet 20.04.17]. Tilgjengelig fra: <http://www.fjernvarme.no/index.php?pageID=106&openLevel=10>
- [21] byggforsk.no. Vannbåret lavtemperatur golvvarmeanlegg med stor energifleksibilitet. [Internett]. Sintef byggforsk 552.122, Februar 2001. [hentet 23.01.2017]. Tilgjengelig fra: [https://www.byggforsk.no/dokument/2958/vannbaaret\\_lavtemperatur\\_golvvarmeanlegg\\_med\\_stor\\_energifleksibilitet](https://www.byggforsk.no/dokument/2958/vannbaaret_lavtemperatur_golvvarmeanlegg_med_stor_energifleksibilitet)
- [22] Bøhn T.I. Energirammer bygningskategorier. [Elektronisk rapport]. Oslo: Multiconsult AS; 13.11.2015. [hentet 23.01.2017]; 10 s. Tilgjengelig fra: <https://dibk.no/globalassets/energi/beregningsgrunnlag-for-nye-energirammer-i-tek-2015.pdf>
- [23] Ingebrigtsen S. Ventilasjonsteknikk Del 2. 1 opplag. Oslo: Skarland Press AS; 2016. 392 s.
- [24] Ingebrigtsen S. Ventilasjonsteknikk Del 1. 1 opplag. Oslo: Skarland Press AS; 2015. 503 s.

- [25] byggforsk.no. Omfordeling av varmetap ved fravik av krav til energiltak. [Internett]. Sintef byggforsk 471.023, Juni 2011. [hentet 20.01.2017]. Tilgjengelig fra: <http://bks.byggforsk.no/DocumentView.aspx?sectionId=2&documentId=3303>
- [26] byggforsk.no. Lufttetting av bygninger. Fremgangsmåte for å oppnå lavt lekkasjetall. [Internett]. Sintef byggforsk 520.401, Desember 2013. [hentet 26.01.2017]. Tilgjengelig fra: [https://www.byggforsk.no/dokument/4110/lufttetting\\_av\\_bygninger\\_framgangsmaate\\_for\\_aa\\_op\\_pnaa\\_lavt\\_lekkasjetall](https://www.byggforsk.no/dokument/4110/lufttetting_av_bygninger_framgangsmaate_for_aa_op_pnaa_lavt_lekkasjetall)
- [27] byggforsk.no. Generelt om passivhus. Valg og konsekvenser. [Internett]. Sintef byggforsk 473.010, Desember 2013. [hentet 20.01.2017]. Tilgjengelig fra: [https://www.byggforsk.no/dokument/4108/generelt\\_om\\_passivhus\\_valg\\_og\\_konsekvenser](https://www.byggforsk.no/dokument/4108/generelt_om_passivhus_valg_og_konsekvenser)
- [28] nordan.no. Dører for lavenergiboliger. [Internett]. Moi: NorDan AS. [hentet 27.03.17]. Tilgjengelig fra: <http://www.nordan.no/nordan/artikler/140-dorer-lavenergiboliger>
- [29] byggforsk.no. Kuldebroer. Konsekvenser og dokumentasjon av energibruk. [Internett]. Sintef byggforsk 471.015, Mai 2008. [hentet 26.04.2017]. Tilgjengelig fra: [https://www.byggforsk.no/dokument/213/kuldebroer\\_konsekvenser\\_og\\_dokumentasjon\\_av\\_ener\\_gibruk#i16](https://www.byggforsk.no/dokument/213/kuldebroer_konsekvenser_og_dokumentasjon_av_ener_gibruk#i16)
- [30] NS 3031. 2014. Norsk Standard 3031:2014 Beregning av bygningers energiytelse. Metode og data. Juli 2014.
- [31] byggforsk.no. Energieffektive bygninger. Begreper og definisjoner. [Internett]. Sintef byggforsk 473.003, Desember 2015. [hentet 18.01.2017]. Tilgjengelig fra: [https://www.byggforsk.no/dokument/4153/energieffektive\\_bygninger\\_begreper\\_og\\_definisjoner](https://www.byggforsk.no/dokument/4153/energieffektive_bygninger_begreper_og_definisjoner)
- [32] programbyggerne.no. Energimerking av bygninger. [Internett]. Skollenborg: ProgramByggerne ANS, 03.12.2015. [hentet 10.02.17]. Tilgjengelig fra: <http://www.programbyggerne.no/SIMIEN/energimerking>
- [33] energimerking.no. Energimerk ditt yrkesbygg. [Internett]. Enova SF. [hentet 10.02.17]. Tilgjengelig fra: <https://www.energimerking.no/no/energimerking-bygg/energimerking-av-bygg/>
- [34] paroc.no. Tekniske egenskaper for PAROC sandwichelementer. [Internett]. Oslo: Paroc Panel System AS. [hentet 03.02.17]. Tilgjengelig fra: <http://www.paroc.no/loesninger-og-produkter/loesninger/sandwichelementer/tekniske-egenskaper-for-paroc-sandwichelementer>
- [35] byggforsk.no. U-verdier. Tak. [Internett]. Sintef byggforsk 471.013, Mars 2003. [hentet 03.02.2017]. Tilgjengelig fra: [https://www.byggforsk.no/dokument/212/u-verdier\\_tak#i55](https://www.byggforsk.no/dokument/212/u-verdier_tak#i55)
- [36] byggforsk.no. Beregning av u-verdi og varmestrøm for konstruksjoner mot grunnen etter NS-EN ISO 13370. [Internett]. Sintef byggforsk 471.009, Mai 1999. [hentet 04.02.2017]. Tilgjengelig fra: [https://www.byggforsk.no/dokument/2623/beregning\\_av\\_u-verdi\\_og\\_varmestroem\\_for\\_konstruksjoner\\_mot\\_grunnen\\_etter\\_ns-en\\_iso\\_13370#i32](https://www.byggforsk.no/dokument/2623/beregning_av_u-verdi_og_varmestroem_for_konstruksjoner_mot_grunnen_etter_ns-en_iso_13370#i32)



- [37] abkklima.no. Aerotempere. [Internett]. Oslo: ABK AS. [hentet 26.04.17]. Tilgjengelig fra: <http://www.abkklima.no/produkter-og-tjenester/aerotempere/>
- [38] bygg21.no. «Neste steg» - Steg 4: Detaljprosjektering. [Internett]. Oslo: Direktoratet for byggkvalitet / Bygg21, 26.11.15. [hentet 26.04.17]. Tilgjengelig fra: <http://www.bygg21.no/no/artikler/nyheter/sammendrag---neste-steg/neste-steg---generell-oversikt/neste-steg---steg-1-strategisk-definisjon/neste-steg---steg-4-detaljprosjektering/>
- [39] tek17.no. Kyotopyramiden. [Internett]. Sarpsborg: Bolig Enøk AS. [hentet 24.04.17]. Tilgjengelig fra: <http://tek17.no/kyoto/>
- [40] ssb.no. Produksjon og forbruk av energi, energibalanse, 2014-2015, endelige tall. [Internett]. Oslo: Statistisk sentralbyrå, 18.10.16. [hentet 28.04.17]. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/energi-og-industri/statistikker/energibalanse>

## **12 Vedlegg**

Vedlegg A – Energiberegning TEK 16

Vedlegg B – Energiberegning lavenergistandard

Vedlegg C – Energiberegning passivhusstandard for mannskapsdel

Vedlegg D – Tegninger

Vedlegg F – Vitenskapelig artikkel; Lavenergi brannstasjon i Narvik

## **Vedlegg A**

A.1 – Evaluering mot TEK 16

A.2 – Evaluering mot TEK 16 med tiltak

A.3 – Energimerke TEK 16



# SIMIEN

## Evaluering TEK 16

Simuleringsnavn: Evaluering  
Tid/dato simulering: 08:28 30/3-2017  
Programversjon: 6.005  
Simuleringsansvarlig: Kenth L. Kvitvik  
Firma: Multiconsult AS  
Inndatafil: C:\Users\kilk\Desktop\Master\SIMIEN\Komplett\TEK16\Brannstasjon\_TEK16.smi  
Prosjekt: Narvik brannstasjon  
Sone: Alle soner

Resultater av evalueringen	
Evaluering av	Beskrivelse
Energiramme	Bygningen tilfredsstillter ikke energirammen ihht. §14-2 (1)
Minstekrav	Bygningen tilfredsstillter minstekravene i §14-3
Luftmengder ventilasjon	Luftmengdene tilfredsstillter minstekrav gitt i NS3031:2014 (tabell A.6)
Energiforsyning	Fossilt brensel benyttes ikke i oppvarmingsanlegget (§14-4)
Samlet evaluering	Bygningen tilfredsstillter ikke byggeforskriftenes energikrav

Energiramme (§14-2 (1), samlet netto energibehov)	
Beskrivelse	Verdi
1a Beregnet energibehov romoppvarming	23,6 kWh/m <sup>2</sup>
1b Beregnet energibehov ventilasjonsvarme (varmebatterier)	12,4 kWh/m <sup>2</sup>
2 Beregnet energibehov varmtvann (tappevann)	5,0 kWh/m <sup>2</sup>
3a Beregnet energibehov vifter	13,5 kWh/m <sup>2</sup>
3b Beregnet energibehov pumper	1,7 kWh/m <sup>2</sup>
4 Beregnet energibehov belysning	25,1 kWh/m <sup>2</sup>
5 Beregnet energibehov teknisk utstyr	34,5 kWh/m <sup>2</sup>
6a Beregnet energibehov romkjøling	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
6b Beregnet energibehov ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	4,2 kWh/m <sup>2</sup>
Totalt beregnet energibehov	120,0 kWh/m <sup>2</sup>
Forskriftskrav netto energibehov	115,0 kWh/m <sup>2</sup>

Minstekrav (§14-3)		
Beskrivelse	Verdi	Krav
U-verdi yttervegger [W/m <sup>2</sup> K]	0,13	0,22
U-verdi tak [W/m <sup>2</sup> K]	0,12	0,18
U-verdi gulv mot grunn og mot det fri [W/m <sup>2</sup> K]	0,10	0,18
U-verdi glass/vinduer/dører [W/m <sup>2</sup> K]	0,88	1,20
Lekkasjetall (lufttetthet ved 50 Pa trykkforskjell) [luftvekslinger pr time]	1,50	1,50



# SIMIEN

## Evaluering TEK 16

Simuleringsnavn: Evaluering

Tid/dato simulering: 08:28 30/3-2017

Programversjon: 6.005

Simuleringsansvarlig: Kenth L. Kvitvik

Firma: Multiconsult AS

Inndatafil: C:\Users\kilk\Desktop\Master\SIMIEN\Komplett\TEK16\Brannstasjon\_TEK16.smi

Prosjekt: Narvik brannstasjon

Sone: Alle soner

### Energiforsyning (§14-4 (1))

Beskrivelse	Verdi
Bruker fossilt brensel til oppvarming	Nei

### Krav til energifleksible varmeløsninger (§14-4 (2))

Bygning over 1000 m<sup>2</sup> oppvarmet bruksareal skal ha energifleksible varmesystemer og tilrettelegges for bruk av lavtemperatur varmeløsninger.

Dette er ikke en del av evaluering i SIMIEN og må derfor dokumenteres på annen måte.

### Energibudsjett reelle verdier (§14-2 (5))

Energipost	Energibehov	Spesifikt energibehov
1a Romoppvarming	30350 kWh	9,3 kWh/m <sup>2</sup>
1b Ventilasjonvarme (varmebatterier)	61504 kWh	18,9 kWh/m <sup>2</sup>
2 Varmtvann (tappevann)	13778 kWh	4,2 kWh/m <sup>2</sup>
3a Vifter	50452 kWh	15,5 kWh/m <sup>2</sup>
3b Pumper	3775 kWh	1,2 kWh/m <sup>2</sup>
4 Belysning	114108 kWh	35,0 kWh/m <sup>2</sup>
5 Teknisk utstyr	156886 kWh	48,2 kWh/m <sup>2</sup>
6a Romkjøling	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
6b Ventilasjonkjøling (kjølebatterier)	1830 kWh	0,6 kWh/m <sup>2</sup>
Totalt netto energibehov, sum 1-6	432683 kWh	132,9 kWh/m <sup>2</sup>



# SIMIEN

## Evaluering TEK 16

Simuleringsnavn: Evaluering

Tid/dato simulering: 08:28 30/3-2017

Programversjon: 6.005

Simuleringsansvarlig: Kenth L. Kvitvik

Firma: Multiconsult AS

Inndatafil: C:\Users\kilk\Desktop\Master\SIMIEN\Komplett\TEK16\Brannstasjon\_TEK16.smi

Prosjekt: Narvik brannstasjon

Sone: Alle soner

Levert energi til bygningen (beregnet)		
Energivare	Levert energi	Spesifikk levert energi
1a Direkte el.	333615 kWh	102,5 kWh/m <sup>2</sup>
1b El. til varmepumpesystem	41264 kWh	12,7 kWh/m <sup>2</sup>
1c El. til solfangersystem	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	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
5 Biobrensel	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
6. Annen energikilde	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
7. Solstrøm til egenbruk	-0 kWh	-0,0 kWh/m <sup>2</sup>
Totalt levert energi, sum 1-7	374879 kWh	115,1 kWh/m <sup>2</sup>
Solstrøm til eksport	-0 kWh	-0,0 kWh/m <sup>2</sup>
Netto levert energi	374879 kWh	115,1 kWh/m <sup>2</sup>

Dokumentasjon av sentrale inndata (1)		
Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Areal yttervegger [m <sup>2</sup> ]:	3088	Tegninger
Areal tak [m <sup>2</sup> ]:	1466	Tegninger
Areal gulv [m <sup>2</sup> ]:	1809	Tegninger
Areal vinduer og ytterdører [m <sup>2</sup> ]:	313	Tegninger
Oppvarmet bruksareal (BRA) [m <sup>2</sup> ]:	3256	Tegninger
Oppvarmet luftvolum [m <sup>3</sup> ]:	15593	Tegninger
U-verdi yttervegger [W/m <sup>2</sup> K]	0,13	PAROC Sandwichelementer
U-verdi tak [W/m <sup>2</sup> K]	0,12	Kompakt tak
U-verdi gulv [W/m <sup>2</sup> K]	0,10	Iht. verdier i SIMIEN
U-verdi vinduer og ytterdører [W/m <sup>2</sup> K]	0,88	NorDan, Windsor
Areal vinduer og dører delt på bruksareal [%]	9,6	Beregnes fra tegningsgrunnlag
Normalisert kuldebroverdi [W/m <sup>2</sup> K]:	0,05	Forutsettes
Normalisert varmekapasitet [Wh/m <sup>2</sup> K]	109	
Lekkasjetall (n50) [1/h]:	1,50	Forutsettes
Temperaturvirkningsgr. varmegjenvinner [%]:	83	Forutsettes



# SIMIEN

## Evaluering TEK 16

Simuleringsnavn: Evaluering

Tid/dato simulering: 08:28 30/3-2017

Programversjon: 6.005

Simuleringsansvarlig: Kenth L. Kvitvik

Firma: Multiconsult AS

Inndatafil: C:\Users\kilk\Desktop\Master\SIMIEN\Komplett\TEK16\Brannstasjon\_TEK16.smi

Prosjekt: Narvik brannstasjon

Sone: Alle soner

### Dokumentasjon av sentrale inndata (2)

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Estimert virkningsgrad gjenvinner justert for frostsikring [%]:	83,0	Forutsettes
Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m <sup>3</sup> /s]:	1,40	Forutsettes
Luftmengde i driftstiden [m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> ]	7,61	NS 3031
Luftmengde utenfor driftstiden [m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> ]	2,45	NS 3031
Systemvirkningsgrad oppvarmingsanlegg:	2,05	
Installert effekt romoppv. og varmebatt. [W/m <sup>2</sup> ]:	50	NS 3031
Settpunkttemperatur for romoppvarming [°C]	20,0	NS 3031
Systemeffektfaktor kjøling:	2,50	
Settpunkttemperatur for romkjøling [°C]	22,0	
Installert effekt romkjøling og kjølebatt. [W/m <sup>2</sup> ]:	20	NS 3031
Spesifikk pumpeeffekt romoppvarming [kW/(l/s)]:	0,50	NS 3031
Spesifikk pumpeeffekt romkjøling [kW/(l/s)]:	0,00	NS 3031
Spesifikk pumpeeffekt varmebatteri [kW/(l/s)]:	0,50	NS 3031
Spesifikk pumpeeffekt kjølebatteri [kW/(l/s)]:	0,60	NS 3031
Driftstid oppvarming (timer)	12,0	NS 3031

### Dokumentasjon av sentrale inndata (3)

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Driftstid kjøling (timer)	24,0	
Driftstid ventilasjon (timer)	12,0	NS 3031
Driftstid belysning (timer)	12,0	NS 3031
Driftstid utstyr (timer)	12,0	NS 3031
Oppholdstid personer (timer)	12,0	NS 3031
Effektbehov belysning i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	8,00	NS 3031
Varmetilskudd belysning i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	8,00	NS 3031
Effektbehov utstyr i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	11,00	NS 3031
Varmetilskudd utstyr i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	11,00	NS 3031
Effektbehov varmtvann på driftsdager [W/m <sup>2</sup> ]	0,80	
Varmetilskudd varmtvann i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	0,00	
Varmetilskudd personer i oppholdstiden [W/m <sup>2</sup> ]	4,00	NS 3031
Total solfaktor for vindu og solskjerming:	0,46	
Gjennomsnittlig karmfaktor vinduer:	0,20	
Solskjermingsfaktor horisont/utspring (N/Ø/S/V):	1,00/1,00/1,00/1,00	



# SIMIEN

## Evaluering TEK 16

Simuleringsnavn: Evaluering

Tid/dato simulering: 08:28 30/3-2017

Programversjon: 6.005

Simuleringsansvarlig: Kenth L. Kvitvik

Firma: Multiconsult AS

Inndatafil: C:\Users\kilk\Desktop\Master\SIMIEN\Komplett\TEK16\Brannstasjon\_TEK16.smi

Prosjekt: Narvik brannstasjon

Sone: Alle soner

Inndata bygning	
Beskrivelse	Verdi
Bygningskategori	Kontorbygg
Simuleringsansvarlig	Kenth L. Kvitvik
Kommentar	





# SIMIEN

## Evaluering TEK 16

Simuleringsnavn: Evaluering  
Tid/dato simulering: 15:07 29/3-2017  
Programversjon: 6.005  
Simuleringsansvarlig: Kenth L. Kvitvik  
Firma: Multiconsult AS  
Inndatafil: C:\Users\kilk\Desktop\Master\SIMIEN\Komplett\Brannstasjon\_TEK16.smi  
Prosjekt: Narvik brannstasjon  
Sone: Alle soner

Resultater av evalueringen	
Evaluering av	Beskrivelse
Energiramme	Bygningen tilfredsstillter energirammen ihht. §14-2 (1)
Minstekrav	Bygningen tilfredsstillter minstekravene i §14-3
Luftmengder ventilasjon	Luftmengdene tilfredsstillter minstekrav gitt i NS3031:2014 (tabell A.6)
Energiforsyning	Fossilt brensel benyttes ikke i oppvarmingsanlegget (§14-4)
Samlet evaluering	Bygningen tilfredsstillter byggeforskriftenes energikrav

Energiramme (§14-2 (1), samlet netto energibehov)	
Beskrivelse	Verdi
1a Beregnet energibehov romoppvarming	18,8 kWh/m <sup>2</sup>
1b Beregnet energibehov ventilasjonsvarme (varmebatterier)	11,9 kWh/m <sup>2</sup>
2 Beregnet energibehov varmtvann (tappevann)	5,0 kWh/m <sup>2</sup>
3a Beregnet energibehov vifter	13,6 kWh/m <sup>2</sup>
3b Beregnet energibehov pumper	1,6 kWh/m <sup>2</sup>
4 Beregnet energibehov belysning	25,1 kWh/m <sup>2</sup>
5 Beregnet energibehov teknisk utstyr	34,5 kWh/m <sup>2</sup>
6a Beregnet energibehov romkjøling	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
6b Beregnet energibehov ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	4,2 kWh/m <sup>2</sup>
Totalt beregnet energibehov	114,6 kWh/m <sup>2</sup>
Forskriftskrav netto energibehov	115,0 kWh/m <sup>2</sup>

Minstekrav (§14-3)		
Beskrivelse	Verdi	Krav
U-verdi yttervegger [W/m <sup>2</sup> K]	0,13	0,22
U-verdi tak [W/m <sup>2</sup> K]	0,12	0,18
U-verdi gulv mot grunn og mot det fri [W/m <sup>2</sup> K]	0,10	0,18
U-verdi glass/vinduer/dører [W/m <sup>2</sup> K]	0,88	1,20
Lekkasjetall (lufttetthet ved 50 Pa trykkforskjell) [luftvekslinger pr time]	1,00	1,50



# SIMIEN

## Evaluering TEK 16

Simuleringsnavn: Evaluering

Tid/dato simulering: 15:07 29/3-2017

Programversjon: 6.005

Simuleringsansvarlig: Kenth L. Kvitvik

Firma: Multiconsult AS

Inndatafil: C:\Users\kilk\Desktop\Master\SIMIEN\Komplett\Brannstasjon\_TEK16.smi

Prosjekt: Narvik brannstasjon

Sone: Alle soner

### Energiforsyning (§14-4 (1))

Beskrivelse	Verdi
Bruker fossilt brensel til oppvarming	Nei

### Krav til energifleksible varmeløsninger (§14-4 (2))

Bygning over 1000 m<sup>2</sup> oppvarmet bruksareal skal ha energifleksible varmesystemer og tilrettelegges for bruk av lavtemperatur varmeløsninger.

Dette er ikke en del av evaluering i SIMIEN og må derfor dokumenteres på annen måte.

### Energibudsjett reelle verdier (§14-2 (5))

Energipost	Energibehov	Spesifikt energibehov
1a Romoppvarming	18694 kWh	5,7 kWh/m <sup>2</sup>
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	56244 kWh	17,3 kWh/m <sup>2</sup>
2 Varmtvann (tappevann)	13778 kWh	4,2 kWh/m <sup>2</sup>
3a Vifter	50795 kWh	15,6 kWh/m <sup>2</sup>
3b Pumper	3554 kWh	1,1 kWh/m <sup>2</sup>
4 Belysning	114108 kWh	35,0 kWh/m <sup>2</sup>
5 Teknisk utstyr	156886 kWh	48,2 kWh/m <sup>2</sup>
6a Romkjøling	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	1841 kWh	0,6 kWh/m <sup>2</sup>
Totalt netto energibehov, sum 1-6	415899 kWh	127,7 kWh/m <sup>2</sup>



# SIMIEN

## Evaluering TEK 16

Simuleringsnavn: Evaluering

Tid/dato simulering: 15:07 29/3-2017

Programversjon: 6.005

Simuleringsansvarlig: Kenth L. Kvitvik

Firma: Multiconsult AS

Inndatafil: C:\Users\kilk\Desktop\Master\SIMIEN\Komplett\Brannstasjon\_TEK16.smi

Prosjekt: Narvik brannstasjon

Sone: Alle soner

Levert energi til bygningen (beregnet)		
Energivare	Levert energi	Spesifikk levert energi
1a Direkte el.	332386 kWh	102,1 kWh/m <sup>2</sup>
1b El. til varmepumpesystem	34491 kWh	10,6 kWh/m <sup>2</sup>
1c El. til solfangersystem	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	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
5 Biobrensel	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
6. Annen energikilde	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
7. Solstrøm til egenbruk	-0 kWh	-0,0 kWh/m <sup>2</sup>
Totalt levert energi, sum 1-7	366877 kWh	112,7 kWh/m <sup>2</sup>
Solstrøm til eksport	-0 kWh	-0,0 kWh/m <sup>2</sup>
Netto levert energi	366877 kWh	112,7 kWh/m <sup>2</sup>

Dokumentasjon av sentrale inndata (1)		
Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Areal yttervegger [m <sup>2</sup> ]:	3088	Tegninger
Areal tak [m <sup>2</sup> ]:	1466	Tegninger
Areal gulv [m <sup>2</sup> ]:	1809	Tegninger
Areal vinduer og ytterdører [m <sup>2</sup> ]:	313	Tegninger
Oppvarmet bruksareal (BRA) [m <sup>2</sup> ]:	3256	Tegninger
Oppvarmet luftvolum [m <sup>3</sup> ]:	15593	Tegninger
U-verdi yttervegger [W/m <sup>2</sup> K]	0,13	PAROC Sandwichelementer
U-verdi tak [W/m <sup>2</sup> K]	0,12	Kompakt tak
U-verdi gulv [W/m <sup>2</sup> K]	0,10	Iht. verdier i SIMIEN
U-verdi vinduer og ytterdører [W/m <sup>2</sup> K]	0,88	NorDan, Windsor
Areal vinduer og dører delt på bruksareal [%]	9,6	Beregnes fra tegningsgrunnlag
Normalisert kuldebroverdi [W/m <sup>2</sup> K]:	0,05	Forutsettes
Normalisert varmekapasitet [Wh/m <sup>2</sup> K]	109	
Lekkasjetall (n50) [1/h]:	1,00	Forutsettes
Temperaturvirkningsgr. varmegjenvinner [%]:	83	Forutsettes



# SIMIEN

## Evaluering TEK 16

Simuleringsnavn: Evaluering  
Tid/dato simulering: 15:07 29/3-2017  
Programversjon: 6.005  
Simuleringsansvarlig: Kenth L. Kvitvik  
Firma: Multiconsult AS  
Inndatafil: C:\Users\kilk\Desktop\Master\SIMIEN\Komplett\Brannstasjon\_TEK16.smi  
Prosjekt: Narvik brannstasjon  
Sone: Alle soner

### Dokumentasjon av sentrale inndata (2)

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Estimert virkningsgrad gjenvinner justert for frostsikring [%]:	83,0	Forutsettes
Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m <sup>3</sup> /s]:	1,40	Forutsettes
Luftmengde i driftstiden [m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> ]	7,66	NS 3031
Luftmengde utenfor driftstiden [m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> ]	2,45	NS 3031
Systemvirkningsgrad oppvarmingsanlegg:	2,05	
Installert effekt romoppv. og varmebatt. [W/m <sup>2</sup> ]:	50	NS 3031
Settpunkttemperatur for romoppvarming [°C]	20,0	NS 3031
Systemeffektfaktor kjøling:	2,50	
Settpunkttemperatur for romkjøling [°C]	22,0	
Installert effekt romkjøling og kjølebatt. [W/m <sup>2</sup> ]:	20	NS 3031
Spesifikk pumpeeffekt romoppvarming [kW/(l/s)]:	0,50	NS 3031
Spesifikk pumpeeffekt romkjøling [kW/(l/s)]:	0,00	NS 3031
Spesifikk pumpeeffekt varmebatteri [kW/(l/s)]:	0,50	NS 3031
Spesifikk pumpeeffekt kjølebatteri [kW/(l/s)]:	0,60	NS 3031
Driftstid oppvarming (timer)	12,0	NS 3031

### Dokumentasjon av sentrale inndata (3)

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Driftstid kjøling (timer)	24,0	
Driftstid ventilasjon (timer)	12,0	NS 3031
Driftstid belysning (timer)	12,0	NS 3031
Driftstid utstyr (timer)	12,0	NS 3031
Oppholdstid personer (timer)	12,0	NS 3031
Effektbehov belysning i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	8,00	NS 3031
Varmetilskudd belysning i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	8,00	NS 3031
Effektbehov utstyr i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	11,00	NS 3031
Varmetilskudd utstyr i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	11,00	NS 3031
Effektbehov varmtvann på driftsdager [W/m <sup>2</sup> ]	0,80	
Varmetilskudd varmtvann i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	0,00	
Varmetilskudd personer i oppholdstiden [W/m <sup>2</sup> ]	4,00	NS 3031
Total solfaktor for vindu og solskjerming:	0,46	
Gjennomsnittlig karmfaktor vinduer:	0,20	
Solskjermingsfaktor horisont/utspring (N/Ø/S/V):	1,00/1,00/1,00/1,00	



# SIMIEN

## Evaluering TEK 16

Simuleringsnavn: Evaluering

Tid/dato simulering: 15:07 29/3-2017

Programversjon: 6.005

Simuleringsansvarlig: Kenth L. Kvitvik

Firma: Multiconsult AS

Inndatafil: C:\Users\kilk\Desktop\Master\SIMIEN\Komplett\Brannstasjon\_TEK16.smi

Prosjekt: Narvik brannstasjon

Sone: Alle soner

Inndata bygning	
Beskrivelse	Verdi
Bygningskategori	Kontorbygg
Simuleringsansvarlig	Kenth L. Kvitvik
Kommentar	



# SIMIEN

Energimerke

Simuleringsnavn: Energimerke

Tid/dato simulering: 12:37 30/3-2017

Programversjon: 6.005

Simuleringsansvarlig: Kenth L. Kvitvik

Firma: Multiconsult AS

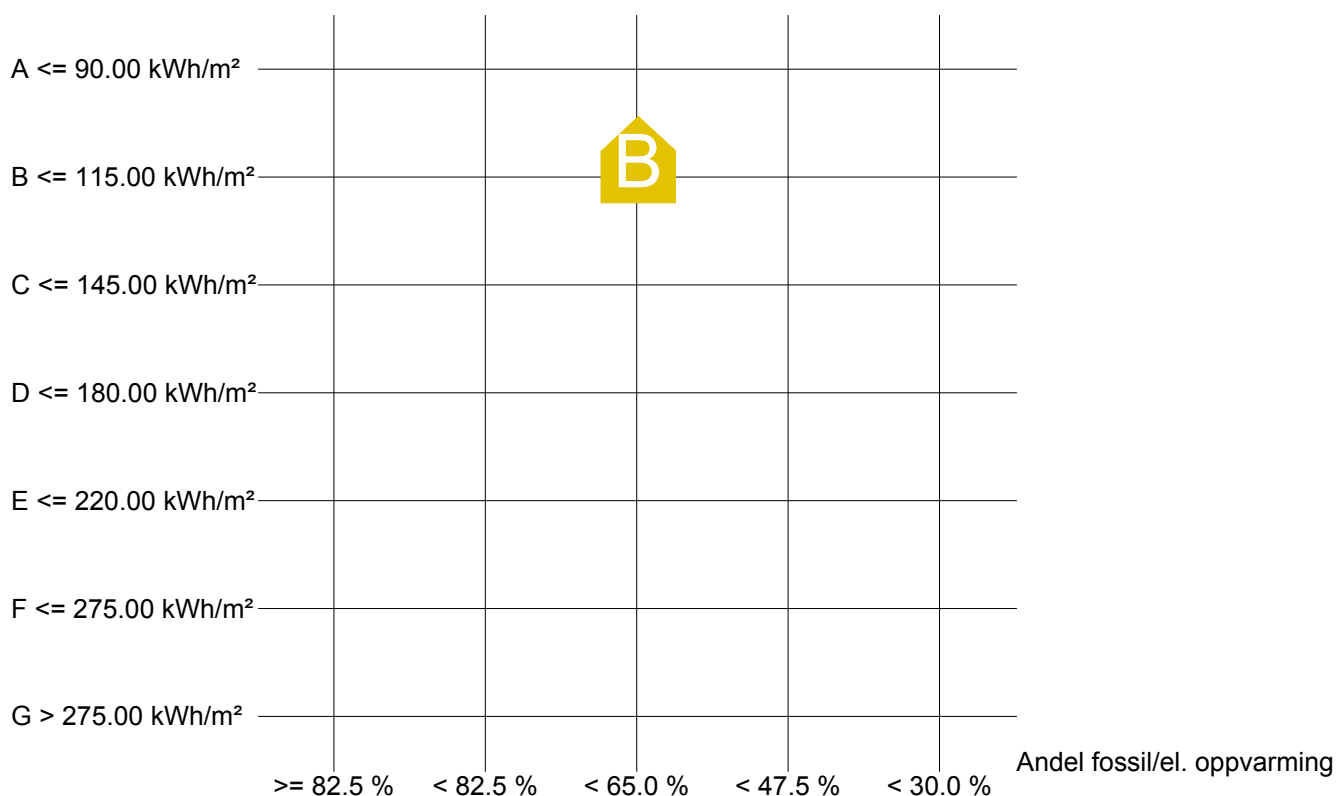
Inndatafil: C:\Users\kilik\Desktop\Master\SIMIEN\Komplett\TEK16\Brannstasjon\_TEK16.smi

Prosjekt: Narvik brannstasjon

Sone: Alle soner

Energikarakter

## ENERGIMERKE



Beregnet levert energi normalisert klima: 93.77 kWh/m<sup>2</sup>

Sum andel el/olje/gass av netto oppvarmingsbehov: 47.8 %

Beregnet levert energi	
Beskrivelse	Verdi
Energibruk normalisert klima	94 kWh/m <sup>2</sup>
Energibruk lokalt klima	97 kWh/m <sup>2</sup>



# SIMIEN

Energimerke

Simuleringsnavn: Energimerke

Tid/dato simulering: 12:37 30/3-2017

Programversjon: 6.005

Simuleringsansvarlig: Kenth L. Kvitvik

Firma: Multiconsult AS

Inndatafil: C:\Users\kilk\Desktop\Master\SIMIEN\Komplett\TEK16\Brannstasjon\_TEK16.smi

Prosjekt: Narvik brannstasjon

Sone: Alle soner

Forventet levert energi	
Beskrivelse	Verdi
Elektrisitet	305331 kWh
Olje	0 kWh
Gass	0 kWh
Fjernvarme	0 kWh
Biobrensel	0 kWh
Annen energivare	0 kWh
Total energibruk	305331 kWh

Dokumentasjon av sentrale inndata (1)		
Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Areal yttervegger [m <sup>2</sup> ]:	3088	Tegninger
Areal tak [m <sup>2</sup> ]:	1466	Tegninger
Areal gulv [m <sup>2</sup> ]:	1809	Tegninger
Areal vinduer og ytterdører [m <sup>2</sup> ]:	313	Tegninger
Oppvarmet bruksareal (BRA) [m <sup>2</sup> ]:	3256	Tegninger
Oppvarmet luftvolum [m <sup>3</sup> ]:	15593	Tegninger
U-verdi yttervegger [W/m <sup>2</sup> K]	0,13	PAROC Sandwichelementer
U-verdi tak [W/m <sup>2</sup> K]	0,12	Kompakt tak
U-verdi gulv [W/m <sup>2</sup> K]	0,10	Iht. verdier i SIMIEN
U-verdi vinduer og ytterdører [W/m <sup>2</sup> K]	0,88	NorDan, Windsor
Areal vinduer og dører delt på bruksareal [%]	9,6	Beregnes fra tegningsgrunnlag
Normalisert kuldebroverdi [W/m <sup>2</sup> K]:	0,05	Forutsettes
Normalisert varmekapasitet [Wh/m <sup>2</sup> K]	109	
Lekkasjetall (n50) [1/h]:	1,00	Forutsettes
Temperaturvirkningsgr. varmegjenvinner [%]:	83	Forutsettes



# SIMIEN

Energimerke

Simuleringsnavn: Energimerke

Tid/dato simulering: 12:37 30/3-2017

Programversjon: 6.005

Simuleringsansvarlig: Kenth L. Kvitvik

Firma: Multiconsult AS

Inndatafil: C:\Users\kilk\Desktop\Master\SIMIEN\Komplett\TEK16\Brannstasjon\_TEK16.smi

Prosjekt: Narvik brannstasjon

Sone: Alle soner

## Dokumentasjon av sentrale inndata (2)

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Estimert virkningsgrad gjenvinner justert for frostsikring [%]:	83,0	Forutsettes
Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m <sup>3</sup> /s]:	1,40	Forutsettes
Luftmengde i driftstiden [m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> ]	7,66	NS 3031
Luftmengde utenfor driftstiden [m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> ]	2,45	NS 3031
Systemvirkningsgrad oppvarmingsanlegg:	2,05	
Installert effekt romoppv. og varmebatt. [W/m <sup>2</sup> ]:	50	NS 3031
Settpunkttemperatur for romoppvarming [°C]	20,0	NS 3031
Systemeffektfaktor kjøling:	2,50	
Settpunkttemperatur for romkjøling [°C]	22,0	
Installert effekt romkjøling og kjølebatt. [W/m <sup>2</sup> ]:	20	NS 3031
Spesifikk pumpeeffekt romoppvarming [kW/(l/s)]:	0,50	NS 3031
Spesifikk pumpeeffekt romkjøling [kW/(l/s)]:	0,00	NS 3031
Spesifikk pumpeeffekt varmebatteri [kW/(l/s)]:	0,50	NS 3031
Spesifikk pumpeeffekt kjølebatteri [kW/(l/s)]:	0,60	NS 3031
Driftstid oppvarming (timer)	12,0	NS 3031

## Dokumentasjon av sentrale inndata (3)

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Driftstid kjøling (timer)	24,0	
Driftstid ventilasjon (timer)	12,0	NS 3031
Driftstid belysning (timer)	12,0	NS 3031
Driftstid utstyr (timer)	12,0	NS 3031
Oppholdstid personer (timer)	12,0	NS 3031
Effektbehov belysning i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	8,00	NS 3031
Varmetilskudd belysning i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	8,00	NS 3031
Effektbehov utstyr i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	11,00	NS 3031
Varmetilskudd utstyr i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	11,00	NS 3031
Effektbehov varmtvann på driftsdager [W/m <sup>2</sup> ]	0,80	
Varmetilskudd varmtvann i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	0,00	
Varmetilskudd personer i oppholdstiden [W/m <sup>2</sup> ]	4,00	NS 3031
Total solfaktor for vindu og solskjerming:	0,46	
Gjennomsnittlig karmfaktor vinduer:	0,20	
Solskjermingsfaktor horisont/utspring (N/Ø/S/V):	1,00/1,00/1,00/1,00	





# SIMIEN

Energimerke

Simuleringsnavn: Energimerke

Tid/dato simulering: 12:37 30/3-2017

Programversjon: 6.005

Simuleringsansvarlig: Kenth L. Kvitvik

Firma: Multiconsult AS

Inndatafil: C:\Users\kilk\Desktop\Master\SIMIEN\Komplett\TEK16\Brannstasjon\_TEK16.smi

Prosjekt: Narvik brannstasjon

Sone: Alle soner

Inndata bygning	
Beskrivelse	Verdi
Bygningskategori	Kontorbygg
Simuleringsansvarlig	Kenth L. Kvitvik
Kommentar	

## **Vedlegg B**

B.1 – Evaluering mot lavenergistandard (NS 3701)

B.2 – Evaluering mot lavenergistandard (NS 3701) med tiltak

B.3 – Energimerke lavenergistandard (NS 3701)



# SIMIEN

## Evaluering lavenergihus

Simuleringsnavn: Passivhusevaluering

Tid/dato simulering: 15:12 29/3-2017

Programversjon: 6.005

Simuleringsansvarlig: Kenth L. Kvitvik

Firma: Multiconsult AS

Inndatafil: C:\Users\kilk\Desktop\Master\SIMIEN\Komplett\Brannstasjon\_TEK16.smi

Prosjekt: Narvik brannstasjon

Sone: Alle soner

Resultater av evalueringen	
Evaluering mot NS 3701	Beskrivelse
Varmetapsramme	Bygningen tilfredstiller kravet for varmetapstall
Energiytelse	Bygningen tilfredstiller ikke krav til energiytelse
Minstekrav	Bygningen tilfredsstillers minstekrav til enkeltkomponenter
Luftmengder ventilasjon	Luftmengdene tilfredsstillers minstekrav gitt i NS3701 (tabell A.2)
Samlet evaluering	Bygningen tilfredstiller ikke alle krav til lavenergihus

Varmetapsbudsjett	
Beskrivelse	Verdi
Varmetapstall yttervegger	0,12
Varmetapstall tak	0,05
Varmetapstall gulv på grunn/mot det fri	0,06
Varmetapstall glass/vinduer/dører	0,09
Varmetapstall kuldebroer	0,05
Varmetapstall infiltrasjon	0,11
Totalt varmetapstall	0,48
Krav varmetapstall	0,50

Energiytelse		
Beskrivelse	Verdi	Krav
Netto oppvarmingsbehov	60,9 kWh/m <sup>2</sup>	47,3 kWh/m <sup>2</sup>
Netto kjølebehov	0,4 kWh/m <sup>2</sup>	7,3 kWh/m <sup>2</sup>
Gjennomsnittlig effektbehov belysning	4,0 W/m <sup>2</sup>	4,0 W/m <sup>2</sup>



# SIMIEN

## Evaluering lavenergihus

Simuleringsnavn: Passivhusevaluering

Tid/dato simulering: 15:12 29/3-2017

Programversjon: 6.005

Simuleringsansvarlig: Kenth L. Kvitvik

Firma: Multiconsult AS

Inndatafil: C:\Users\kilk\Desktop\Master\SIMIEN\Komplett\Brannstasjon\_TEK16.smi

Prosjekt: Narvik brannstasjon

Sone: Alle soner

### Minstekrav enkeltkomponenter

Beskrivelse	Verdi	Krav
U-verdi glass/vinduer/dører [W/m <sup>2</sup> K]	0,88	1,20
Normalisert kuldebroverdi [W/m <sup>2</sup> K]	0,05	0,05
Årsmidlere temperaturvirkningsgrad varmegjenvinner ventilasjon [%]	83	70
Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m <sup>3</sup> /s]:	1,40	2,00
Lekkasjetall (lufttetthet ved 50 Pa trykkforskjell) [luftvekslinger pr time]	1,00	1,50

### Passivhusstandarden og byggeforskrifter

Passivstandardene refererer flere steder til at bygningen også må overholde krav i byggeforskriftene (TEK). Ved evaluering mot byggeforskrifter benyttes det til dels andre normerte data og forutsetninger. Krav til byggeforskrifter må derfor dokumenteres ved å kjøre en separat evaluering mot aktuelle byggeforskrifter.

### Energibudsjett (NS 3701)

Energipost	Energibehov	Spesifikt energibehov
1a Romoppvarming	142198 kWh	43,7 kWh/m <sup>2</sup>
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	56272 kWh	17,3 kWh/m <sup>2</sup>
2 Varmtvann (tappevann)	16318 kWh	5,0 kWh/m <sup>2</sup>
3a Vifter	41922 kWh	12,9 kWh/m <sup>2</sup>
3b Pumper	4715 kWh	1,4 kWh/m <sup>2</sup>
4 Belysning	40797 kWh	12,5 kWh/m <sup>2</sup>
5 Teknisk utstyr	61192 kWh	18,8 kWh/m <sup>2</sup>
6a Romkjøling	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	1269 kWh	0,4 kWh/m <sup>2</sup>
Totalt netto energibehov, sum 1-6	364683 kWh	112,0 kWh/m <sup>2</sup>



# SIMIEN

## Evaluering lavenergihus

Simuleringsnavn: Passivhusevaluering

Tid/dato simulering: 15:12 29/3-2017

Programversjon: 6.005

Simuleringsansvarlig: Kenth L. Kvitvik

Firma: Multiconsult AS

Inndatafil: C:\Users\kilk\Desktop\Master\SIMIEN\Komplett\Brannstasjon\_TEK16.smi

Prosjekt: Narvik brannstasjon

Sone: Alle soner

Levert energi til bygningen (NS 3701)		
Energivare	Levert energi	Spesifikk levert energi
1a Direkte el.	170564 kWh	52,4 kWh/m <sup>2</sup>
1b El. til varmepumpesystem	83726 kWh	25,7 kWh/m <sup>2</sup>
1c El. til solfangersystem	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	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
5 Biobrensel	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
6. Annen energikilde	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
7. Solstrøm til egenbruk	-0 kWh	-0,0 kWh/m <sup>2</sup>
Totalt levert energi, sum 1-7	254289 kWh	78,1 kWh/m <sup>2</sup>
Solstrøm til eksport	-0 kWh	-0,0 kWh/m <sup>2</sup>
Netto levert energi	254289 kWh	78,1 kWh/m <sup>2</sup>

### Krav til energibehov belysning

Minst 60 % av installert effekt skal være underlagt dynamisk dagslys- og konstantlysstyring.

Alle rom skal ha dynamisk behovsstyring ved tilstedeværelse. Store rom skal ha minst en styringszone per 30 m<sup>2</sup>.

Energibehovet skal dokumenteres etter NS-EN 15193 basert på prosjektert eller installert effekt og styringssystemets innvirkning på energibehovet.

All belysning skal minst tilfredsstille kvalitetskravene for belysning gitt i NS-EN 12464-1.

### Referanseinformasjon beregning

Evaluering mot NS 3701	Beskrivelse
Beregning	Utført etter NS 3701:2012 med validert dynamisk timesberegning etter reglene i NS 3031:2007
Kommune, gårds- og bruksnummer	
Konstruksjon og plassering	
Tekniske installasjoner	
Soneinndeling	
Arealvurdering	



# SIMIEN

## Evaluering lavenergihus

Simuleringsnavn: Passivhusevaluering

Tid/dato simulering: 15:12 29/3-2017

Programversjon: 6.005

Simuleringsansvarlig: Kenth L. Kvitvik

Firma: Multiconsult AS

Inndatafil: C:\Users\kilik\Desktop\Master\SIMIEN\Komplett\Brannstasjon\_TEK16.smi

Prosjekt: Narvik brannstasjon

Sone: Alle soner

### Dokumentasjon av sentrale inndata (1)

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Areal yttervegger [m <sup>2</sup> ]:	3088	Tegninger
Areal tak [m <sup>2</sup> ]:	1466	Tegninger
Areal gulv [m <sup>2</sup> ]:	1809	Tegninger
Areal vinduer og ytterdører [m <sup>2</sup> ]:	313	Tegninger
Oppvarmet bruksareal (BRA) [m <sup>2</sup> ]:	3256	Tegninger
Oppvarmet luftvolum [m <sup>3</sup> ]:	15593	Tegninger
U-verdi yttervegger [W/m <sup>2</sup> K]	0,13	PAROC Sandwichelementer
U-verdi tak [W/m <sup>2</sup> K]	0,12	Kompakt tak
U-verdi gulv [W/m <sup>2</sup> K]	0,10	Iht. verdier i SIMIEN
U-verdi vinduer og ytterdører [W/m <sup>2</sup> K]	0,88	NorDan, Windsor
Areal vinduer og dører delt på bruksareal [%]	9,6	Beregnes fra tegningsgrunnlag
Normalisert kuldebroverdi [W/m <sup>2</sup> K]:	0,05	Forutsettes
Normalisert varmekapasitet [Wh/m <sup>2</sup> K]	109	
Lekkasjetall (n50) [1/h]:	1,00	Forutsettes
Temperaturvirkningsgr. varmegjenvinner [%]:	83	Forutsettes

### Dokumentasjon av sentrale inndata (2)

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Estimert virkningsgrad gjenvinner justert for frostsikring [%]:	83,0	Forutsettes
Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m <sup>3</sup> /s]:	1,40	Forutsettes
Luftmengde i driftstiden [m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> ]	7,18	NS 3031
Luftmengde utenfor driftstiden [m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> ]	2,36	NS 3031
Systemvirkningsgrad oppvarmingsanlegg:	2,04	
Installert effekt romoppv. og varmebatt. [W/m <sup>2</sup> ]:	50	NS 3031
Settpunkttemperatur for romoppvarming [°C]	20,0	NS 3031
Systemeffektfaktor kjøling:	2,50	
Settpunkttemperatur for romkjøling [°C]	22,0	
Installert effekt romkjøling og kjølebatt. [W/m <sup>2</sup> ]:	20	NS 3031
Spesifikk pumpeeffekt romoppvarming [kW/(l/s)]:	0,50	NS 3031
Spesifikk pumpeeffekt romkjøling [kW/(l/s)]:	0,00	NS 3031
Spesifikk pumpeeffekt varmebatteri [kW/(l/s)]:	0,50	NS 3031
Spesifikk pumpeeffekt kjølebatteri [kW/(l/s)]:	0,60	NS 3031
Driftstid oppvarming (timer)	12,0	NS 3031



# SIMIEN

## Evaluering lavenergihus

Simuleringsnavn: Passivhusevaluering

Tid/dato simulering: 15:12 29/3-2017

Programversjon: 6.005

Simuleringsansvarlig: Kenth L. Kvitvik

Firma: Multiconsult AS

Inndatafil: C:\Users\kilk\Desktop\Master\SIMIEN\Komplett\Brannstasjon\_TEK16.smi

Prosjekt: Narvik brannstasjon

Sone: Alle soner

Dokumentasjon av sentrale inndata (3)		
Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Driftstid kjøling (timer)	24,0	
Driftstid ventilasjon (timer)	12,0	NS 3031
Driftstid belysning (timer)	12,0	NS 3031
Driftstid utstyr (timer)	12,0	NS 3031
Oppholdstid personer (timer)	12,0	NS 3031
Effektbehov belysning i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	4,00	NS 3031
Varmetilskudd belysning i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	4,00	NS 3031
Effektbehov utstyr i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	6,00	NS 3031
Varmetilskudd utstyr i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	6,00	NS 3031
Effektbehov varmtvann på driftsdager [W/m <sup>2</sup> ]	0,80	
Varmetilskudd varmtvann i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	0,00	
Varmetilskudd personer i oppholdstiden [W/m <sup>2</sup> ]	4,00	NS 3031
Total solfaktor for vindu og solskjerming:	0,46	
Gjennomsnittlig karmfaktor vinduer:	0,20	
Solskjermingsfaktor horisont/utspring (N/Ø/S/V):	1,00/1,00/1,00/1,00	

Inndata bygning		Verdi
Beskrivelse		
Bygningskategori		Kontorbygg
Simuleringsansvarlig		Kenth L. Kvitvik
Kommentar		



# SIMIEN

## Evaluering lavenergihus

Simuleringsnavn: Passivhusevaluering  
Tid/dato simulering: 15:05 30/3-2017  
Programversjon: 6.005  
Simuleringsansvarlig: Kenth L. Kvitvik  
Firma: Multiconsult AS  
Inndatafil: C:\...\Brannstasjon\_lavenergistandard\_ink\_tiltak\_rev2.smi  
Prosjekt: Narvik brannstasjon  
Sone: Alle soner

Resultater av evalueringen	
Evaluering mot NS 3701	Beskrivelse
Varmetapsramme	Bygningen tilfredstiller kravet for varmetapstall
Energiytelse	Bygningen tilfredsstiller krav til energiytelse
Minstekrav	Bygningen tilfredsstiller minstekrav til enkeltkomponenter
Luftmengder ventilasjon	Luftmengdene tilfredsstiller minstekrav gitt i NS3701 (tabell A.2)
Samlet evaluering	Bygningen tilfredstiller alle krav til lavenergihus

Varmetapsbudsjett	
Beskrivelse	Verdi
Varmetapstall yttervegger	0,12
Varmetapstall tak	0,05
Varmetapstall gulv på grunn/mot det fri	0,05
Varmetapstall glass/vinduer/dører	0,09
Varmetapstall kuldebroer	0,03
Varmetapstall infiltrasjon	0,07
Totalt varmetapstall	0,41
Krav varmetapstall	0,50

Energiytelse		
Beskrivelse	Verdi	Krav
Netto oppvarmingsbehov	46,9 kWh/m <sup>2</sup>	47,3 kWh/m <sup>2</sup>
Netto kjølebehov	0,4 kWh/m <sup>2</sup>	7,3 kWh/m <sup>2</sup>
Gjennomsnittlig effektbehov belysning	4,0 W/m <sup>2</sup>	4,0 W/m <sup>2</sup>





# SIMIEN

## Evaluering lavenergihus

Simuleringsnavn: Passivhusevaluering  
Tid/dato simulering: 15:05 30/3-2017  
Programversjon: 6.005  
Simuleringsansvarlig: Kenth L. Kvitvik  
Firma: Multiconsult AS  
Inndatafil: C:\...\Brannstasjon\_lavenergistandard\_ink\_tiltak\_rev2.smi  
Prosjekt: Narvik brannstasjon  
Sone: Alle soner

Minstekrav enkeltkomponenter			
Beskrivelse		Verdi	Krav
U-verdi glass/vinduer/dører [W/m <sup>2</sup> K]		0,88	1,20
Normalisert kuldebroverdi [W/m <sup>2</sup> K]		0,03	0,05
Årsmidlere temperaturvirkningsgrad varmegjenvinner ventilasjon [%]		86	70
Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m <sup>3</sup> /s]:		1,40	2,00
Lekkasjetall (lufttetthet ved 50 Pa trykkforskjell) [luftvekslinger pr time]		0,60	1,50

Passivhusstandarden og byggeforskrifter
Passivstandardene refererer flere steder til at bygningen også må overholde krav i byggeforskriftene (TEK). Ved evaluering mot byggeforskrifter benyttes det til dels andre normerte data og forutsetninger. Krav til byggeforskrifter må derfor dokumenteres ved å kjøre en separat evaluering mot aktuelle byggeforskrifter.

Energibudsjett (NS 3701)		
Energipost	Energibehov	Spesifikt energibehov
1a Romoppvarming	114081 kWh	35,0 kWh/m <sup>2</sup>
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	38649 kWh	11,9 kWh/m <sup>2</sup>
2 Varmtvann (tappevann)	16318 kWh	5,0 kWh/m <sup>2</sup>
3a Vifter	41942 kWh	12,9 kWh/m <sup>2</sup>
3b Pumper	4590 kWh	1,4 kWh/m <sup>2</sup>
4 Belysning	40797 kWh	12,5 kWh/m <sup>2</sup>
5 Teknisk utstyr	61192 kWh	18,8 kWh/m <sup>2</sup>
6a Romkjøling	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	1282 kWh	0,4 kWh/m <sup>2</sup>
Totalt netto energibehov, sum 1-6	318853 kWh	97,9 kWh/m <sup>2</sup>



# SIMIEN

## Evaluering lavenergihus

Simuleringsnavn: Passivhusevaluering  
Tid/dato simulering: 15:05 30/3-2017  
Programversjon: 6.005  
Simuleringsansvarlig: Kenth L. Kvitvik  
Firma: Multiconsult AS  
Inndatafil: C:\...\Brannstasjon\_lavenergistandard\_ink\_tiltak\_rev2.smi  
Prosjekt: Narvik brannstasjon  
Sone: Alle soner

Levert energi til bygningen (NS 3701)		
Energivare	Levert energi	Spesifikk levert energi
1a Direkte el.	167195 kWh	51,3 kWh/m <sup>2</sup>
1b El. til varmepumpesystem	65333 kWh	20,1 kWh/m <sup>2</sup>
1c El. til solfangersystem	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	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
5 Biobrensel	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
6. Annen energikilde	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
7. Solstrøm til egenbruk	-0 kWh	-0,0 kWh/m <sup>2</sup>
Totalt levert energi, sum 1-7	232528 kWh	71,4 kWh/m <sup>2</sup>
Solstrøm til eksport	-0 kWh	-0,0 kWh/m <sup>2</sup>
Netto levert energi	232528 kWh	71,4 kWh/m <sup>2</sup>

### Krav til energibehov belysning

Minst 60 % av installert effekt skal være underlagt dynamisk dagslys- og konstantlysstyring.  
Alle rom skal ha dynamisk behovsstyring ved tilstedeværelse. Store rom skal ha minst en styringssone per 30 m<sup>2</sup>.  
Energibehovet skal dokumenteres etter NS-EN 15193 basert på prosjektert eller installert effekt og styringssystemets innvirkning på energibehovet.  
All belysning skal minst tilfredsstille kvalitetskravene for belysning gitt i NS-EN 12464-1.

### Referanseinformasjon beregning

Evaluering mot NS 3701	Beskrivelse
Beregning	Utført etter NS 3701:2012 med validert dynamisk timesberegning etter reglene i NS 3031:2007
Kommune, gårds- og bruksnummer	
Konstruksjon og plassering	
Tekniske installasjoner	
Soneinndeling	
Arealvurdering	



# SIMIEN

## Evaluering lavenergihus

Simuleringsnavn: Passivhusevaluering  
Tid/dato simulering: 15:05 30/3-2017  
Programversjon: 6.005  
Simuleringsansvarlig: Kenth L. Kvitvik  
Firma: Multiconsult AS  
Inndatafil: C:\...\Brannstasjon\_lavenergistandard\_ink\_tiltak\_rev2.smi  
Prosjekt: Narvik brannstasjon  
Sone: Alle soner

### Dokumentasjon av sentrale inndata (1)

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Areal yttervegger [m <sup>2</sup> ]:	3088	Tegninger
Areal tak [m <sup>2</sup> ]:	1466	Tegninger
Areal gulv [m <sup>2</sup> ]:	1809	Tegninger
Areal vinduer og ytterdører [m <sup>2</sup> ]:	313	Tegninger
Oppvarmet bruksareal (BRA) [m <sup>2</sup> ]:	3256	Tegninger
Oppvarmet luftvolum [m <sup>3</sup> ]:	15593	Tegninger
U-verdi yttervegger [W/m <sup>2</sup> K]	0,13	PAROC Sandwichelementer
U-verdi tak [W/m <sup>2</sup> K]	0,12	Kompakt tak
U-verdi gulv [W/m <sup>2</sup> K]	0,10	Iht. verdier i SIMIEN
U-verdi vinduer og ytterdører [W/m <sup>2</sup> K]	0,88	NorDan, Windsor
Areal vinduer og dører delt på bruksareal [%]	9,6	Beregnes fra tegningsgrunnlag
Normalisert kuldebroverdi [W/m <sup>2</sup> K]:	0,03	Forutsettes
Normalisert varmekapasitet [Wh/m <sup>2</sup> K]	109	
Lekkasjetall (n50) [1/h]:	0,60	Forutsettes
Temperaturvirkningsgr. varmegjenvinner [%]:	86	Forutsettes

### Dokumentasjon av sentrale inndata (2)

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Estimert virkningsgrad gjenvinner justert for frostsikring [%]:	85,6	Forutsettes
Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m <sup>3</sup> /s]:	1,40	Forutsettes
Luftmengde i driftstiden [m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> ]	7,18	NS 3031
Luftmengde utenfor driftstiden [m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> ]	2,36	NS 3031
Systemvirkningsgrad oppvarmingsanlegg:	2,02	
Installert effekt romoppv. og varmebatt. [W/m <sup>2</sup> ]:	50	NS 3031
Settpunkttemperatur for romoppvarming [°C]	20,0	NS 3031
Systemeffektfaktor kjøling:	2,50	
Settpunkttemperatur for romkjøling [°C]	22,0	
Installert effekt romkjøling og kjølebatt. [W/m <sup>2</sup> ]:	20	NS 3031
Spesifikk pumpeeffekt romoppvarming [kW/(l/s)]:	0,50	NS 3031
Spesifikk pumpeeffekt romkjøling [kW/(l/s)]:	0,00	NS 3031
Spesifikk pumpeeffekt varmebatteri [kW/(l/s)]:	0,50	NS 3031
Spesifikk pumpeeffekt kjølebatteri [kW/(l/s)]:	0,60	NS 3031
Driftstid oppvarming (timer)	12,0	NS 3031



# SIMIEN

## Evaluering lavenergihus

Simuleringsnavn: Passivhusevaluering

Tid/dato simulering: 15:05 30/3-2017

Programversjon: 6.005

Simuleringsansvarlig: Kenth L. Kvitvik

Firma: Multiconsult AS

Inndatafil: C:\...\Brannstasjon\_lavenergistandard\_ink\_tiltak\_rev2.smi

Prosjekt: Narvik brannstasjon

Sone: Alle soner

Dokumentasjon av sentrale inndata (3)		
Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Driftstid kjøling (timer)	24,0	
Driftstid ventilasjon (timer)	12,0	NS 3031
Driftstid belysning (timer)	12,0	NS 3031
Driftstid utstyr (timer)	12,0	NS 3031
Oppholdstid personer (timer)	12,0	NS 3031
Effektbehov belysning i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	4,00	NS 3031
Varmetilskudd belysning i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	4,00	NS 3031
Effektbehov utstyr i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	6,00	NS 3031
Varmetilskudd utstyr i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	6,00	NS 3031
Effektbehov varmtvann på driftsdager [W/m <sup>2</sup> ]	0,80	
Varmetilskudd varmtvann i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	0,00	
Varmetilskudd personer i oppholdstiden [W/m <sup>2</sup> ]	4,00	NS 3031
Total solfaktor for vindu og solskjerming:	0,46	
Gjennomsnittlig karmfaktor vinduer:	0,20	
Solskjermingsfaktor horisont/utspring (N/Ø/S/V):	1,00/1,00/1,00/1,00	

Inndata bygning	
Beskrivelse	Verdi
Bygningskategori	Kontorbygg
Simuleringsansvarlig	Kenth L. Kvitvik
Kommentar	



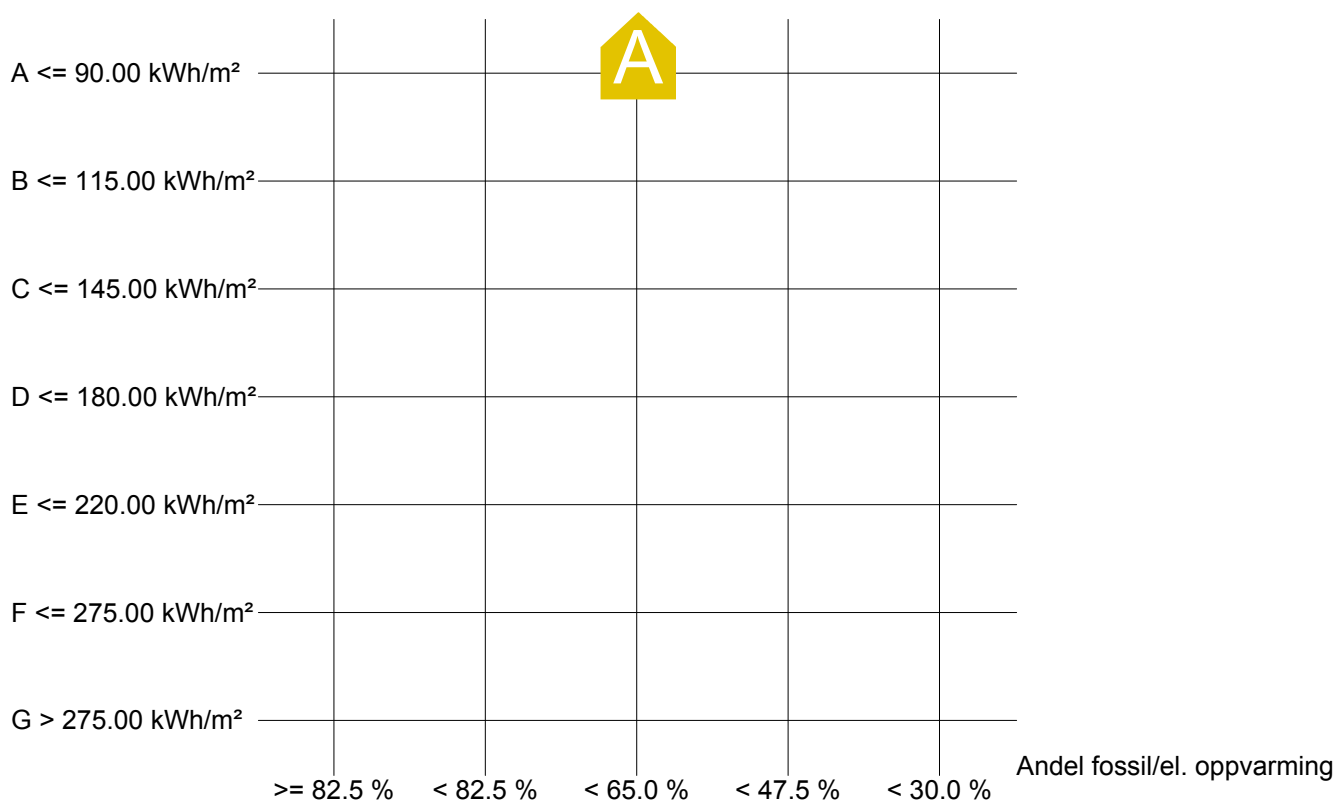
# SIMIEN

Energimerke

Simuleringsnavn: Energimerke  
Tid/dato simulering: 13:49 18/4-2017  
Programversjon: 6.005  
Simuleringsansvarlig: Kenth L. Kvitvik  
Firma: Multiconsult AS  
Inndatafil: C:\...\Brannstasjon\_lavenergistandard\_ink\_tiltak\_rev2.smi  
Prosjekt: Narvik brannstasjon  
Sone: Alle soner

Energikarakter

ENERGIMERKE



Beregnet levert energi normalisert klima: 89.08 kWh/m<sup>2</sup>  
Sum andel el/olje/gass av netto oppvarmingsbehov: 48.4 %

Beregnet levert energi	
Beskrivelse	Verdi
Energibruk normalisert klima	89 kWh/m <sup>2</sup>
Energibruk lokalt klima	91 kWh/m <sup>2</sup>



# SIMIEN

Energimerke

Simuleringsnavn: Energimerke  
Tid/dato simulering: 13:49 18/4-2017  
Programversjon: 6.005  
Simuleringsansvarlig: Kenth L. Kvitvik  
Firma: Multiconsult AS  
Inndatafil: C:\...\Brannstasjon\_lavenergistandard\_ink\_tiltak\_rev2.smi  
Prosjekt: Narvik brannstasjon  
Sone: Alle soner

Beskrivelse	Forventet levert energi	Verdi
Elektrisitet		290062 kWh
Olje		0 kWh
Gass		0 kWh
Fjernvarme		0 kWh
Biobrensel		0 kWh
Annen energivare		0 kWh
Total energibruk		290062 kWh

Dokumentasjon av sentrale inndata (1)		
Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Areal yttervegger [m <sup>2</sup> ]:	3088	Tegninger
Areal tak [m <sup>2</sup> ]:	1466	Tegninger
Areal gulv [m <sup>2</sup> ]:	1809	Tegninger
Areal vinduer og ytterdører [m <sup>2</sup> ]:	313	Tegninger
Oppvarmet bruksareal (BRA) [m <sup>2</sup> ]:	3256	Tegninger
Oppvarmet luftvolum [m <sup>3</sup> ]:	15593	Tegninger
U-verdi yttervegger [W/m <sup>2</sup> K]	0,13	PAROC Sandwichelementer
U-verdi tak [W/m <sup>2</sup> K]	0,12	Kompakt tak
U-verdi gulv [W/m <sup>2</sup> K]	0,10	Iht. verdier i SIMIEN
U-verdi vinduer og ytterdører [W/m <sup>2</sup> K]	0,88	NorDan, Windsor
Areal vinduer og dører delt på bruksareal [%]	9,6	Beregnes fra tegningsgrunnlag
Normalisert kuldebroverdi [W/m <sup>2</sup> K]:	0,03	Forutsettes
Normalisert varmekapasitet [Wh/m <sup>2</sup> K]	109	
Lekkasjetall (n50) [1/h]:	0,60	Forutsettes
Temperaturvirkningsgr. varmegjenvinner [%]:	86	Forutsettes



Simuleringsnavn: Energimerke  
Tid/dato simulering: 13:49 18/4-2017  
Programversjon: 6.005  
Simuleringsansvarlig: Kenth L. Kvitvik  
Firma: Multiconsult AS  
Inndatafil: C:\...\Brannstasjon\_lavenergistandard\_ink\_tiltak\_rev2.smi  
Prosjekt: Narvik brannstasjon  
Sone: Alle soner

### Dokumentasjon av sentrale inndata (2)

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Estimert virkningsgrad gjenvinner justert for frostsikring [%]:	85,6	Forutsettes
Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m <sup>3</sup> /s]:	1,40	Forutsettes
Luftmengde i driftstiden [m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> ]	7,74	NS 3031
Luftmengde utenfor driftstiden [m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> ]	2,47	NS 3031
Systemvirkningsgrad oppvarmingsanlegg:	2,03	
Installert effekt romoppv. og varmebatt. [W/m <sup>2</sup> ]:	50	NS 3031
Settpunkttemperatur for romoppvarming [°C]	20,0	NS 3031
Systemeffektfaktor kjøling:	2,50	
Settpunkttemperatur for romkjøling [°C]	22,0	
Installert effekt romkjøling og kjølebatt. [W/m <sup>2</sup> ]:	20	NS 3031
Spesifikk pumpeeffekt romoppvarming [kW/(l/s)]:	0,50	NS 3031
Spesifikk pumpeeffekt romkjøling [kW/(l/s)]:	0,00	NS 3031
Spesifikk pumpeeffekt varmebatteri [kW/(l/s)]:	0,50	NS 3031
Spesifikk pumpeeffekt kjølebatteri [kW/(l/s)]:	0,60	NS 3031
Driftstid oppvarming (timer)	12,0	NS 3031

### Dokumentasjon av sentrale inndata (3)

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Driftstid kjøling (timer)	24,0	
Driftstid ventilasjon (timer)	12,0	NS 3031
Driftstid belysning (timer)	12,0	NS 3031
Driftstid utstyr (timer)	12,0	NS 3031
Oppholdstid personer (timer)	12,0	NS 3031
Effektbehov belysning i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	8,00	NS 3031
Varmetilskudd belysning i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	8,00	NS 3031
Effektbehov utstyr i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	11,00	NS 3031
Varmetilskudd utstyr i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	11,00	NS 3031
Effektbehov varmtvann på driftsdager [W/m <sup>2</sup> ]	0,80	
Varmetilskudd varmtvann i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	0,00	
Varmetilskudd personer i oppholdstiden [W/m <sup>2</sup> ]	4,00	NS 3031
Total solfaktor for vindu og solskjerming:	0,46	
Gjennomsnittlig karmfaktor vinduer:	0,20	
Solskjermingsfaktor horisont/utspring (N/Ø/S/V):	1,00/1,00/1,00/1,00	



# SIMIEN

Energimerke

Simuleringsnavn: Energimerke  
Tid/dato simulering: 13:49 18/4-2017  
Programversjon: 6.005  
Simuleringsansvarlig: Kenth L. Kvitvik  
Firma: Multiconsult AS  
Inndatafil: C:\...\Brannstasjon\_lavenergistandard\_ink\_tiltak\_rev2.smi  
Prosjekt: Narvik brannstasjon  
Sone: Alle soner

Inndata bygning	
Beskrivelse	Verdi
Bygningskategori	Kontorbygg
Simuleringsansvarlig	Kenth L. Kvitvik
Kommentar	



## **Vedlegg C**

C.1 – Evaluering mot passivhusstandard (NS 3701) for mannskapsdel

C.2 – Energimerke passivhusstandard (NS 3701)



# SIMIEN

## Evaluering passivhus

Simuleringsnavn: Passivhusevaluering  
Tid/dato simulering: 15:17 20/4-2017  
Programversjon: 6.005  
Simuleringsansvarlig: Kenth L. Kvitvik  
Firma: Multiconsult AS  
Inndatafil: C:\...\Mannskapsdel\_passivhusstandard.smi  
Prosjekt: Narvik brannstasjon  
Sone: Alle soner

Resultater av evalueringen	
Evaluering mot NS 3701	Beskrivelse
Varmetapsramme	Bygningen tilfredstiller kravet for varmetapstall
Energiytelse	Bygningen tilfredsstiller krav til energiytelse
Minstekrav	Bygningen tilfredsstiller minstekrav til enkeltkomponenter
Luftmengder ventilasjon	Luftmengdene tilfredsstiller minstekrav gitt i NS3701 (tabell A.2)
Samlet evaluering	Bygningen tilfredstiller alle krav til passivhus

Varmetapsbudsjett	
Beskrivelse	Verdi
Varmetapstall yttervegger	0,07
Varmetapstall tak	0,13
Varmetapstall gulv på grunn/mot det fri	0,00
Varmetapstall glass/vinduer/dører	0,07
Varmetapstall kuldebroer	0,03
Varmetapstall infiltrasjon	0,05
Totalt varmetapstall	0,35
Krav varmetapstall	0,44

Energiytelse		
Beskrivelse	Verdi	Krav
Netto oppvarmingsbehov	29,2 kWh/m <sup>2</sup>	33,4 kWh/m <sup>2</sup>
Netto kjølebehov	0,6 kWh/m <sup>2</sup>	4,9 kWh/m <sup>2</sup>
Gjennomsnittlig effektbehov belysning	4,0 W/m <sup>2</sup>	4,0 W/m <sup>2</sup>



# SIMIEN

## Evaluering passivhus

Simuleringsnavn: Passivhusevaluering  
Tid/dato simulering: 15:17 20/4-2017  
Programversjon: 6.005  
Simuleringsansvarlig: Kenth L. Kvitvik  
Firma: Multiconsult AS  
Inndatafil: C:\...\Mannskapsdel\_passivhusstandard.smi  
Prosjekt: Narvik brannstasjon  
Sone: Alle soner

Minstekrav enkeltkomponenter		
Beskrivelse	Verdi	Krav
U-verdi glass/vinduer/dører [W/m <sup>2</sup> K]	0,69	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]:	1,40	1,50
Lekkasjetall (lufttetthet ved 50 Pa trykkforskjell) [luftvekslinger pr time]	0,60	0,60

Passivhusstandarden og byggeforskrifter
Passivstandardene refererer flere steder til at bygningen også må overholde krav i byggeforskriftene (TEK). Ved evaluering mot byggeforskrifter benyttes det til dels andre normerte data og forutsetninger. Krav til byggeforskrifter må derfor dokumenteres ved å kjøre en separat evaluering mot aktuelle byggeforskrifter.

Energibudsjett (NS 3701)		
Energipost	Energibehov	Spesifikt energibehov
1a Romoppvarming	11960 kWh	19,7 kWh/m <sup>2</sup>
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	5773 kWh	9,5 kWh/m <sup>2</sup>
2 Varmtvann (tappevann)	3046 kWh	5,0 kWh/m <sup>2</sup>
3a Vifter	7218 kWh	11,9 kWh/m <sup>2</sup>
3b Pumper	850 kWh	1,4 kWh/m <sup>2</sup>
4 Belysning	7617 kWh	12,5 kWh/m <sup>2</sup>
5 Teknisk utstyr	11426 kWh	18,8 kWh/m <sup>2</sup>
6a Romkjøling	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	369 kWh	0,6 kWh/m <sup>2</sup>
Totalt netto energibehov, sum 1-6	48258 kWh	79,4 kWh/m <sup>2</sup>



# SIMIEN

## Evaluering passivhus

Simuleringsnavn: Passivhusevaluering  
Tid/dato simulering: 15:17 20/4-2017  
Programversjon: 6.005  
Simuleringsansvarlig: Kenth L. Kvitvik  
Firma: Multiconsult AS  
Inndatafil: C:\...\Mannskapsdel\_passivhusstandard.smi  
Prosjekt: Narvik brannstasjon  
Sone: Alle soner

Levert energi til bygningen (NS 3701)		
Energivare	Levert energi	Spesifikk levert energi
1a Direkte el.	29563 kWh	48,6 kWh/m <sup>2</sup>
1b El. til varmepumpesystem	7926 kWh	13,0 kWh/m <sup>2</sup>
1c El. til solfangersystem	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	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
5 Biobrensel	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
6. Annen energikilde	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
7. Solstrøm til egenbruk	-0 kWh	-0,0 kWh/m <sup>2</sup>
Totalt levert energi, sum 1-7	37489 kWh	61,7 kWh/m <sup>2</sup>
Solstrøm til eksport	-0 kWh	-0,0 kWh/m <sup>2</sup>
Netto levert energi	37489 kWh	61,7 kWh/m <sup>2</sup>

### Krav til energibehov belysning

Minst 60 % av installert effekt skal være underlagt dynamisk dagslys- og konstantlysstyring.  
Alle rom skal ha dynamisk behovsstyring ved tilstedeværelse. Store rom skal ha minst en styringszone per 30 m<sup>2</sup>.  
Energibehovet skal dokumenteres etter NS-EN 15193 basert på prosjektert eller installert effekt og styringssystemets innvirkning på energibehovet.  
All belysning skal minst tilfredsstille kvalitetskravene for belysning gitt i NS-EN 12464-1.

### Referanseinformasjon beregning

Evaluering mot NS 3701	Beskrivelse
Beregning	Utført etter NS 3701:2012 med validert dynamisk timesberegning etter reglene i NS 3031:2007
Kommune, gårds- og bruksnummer	
Konstruksjon og plassering	
Tekniske installasjoner	
Soneinndeling	
Arealvurdering	



# SIMIEN

## Evaluering passivhus

Simuleringsnavn: Passivhusevaluering  
Tid/dato simulering: 15:17 20/4-2017  
Programversjon: 6.005  
Simuleringsansvarlig: Kenth L. Kvitvik  
Firma: Multiconsult AS  
Inndatafil: C:\...\Mannskapsdel\_passivhusstandard.smi  
Prosjekt: Narvik brannstasjon  
Sone: Alle soner

### Dokumentasjon av sentrale inndata (1)

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Areal yttervegger [m <sup>2</sup> ]:	365	Tegninger
Areal tak [m <sup>2</sup> ]:	659	Tegninger
Areal gulv [m <sup>2</sup> ]:	0	Tegninger
Areal vinduer og ytterdører [m <sup>2</sup> ]:	58	Tegninger
Oppvarmet bruksareal (BRA) [m <sup>2</sup> ]:	608	Tegninger
Oppvarmet luftvolum [m <sup>3</sup> ]:	2128	Tegninger
U-verdi yttervegger [W/m <sup>2</sup> K]	0,12	PAROC Sandwichelementer
U-verdi tak [W/m <sup>2</sup> K]	0,12	Kompakt tak
U-verdi gulv [W/m <sup>2</sup> K]	0,00	Iht. verdier i SIMIEN
U-verdi vinduer og ytterdører [W/m <sup>2</sup> K]	0,69	Eks. fra swedoor
Areal vinduer og dører delt på bruksareal [%]	9,6	Beregnes fra tegningsgrunnlag
Normalisert kuldebroverdi [W/m <sup>2</sup> K]:	0,03	Forutsettes
Normalisert varmekapasitet [Wh/m <sup>2</sup> K]	14	
Lekkasjetall (n50) [1/h]:	0,60	Forutsettes
Temperaturvirkningsgr. varmegjenvinner [%]:	85	Forutsettes

### Dokumentasjon av sentrale inndata (2)

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Estimert virkningsgrad gjenvinner justert for frostsikring [%]:	85,0	Forutsettes
Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m <sup>3</sup> /s]:	1,40	Forutsettes
Luftmengde i driftstiden [m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> ]	7,18	
Luftmengde utenfor driftstiden [m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> ]	2,00	
Systemvirkningsgrad oppvarmingsanlegg:	2,03	
Installert effekt romoppv. og varmebatt. [W/m <sup>2</sup> ]:	60	
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> ]:	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

## Evaluering passivhus

Simuleringsnavn: Passivhusevaluering  
Tid/dato simulering: 15:17 20/4-2017  
Programversjon: 6.005  
Simuleringsansvarlig: Kenth L. Kvitvik  
Firma: Multiconsult AS  
Inndatafil: C:\...\Mannskapsdel\_passivhusstandard.smi  
Prosjekt: Narvik brannstasjon  
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> ]	4,00	
Varmetilskudd belysning i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	4,00	
Effektbehov utstyr i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	6,00	
Varmetilskudd utstyr i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	6,00	
Effektbehov varmtvann på driftsdager [W/m <sup>2</sup> ]	0,80	
Varmetilskudd varmtvann i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	0,00	
Varmetilskudd personer i oppholdstiden [W/m <sup>2</sup> ]	4,00	
Total solfaktor for vindu og solskjerming:	0,46	
Gjennomsnittlig karmfaktor vinduer:	0,20	
Solskjermingsfaktor horisont/utspring (N/Ø/S/V):	1,00/1,00/1,00/1,00	

Inndata bygning	
Beskrivelse	Verdi
Bygningskategori	Kontorbygg
Simuleringsansvarlig	Kenth L. Kvitvik
Kommentar	



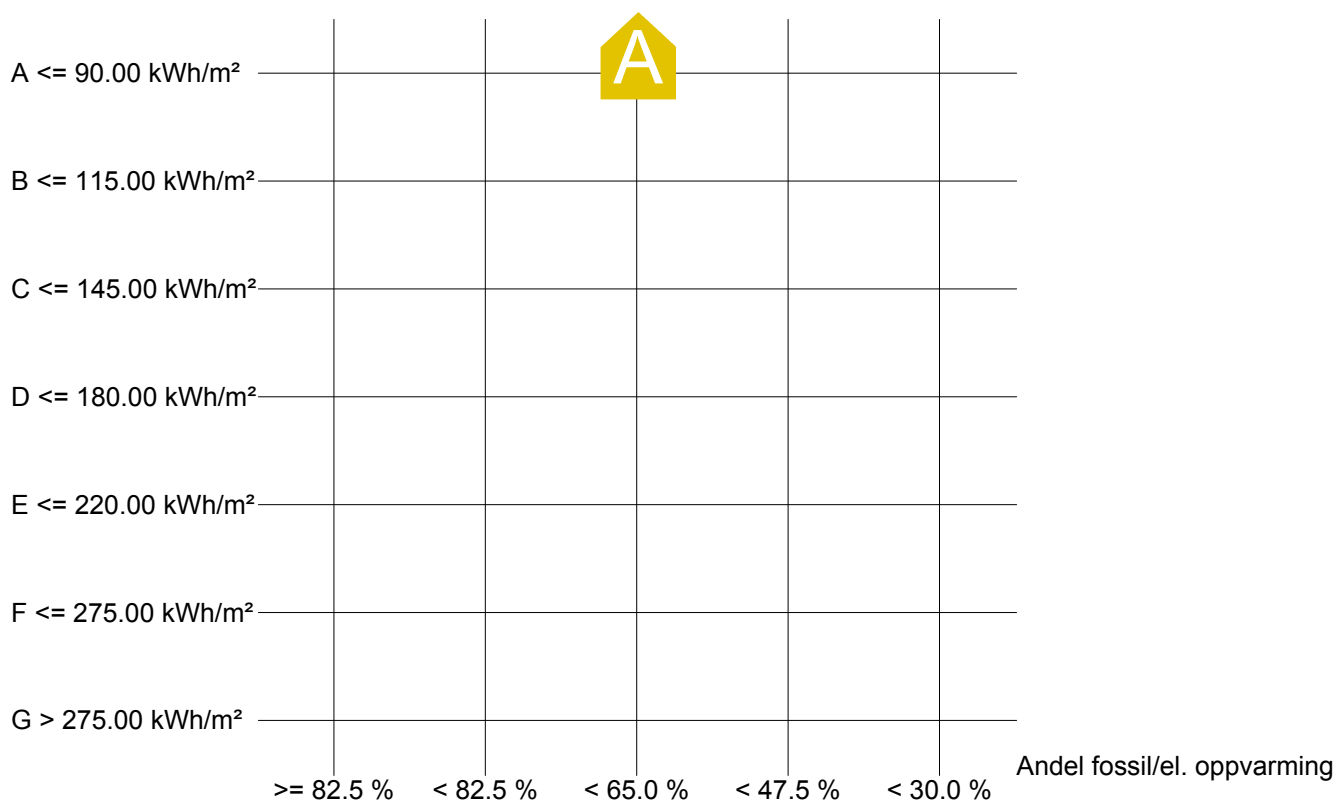
# SIMIEN

Energimerke

Simuleringsnavn: Energimerke  
Tid/dato simulering: 14:58 18/4-2017  
Programversjon: 6.005  
Simuleringsansvarlig: Kenth L. Kvitvik  
Firma: Multiconsult AS  
Inndatafil: C:\...\Mannskapsdel\_passivhusstandard.smi  
Prosjekt: Narvik brannstasjon  
Sone: Alle soner

Energikarakter

ENERGIMERKE



Beregnet levert energi normalisert klima: 86.44 kWh/m<sup>2</sup>  
Sum andel el/olje/gass av netto oppvarmingsbehov: 49.1 %

Beregnet levert energi	
Beskrivelse	Verdi
Energibruk normalisert klima	86 kWh/m <sup>2</sup>
Energibruk lokalt klima	85 kWh/m <sup>2</sup>



# SIMIEN

Energimerke

Simuleringsnavn: Energimerke  
Tid/dato simulering: 14:58 18/4-2017  
Programversjon: 6.005  
Simuleringsansvarlig: Kenth L. Kvitvik  
Firma: Multiconsult AS  
Inndatafil: C:\...\Mannskapsdel\_passivhusstandard.smi  
Prosjekt: Narvik brannstasjon  
Sone: Alle soner

Forventet levert energi	
Beskrivelse	Verdi
Elektrisitet	52556 kWh
Olje	0 kWh
Gass	0 kWh
Fjernvarme	0 kWh
Biobrensel	0 kWh
Annen energivare	0 kWh
Total energibruk	52556 kWh

Dokumentasjon av sentrale inndata (1)		
Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Areal yttervegger [m <sup>2</sup> ]:	365	Tegninger
Areal tak [m <sup>2</sup> ]:	659	Tegninger
Areal gulv [m <sup>2</sup> ]:	0	Tegninger
Areal vinduer og ytterdører [m <sup>2</sup> ]:	58	Tegninger
Oppvarmet bruksareal (BRA) [m <sup>2</sup> ]:	608	Tegninger
Oppvarmet luftvolum [m <sup>3</sup> ]:	2128	Tegninger
U-verdi yttervegger [W/m <sup>2</sup> K]	0,12	PAROC Sandwichelementer
U-verdi tak [W/m <sup>2</sup> K]	0,12	Kompakt tak
U-verdi gulv [W/m <sup>2</sup> K]	0,00	Iht. verdier i SIMIEN
U-verdi vinduer og ytterdører [W/m <sup>2</sup> K]	0,69	Eks. fra swedoor
Areal vinduer og dører delt på bruksareal [%]	9,6	Beregnes fra tegningsgrunnlag
Normalisert kuldebroverdi [W/m <sup>2</sup> K]:	0,03	Forutsettes
Normalisert varmekapasitet [Wh/m <sup>2</sup> K]	14	
Lekkasjetall (n50) [1/h]:	0,60	Forutsettes
Temperaturvirkningsgr. varmegjenvinner [%]:	85	Forutsettes





# SIMIEN

Energimerke

Simuleringsnavn: Energimerke  
Tid/dato simulering: 14:58 18/4-2017  
Programversjon: 6.005  
Simuleringsansvarlig: Kenth L. Kvitvik  
Firma: Multiconsult AS  
Inndatafil: C:\...\Mannskapsdel\_passivhusstandard.smi  
Prosjekt: Narvik brannstasjon  
Sone: Alle soner

## Dokumentasjon av sentrale inndata (2)

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Estimert virkningsgrad gjenvinner justert for frostsikring [%]:	85,0	Forutsettes
Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m <sup>3</sup> /s]:	1,40	Forutsettes
Luftmengde i driftstiden [m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> ]	7,68	
Luftmengde utenfor driftstiden [m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> ]	2,00	
Systemvirkningsgrad oppvarmingsanlegg:	2,01	
Installert effekt romoppv. og varmebatt. [W/m <sup>2</sup> ]:	60	
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> ]:	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	

## 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> ]	8,00	
Varmetilskudd belysning i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	8,00	
Effektbehov utstyr i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	11,00	
Varmetilskudd utstyr i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	11,00	
Effektbehov varmtvann på driftsdager [W/m <sup>2</sup> ]	0,80	
Varmetilskudd varmtvann i driftstiden [W/m <sup>2</sup> ]	0,00	
Varmetilskudd personer i oppholdstiden [W/m <sup>2</sup> ]	4,00	
Total solfaktor for vindu og solskjerming:	0,46	
Gjennomsnittlig karmfaktor vinduer:	0,20	
Solskjermingsfaktor horisont/utspring (N/Ø/S/V):	1,00/1,00/1,00/1,00	



# SIMIEN

Energimerke

Simuleringsnavn: Energimerke  
Tid/dato simulering: 14:58 18/4-2017  
Programversjon: 6.005  
Simuleringsansvarlig: Kenth L. Kvitvik  
Firma: Multiconsult AS  
Inndatafil: C:\...\Mannskapsdel\_passivhusstandard.smi  
Prosjekt: Narvik brannstasjon  
Sone: Alle soner

Inndata bygning	
Beskrivelse	Verdi
Bygningskategori	Kontorbygg
Simuleringsansvarlig	Kenth L. Kvitvik
Kommentar	

## **Vedlegg D**

D.1 – Situasjonsplan

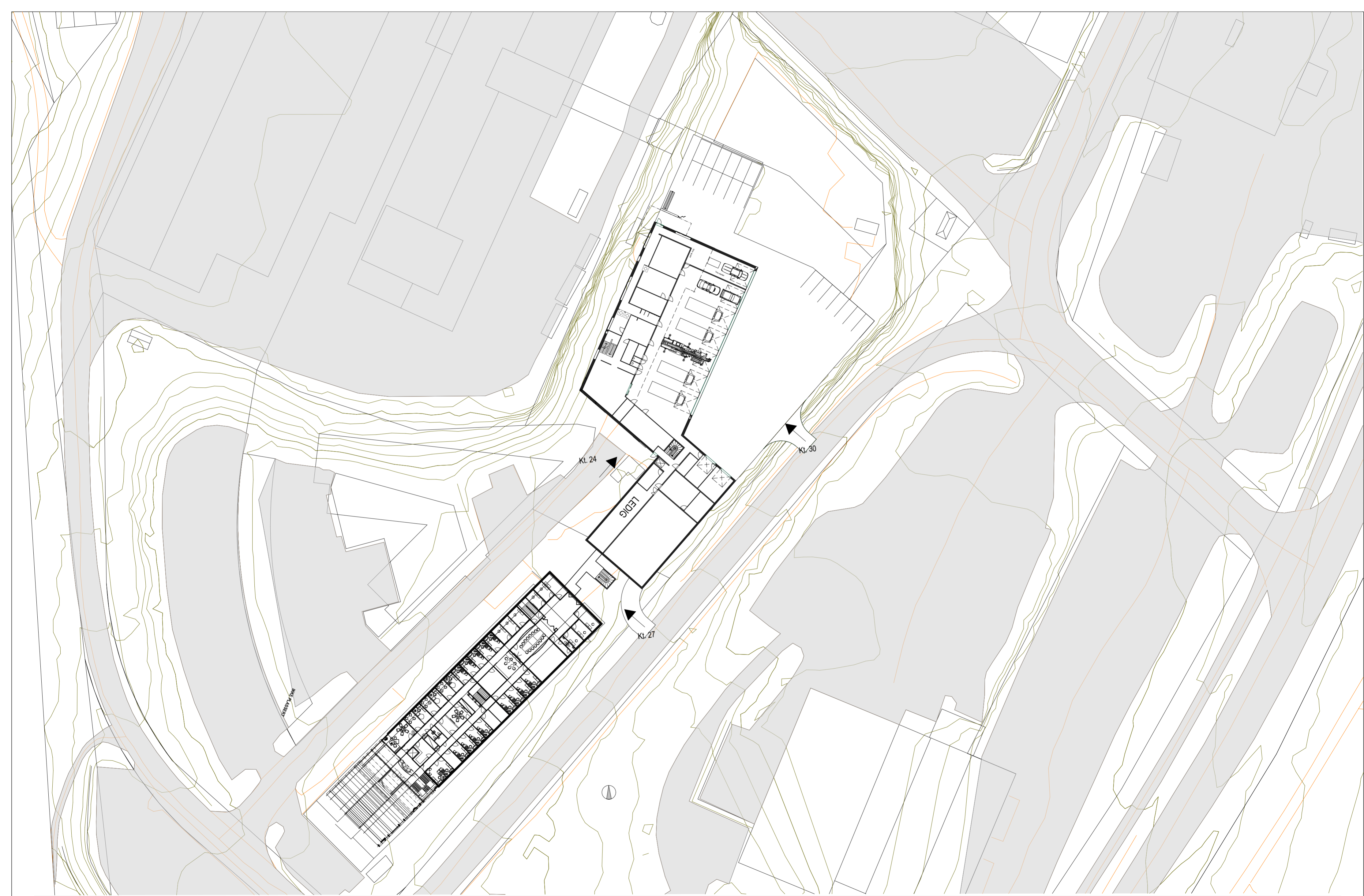
D.2 – Fasadetegning

D.3 – Plantegning 1. etasje

D.4 – Plantegning 2. etasje

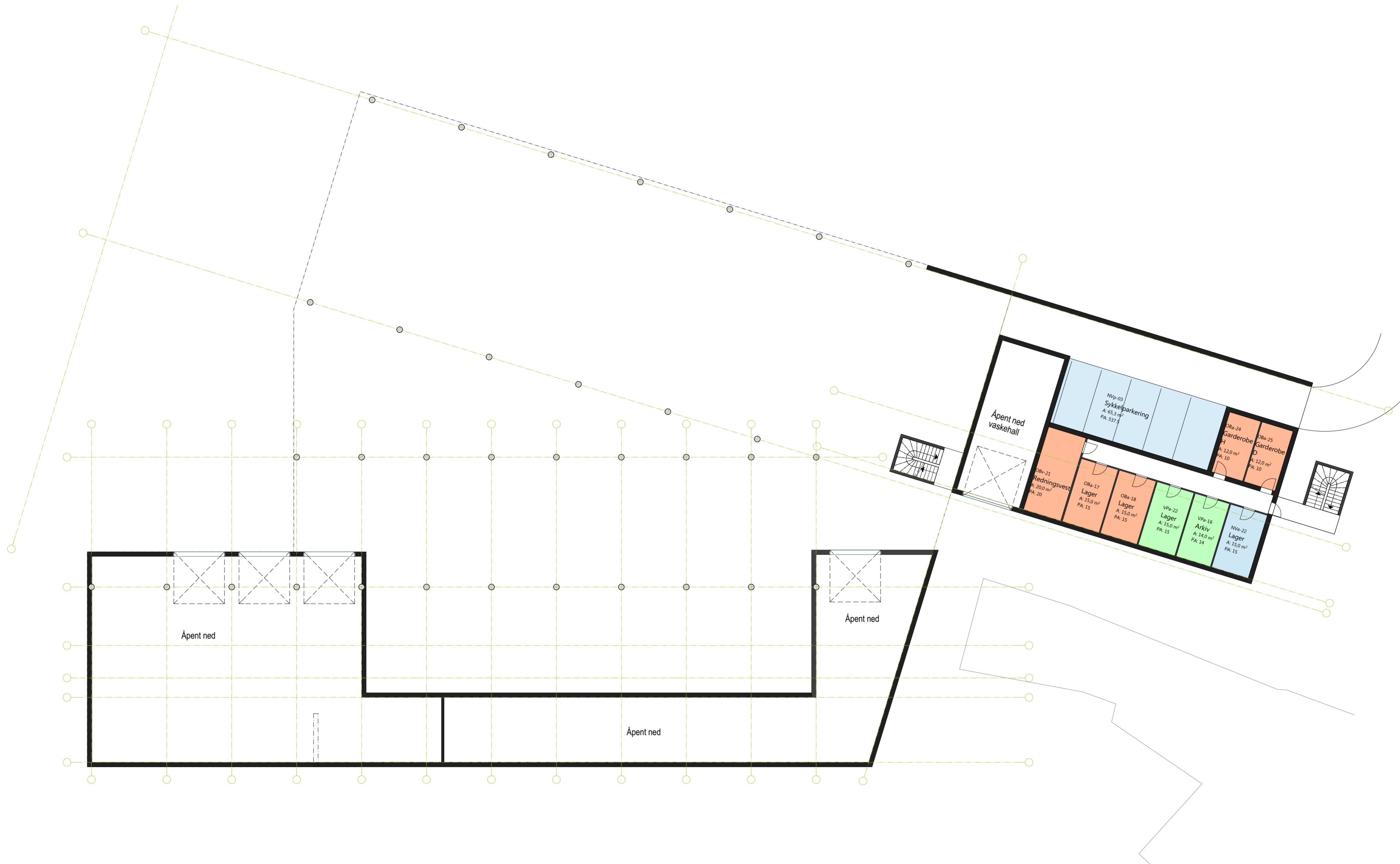
D.5 – Plantegning 3. etasje

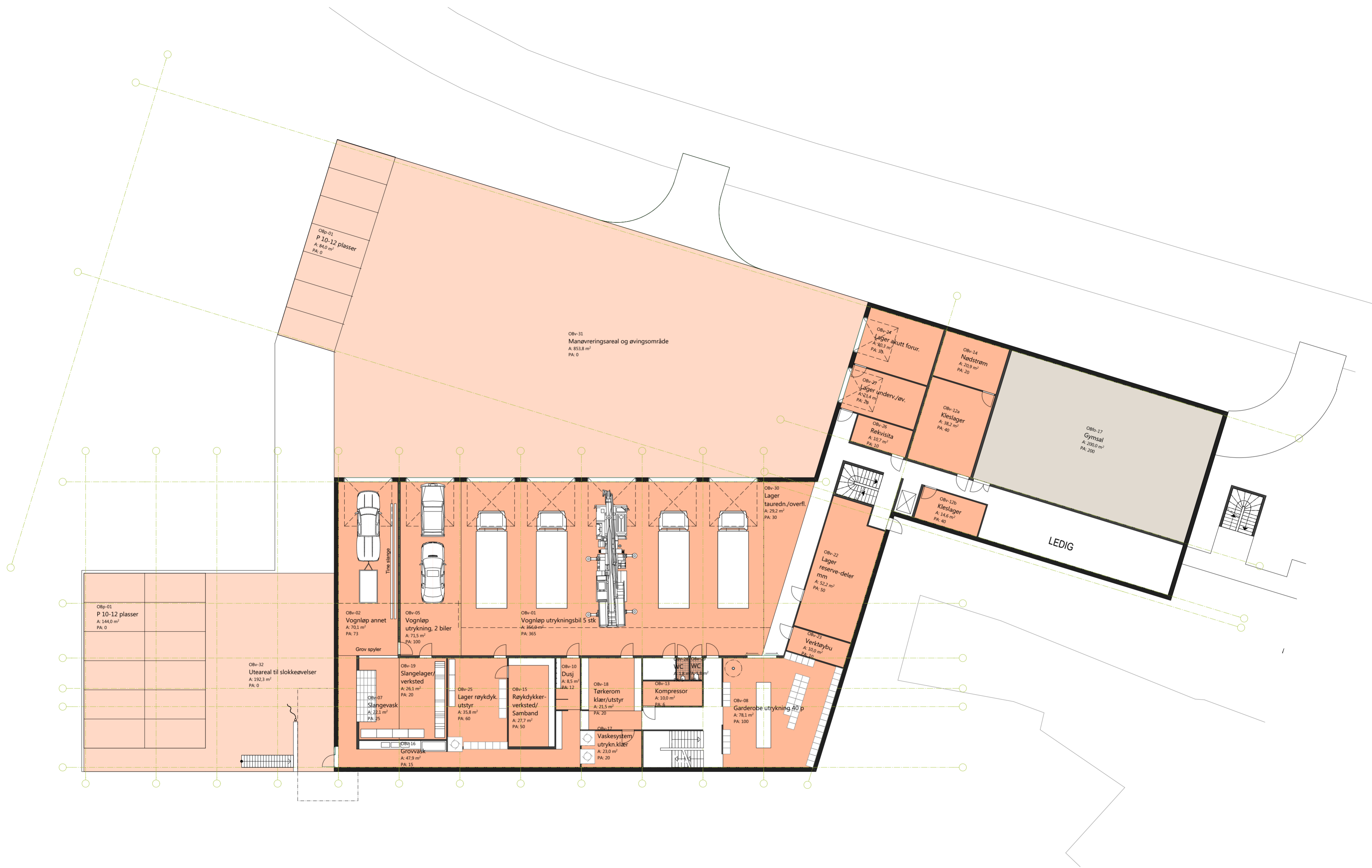
D.6 – Plantegning 4. etasje



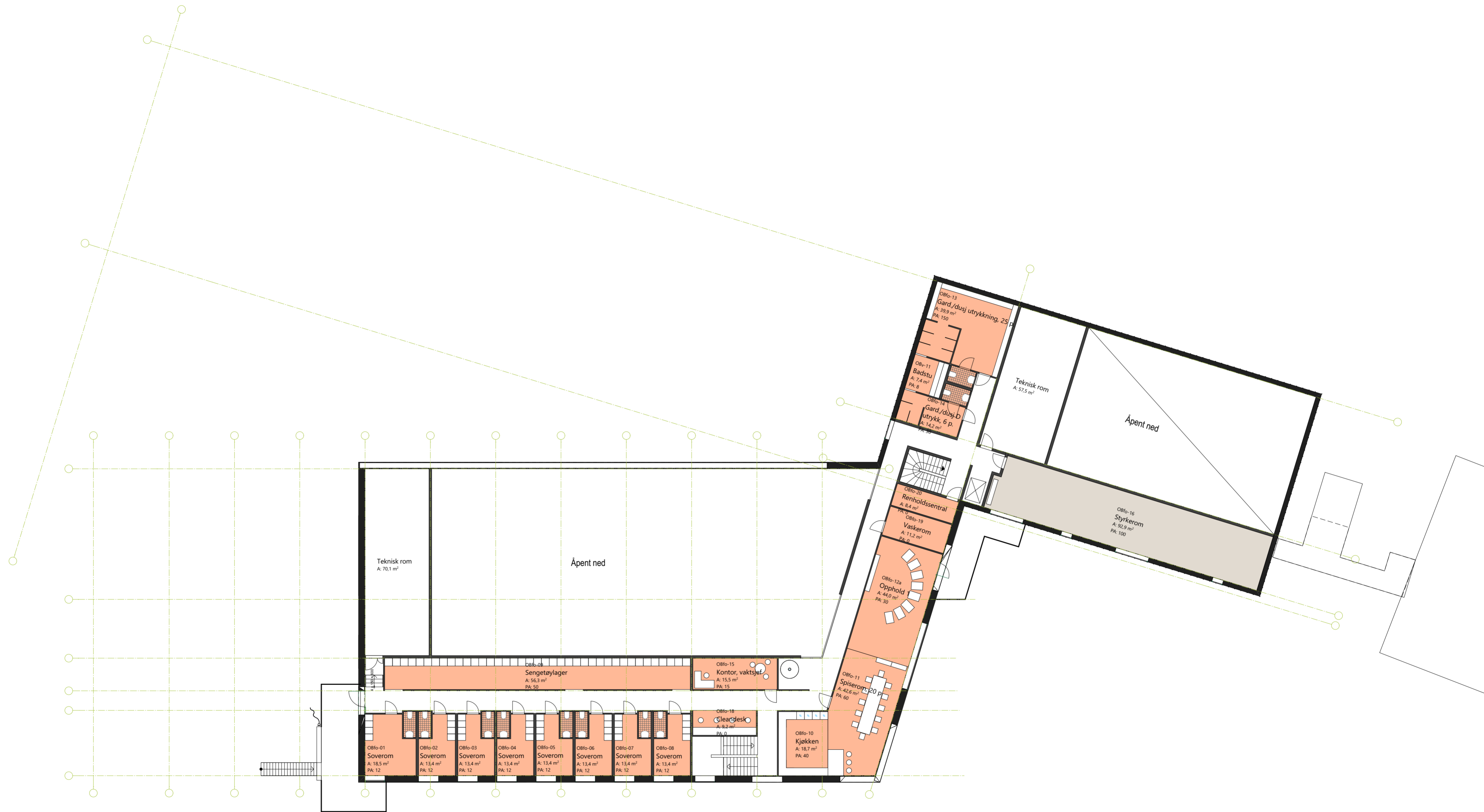












## **Vedlegg E**

Vitenskapelig artikkel; Lavenergi brannstasjon i Narvik

# Lavenergi brannstasjon i Narvik SHO6261

Kenth I. Ljunggren Kvitvik (501119)

Universitetet i Tromsø, P.O. Box 385, N-8505 Narvik, Norway

Innlevert 12. Mai 2017

---

## Sammendrag

Denne artikkelen viser ulike løsninger som kan benyttes for at den nye brannstasjonen i Narvik skal tilfredsstille energikravene i TEK 16 og NS 3701. Herunder gjelder løsninger for bygningskroppen, oppvarmingskilder og tekniske systemer. Artikkelen bygger på en hovedoppgave med samme problemstilling.

Resultatene fra energiberegningen viser at det er mulig å tilfredsstille energikravene i både TEK 16 og NS 3701. Ved evaluering mot TEK 16 var det kun nødvendig å nedjustere lekkasjetallet for å tilfredsstille energikravene, mens det ved evaluering mot lavenergistandard måtte utføres tiltak på både bygningskroppen og tekniske komponenter. De enkelttiltakene som ga størst utslag på beregningen var forbedring av lekkasjetall, normalisert kuldebroverdi og virkningsgrad for varmegjenvinner. De tiltakene som ble utført for at brannstasjonen skal tilfredsstille lavenergistandard er avgjørende, men andre tiltak kan også benyttes.

*Nøkkelord:* Energi, brannstasjon, lavenergi, passivhus, energiramme, varmetapsbudsjett

---

## 1. Introduksjon

Energibruken i Norge har steget med 40 % siden 1970-årene [1], og bygningssektoren legger beslag på om lag 38 % av den totale energibruken i Norge. Den mest brukte energivaren i fastlands-Norge er elektrisitet, med et forbruk på 117 TWh i 2014 [1]. Elektrisitet er hovedkilde til oppvarming for nesten 60 % av husholdningene, og Norge har det høyeste gjennomsnittlige elektrisitetsforbruket i verden [2]. For å redusere det høye forbruket av elektrisitet til oppvarming, kom det nye og strengere energikrav i teknisk forskrift fra 01.01.2017. De nye kravene skal bidra til bygninger utføres slik av det tilrettelegges for forsvarlig energibruk [3], lavere energibehov og energieffektive løsninger.

### 1.1. Problemstilling og avgrensinger

Artikkelen bygger på en hovedoppgave ved UiT Narvik, som har samme problemstilling. Hovedmålet med oppgaven er å utrede ulike løsninger som kan benyttes for å tilfredsstille energikravene i teknisk forskrift, TEK 10. Herunder gjelder løsninger for bygningskropp, oppvarmingskilder og tekniske systemer. Det vurderes også hvilke tiltak som må utføres for å oppnå passivhusstandard for mannskapsdelen av brannstasjonen. Det utføres også et mulighetsstudie om hvordan man kan oppnå lavenergistandard for bygninger med store dør- og vindusarealer.

Artikkelens opprinnelse er i forbindelse med at Ofoten Interkommunale brann- og redningsvesen (OBR) har behov for nytt lokale til ny brannstasjon i Narvik. Brannstasjonen inneholder bl.a. store garasjearealer, oppmøte for driftspersonell, gymsal, vognhall og mannskapsdel fordelt på fire etasjer. Når valg av materialer og løsninger er tatt for å utrede ulike løsninger for bygget, er det ikke tatt hensyn til praktiske eller kostnadsmessige faktorer.

## 2. Mulighetsstudie

Mulighetsstudiet tar for seg mulige løsninger for at en bygning med store vindus- og dørarealer skal kunne tilfredsstillere lavenergi- eller passivhusstandard. Ved prosjektering av lavenergi- eller passivhusbygninger kan kyotopyramiden være et viktig hjelpemiddel.

### 2.1. Krav for å oppnå lavenergi- eller passivhusstandard

For bygninger med store vindus- og dørarealer kan det være utfordrende å tilfredsstillere kravene for å oppnå lavenergi- og passivhusstandard. Ettersom minstekravet til u-verdi for vinduer og dører er skjerpet fra 1,6 til 1,2 (W/m<sup>2</sup>K), kan det medføre store utfordringer for bygg med store glassfelt, mye overlys, store dører eller store porter. Bygninger over 1000 m<sup>2</sup> BRA skal ha energifleksible systemer, dette kan omfatte romoppvarming, ventilasjonsvarme og varmt tappevann. Det er avgjørende å velge riktige løsninger for tekniske installasjoner som sanitær og ventilasjon [3].

For at bygningen skal oppnå lavenergi- eller passivhusstandard må kravene i tabell 1 tilfredsstilles. I tillegg stiller NS 3701 krav til oppvarmingsbehov, kjølebehov og energibehov til belysning.

Tabell 1: Minstekrav til bygningsdeler, komponenter, lekkasjetall og systemer.

Egenskap	Passivhus	Lavenergibygning	TEK 16
U-verdi vindu og dør	≤ 0,80 W/(m <sup>2</sup> K)	≤ 1,2 W/(m <sup>2</sup> K)	≤ 1,2 W/(m <sup>2</sup> K)
Normalisert kuldebroverdi	≤ 0,03 W/(m <sup>2</sup> K)	≤ 0,05 W/(m <sup>2</sup> K)	≤ 0,07 W/(m <sup>2</sup> K)
Varmegjenvinner	≥ 80 %	≥ 70 %	≥ 80 %
Lekkasjetall 50 Pa	≤ 0,60 h <sup>-1</sup>	≤ 1,5 h <sup>-1</sup>	≤ 1,5 h <sup>-1</sup>
SFP-faktor	≤ 1,5 kW/(m <sup>3</sup> /s)	≤ 2,0 kW/(m <sup>3</sup> /s)	≤ 1,5 kW/(m <sup>3</sup> /s)
Varmetapstall (kontorbygg)	≤ 0,40 W/(m <sup>2</sup> K)	≤ 0,50 W/(m <sup>2</sup> K)	

### 2.2. Mulige løsninger for å oppnå lavenergi- eller passivhusstandard

**Lavenergi**standard kan oppnås på forskjellige måter, ved å benytte produkter med bedre egenskaper, omfordeling mellom bygningsdeler eller benytte tekniske systemer som er svært energieffektive. NS 3701 stiller minstekrav til komponenter i ventilasjonsanlegget. For yrkesbygninger kan transmisjonsvarmetapet omfordeles, dvs. bygningsdelenes u-verdier, arealer og kuldebroer. Teknisk forskrift gir ikke anledning til å fravike de andre kravene [4]. Tillatt omfordeling dokumenteres ved å vise at varmetapstallet ikke øker [3]. Hvis man øker glass-, vindus- og dørarealet til over 25 %, må man redusere varmetapet tilsvarende i en annen bygningsdel. Eksempelvis kan man øke isolasjonstykkelsen i vegg eller tak [4].

For at en bygning skal oppnå **passivhusstandard** er kravene de samme som ved lavenergistandard, forskjellen er at alle minstekravene er strengere. Alle minstekravene i tabell 1 er strengere for å oppnå passivhusstandard enn de er for lavenergistandard. For å oppnå passivhusstandard for yrkesbygg er det seks sentrale krav; transmisjons- og infiltrasjonstap, kjølebehov, oppvarmingsbehov, energibehov til belysning, komponenter og luftmengder [5]. Minimumskravet til virkningsgrad for varmegjenvinner er 80 % for passivhusstandard. Dette er 10 % høyere enn lavenergistandard, men lik kravene i TEK 16. Mulige typer

varmegjenvinnere som kan levere en slik virkningsgrad er roterende varmegjenvinner (normalt 70-85 %), motstrømsvarmeveksler (normalt 75-80 %, men kan komme opp mot 90 %) eller kammerveksler (normalt 80-90 %) [6]. Bygningsdelenes isoleringsevne er en vesentlig faktor for å oppnå passivhusstandard.

Luftmengder er en av de viktigste parameterne for energibruk, og lavt energibruk forutsetter effektiv, behovsstyrt ventilasjon. Yrkesbygg trenger store luftmengder, og derfor utgjør energibruk til ventilasjon en betydelig del av det totale energibehovet. Med god behovsstyring kan man spare inntil 40 kWh/m<sup>2</sup> i året på ventilasjon, luftkjøling og luftoppvarming [5]. Energibruk til belysning er ofte en vesentlig energipost i yrkesbygninger, og siden belysningen utgjør en betydelig varmelast øker kjølebehovet. NS 3701 stiller strenge krav til maksimalt årlig energibehov til belysning, og forutsetter et effektivt styringssystem og meget effektiv belysning [5].

Ved å benytte tekniske systemer og komponenter som er energieffektive, kan lavenergi- eller passivhusstandard oppnås. Ved å øke temperaturvirkningsgraden for en varmegjenvinner med noen prosent, eller redusere en bygnings lekkasjetall, kan det gi et betydelig utslag på energirammen [7].

### 3. Inndata for energiberegningene

Brannstasjonen har et totalt areal på 3256,3 m<sup>2</sup>, og et totalt volum på 15593,4 m<sup>3</sup>. Ved energiberegningene er brannstasjonen delt inn i åtte soner. Sonene er fordelt etter type bruk, avhengig av ventilasjonsbehov for å kunne gjøre ulike tilpasninger i de forskjellige sonene. Alle sonene har VAV-ventilasjon, unntatt garasjearealer (sone 1) og vognhallen (sone 6), som har CAV-ventilasjon.

Tabell 2: Inndata for bygningskropp og ventilasjon.

Bygningsdel/komponent	Inndata	Kommentar
Yttervegg: EPS-blokk/betong	0,13 W/(m <sup>2</sup> K)	Iht. beregninger i SIMIEN
Yttervegg: Sandwichelement	0,12 W/(m <sup>2</sup> K)	Iht. PAROC's produktdatablad
Yttertak: Kompakt tak	0,12 W/(m <sup>2</sup> K)	Sintef Byggforsk 471.013
Gulv på grunn	0,10 W/(m <sup>2</sup> K)	Iht. beregninger i SIMIEN
Gulv mot friluft	0,10 W/(m <sup>2</sup> K)	Iht. beregninger i SIMIEN
Vinduer, dører og porter	0,88 W/(m <sup>2</sup> K)	NorDan, Windsor
Lekkasjetall	1,0 h <sup>-1</sup>	Godkjent iht. krav
Normalisert kuldebroverdi	0,05 W/(m <sup>2</sup> K)	Godkjent iht. krav
Luftfrekvens fra porter	0-0-5-10-5-10-10-10-5-10-0-0	Forutsettes
<b>Ventilasjon</b>	<b>Krav</b>	<b>Kommentar</b>
Driftstid	12 / 5 / 52 (kontorbygning)	NS 3031, tabell A.3
Virkningsgrad varmegjenvinner	83 %	Minimum 80 %, iht. TEK 16
Minste spesifikke luftmengder	I driftstid: 7 m <sup>3</sup> /(hm <sup>2</sup> ) Utenfor driftstid: 2 m <sup>3</sup> /(hm <sup>2</sup> )	VAV og CAV NS 3031, tabell A.6
Tilluftstemperatur	19 °C	NS 3031, tabell A.3
SFP-faktor	I driftstid: 1,4 kW/(m <sup>3</sup> /s) Utenfor: 1,0 kW/(m <sup>3</sup> /s)	NS 3701, tabell 9. Nye krav i TEK 16 er ≤ 1,5 kW/(m <sup>3</sup> /s)

For å tilfredsstille kravet til energifleksible varmesystemer, blir varmepumpe og elektrisitet benyttet som energiforsyning. Varmen hentes fra uteluften og distribueres via et vannbårent varmedistribusjonssystem med gulvvarme og radiatorer som varmeavgivere. Det benyttes en luft/vann-varmepumpe som grunnlast, og en elektro-kjel som spisslast. Varmepumpen står for 90 %, mens elektrisitet står for de resterende 10 % av energiforsyningen til romoppvarming. For oppvarming av tappevann står varmepumpen for 70 %, mens

elektrisitet står for de resterende 30 %. Det forutsettes at disse prosentene kan benyttes ved energiberegninger. Alle internlaster i energiberegningen er iht. standardverdier i NS 3031.

#### 4. Resultater fra energiberegninger

Ved evaluering mot **TEK 16**, er det energirammen (totalt netto energibehov) for bygningen som er avgjørende. Følgende tiltak kan utføres for å tilfredsstille kravene i TEK 16:

- Lekkasjetall: Justeres fra  $1,5 \text{ h}^{-1}$  til  $1,0 \text{ h}^{-1}$

Som vist i figur 1, er totalt energibehov beregnet til  $114,6 \text{ kWh/m}^2$ . Ved justering av lekkasjetall ble totalt netto energibehov redusert fra  $120,0 \text{ kWh/m}^2$  til  $114,6 \text{ kWh/m}^2$ , som er under forskriftskravet på  $115 \text{ kWh/m}^2$ . Figur 2 viser verdier og krav til u-verdier for bygningsdelene.

Energiramme (§14-2 (1), samlet netto energibehov)		Verdi
Beskrivelse		
1a Beregnet energibehov romoppvarming		18,8 kWh/m <sup>2</sup>
1b Beregnet energibehov ventilasjonsvarme (varmebatterier)		11,9 kWh/m <sup>2</sup>
2 Beregnet energibehov varmtvann (tappevann)		5,0 kWh/m <sup>2</sup>
3a Beregnet energibehov vifter		13,6 kWh/m <sup>2</sup>
3b Beregnet energibehov pumper		1,6 kWh/m <sup>2</sup>
4 Beregnet energibehov belysning		25,1 kWh/m <sup>2</sup>
5 Beregnet energibehov teknisk utstyr		34,5 kWh/m <sup>2</sup>
6a Beregnet energibehov romkjøling		0,0 kWh/m <sup>2</sup>
6b Beregnet energibehov ventilasjonskjøling (kjølebatterier)		4,2 kWh/m <sup>2</sup>
Totalt beregnet energibehov		114,6 kWh/m <sup>2</sup>
Forskriftskrav netto energibehov		115,0 kWh/m <sup>2</sup>

Figur 1: Energiramme ved evaluering mot TEK 16 etter gjennomførte tiltak.

Minstekrav (§14-3)		
Beskrivelse	Verdi	Krav
U-verdi yttervegger [W/m <sup>2</sup> K]	0,13	0,22
U-verdi tak [W/m <sup>2</sup> K]	0,12	0,18
U-verdi gulv mot grunn og mot det fri [W/m <sup>2</sup> K]	0,10	0,18
U-verdi glass/vinduer/dører [W/m <sup>2</sup> K]	0,88	1,20
Lekkasjetall (lufttetthet ved 50 Pa trykkforskjell) [luftvekslinger pr time]	1,00	1,50

Figur 2: Minstekrav ved evaluering mot TEK 16 etter gjennomførte tiltak.

Ved evaluering mot **lavenergi standard**, er det totale varmetapstallet avgjørende. Som tabell 1 viser, skal det totale varmetapstallet være maksimum  $0,50 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  for lavenergibygninger etter NS 3701.

For at brannstasjonen skal tilfredsstille kravene er det enkelte tiltak som må gjøres for å redusere energibehovet for oppvarming. Følgende tiltak utføres for at brannstasjonen skal tilfredsstille energikravene:

- Gulv på grunn: Øke isolasjonstykkelsen fra 200 mm til 300 mm
- Gulv mot friluft: Øke isolasjonstykkelsen fra 250 mm til 350 mm
- Varmegjenvinner: Øke temperaturvirkningsgrad fra 83 % til 86 % (sone 1 og sone 6 økes til 85 %)

- Lekkasjetall: Nedjusteres fra 1,0 h<sup>-1</sup> til 0,6 h<sup>-1</sup>
- Normalisert kuldebroverdi: Nedjusteres fra 0,05 W/(m<sup>2</sup>K) til 0,03 W/(m<sup>2</sup>K)
- Luftfrekvens: Reduseres med 15 % årlig for porter på 4m \* 4m, dvs. at luftfrekvensen reduseres fra 10 % til 5 % for Juni, Juli og August

Varmetapsbudsjett	
Beskrivelse	Verdi
Varmetapstall yttervegger	0,12
Varmetapstall tak	0,05
Varmetapstall gulv på grunn/mot det fri	0,05
Varmetapstall glass/vinduer/dører	0,09
Varmetapstall kuldebroer	0,03
Varmetapstall infiltrasjon	0,07
Totalt varmetapstall	0,41
Krav varmetapstall	0,50

Figur 3: Varmetapsbudsjett for lavenergi standard etter gjennomførte tiltak.

Minstekrav enkeltkomponenter		
Beskrivelse	Verdi	Krav
U-verdi glass/vinduer/dører [W/m <sup>2</sup> K]	0,88	1,20
Normalisert kuldebroverdi [W/m <sup>2</sup> K]	0,03	0,05
Årsmidlere temperaturvirkningsgrad varmegjenvinner ventilasjon [%]	86	70
Spesifikk vitteeffekt (SFP) [kW/m <sup>3</sup> /s]:	1,40	2,00
Lekkasjetall (lufttetthet ved 50 Pa trykkforskjell) [luftvekslinger pr time]	0,60	1,50

Figur 4: Minstekrav til enkeltkomponenter ved evaluering mot lavenergi standard etter gjennomførte tiltak.

Ved evaluering mot **passivhusstandard** for mannskapsdelen, skal det totale varmetapstallet være maksimum 0,44 W/(m<sup>2</sup>K). Ved evaluering mot passivhusstandard benyttes den godkjente evalueringen mot lavenergi standard. Energiberegningen utføres ved å simulere kun mannskapsdelen (sone 8) av bygningen. Ved simulering av mannskapsdelen, er det sett bort fra resten av bygningen, og simuleringen vil kun kunne gjelde som en del av evalueringen mot lavenergi standard.

Varmetapsbudsjett	
Beskrivelse	Verdi
Varmetapstall yttervegger	0,07
Varmetapstall tak	0,13
Varmetapstall gulv på grunn/mot det fri	0,00
Varmetapstall glass/vinduer/dører	0,07
Varmetapstall kuldebroer	0,03
Varmetapstall infiltrasjon	0,05
Totalt varmetapstall	0,35
Krav varmetapstall	0,44

Figur 5: Varmetapsbudsjett passivhusstandard.

Siden det ble utført forbedringer for både bygningskroppen og tekniske komponenter ved tiltak for å oppnå lavenergi standard, tilfredsstiller disse også kravene til passivhusstandard. Som figur 6 viser, ble normalisert kuldebroverdi og lekkasjetall utbedret til passivhusstandard, i tillegg er temperaturvirkningsgraden til varmegjenvinneren allerede over 80 %, som er minstekravet.

Minstekrav enkeltkomponenter		
Beskrivelse	Verdi	Krav
U-verdi glass/vinduer/dører [W/m <sup>2</sup> K]	0,69	0,80
Normalisert kuldebroverdi [W/m <sup>2</sup> K]	0,03	0,03
Årsmidlere temperaturvirkningsgrad varmegjenvinner ventilasjon [%]	85	80
Spesifikk vitteeffekt (SFP) [kW/m <sup>3</sup> /s]:	1,40	1,50
Lekkasjetall (lufttetthet ved 50 Pa trykkforskjell) [luftvekslinger pr time]	0,60	0,60

Figur 6: Minstekrav til enkeltkomponenter, passivhusstandard.

## 5. Konklusjon

Resultatene fra energiberegningene har vist at med et godt utgangspunkt trengte kun lekkasjetallet å nedjusteres for at brannstasjonen skulle tilfredsstillere kravene i TEK 16. Energiforbruket ble redusert så mye ved dette tiltaket at energirammen ble tilfredsstillt. Resultatene fra evaluering mot lavenergistandard krevde flere tiltak for å oppfylle kravet til netto oppvarmingsbehov. Det ble utført både forbedringer på bygningskroppen og tekniske komponenter, selv om både krav til enkeltkomponenter og varmetapstall var tilfredsstillt. Tiltakene som ble utført for å tilfredsstillere lavenergistandard var gode nok til å tilfredsstillere kravene i passivhusstandard også. Derfor var ingen ytterligere tiltak nødvendig ved energiberegning av mannskapsdelen. Evalueringen av mannskapsdelen er kun gjeldende som en sone i brannstasjonen, ikke som en selvstendig enhet.

De enkelttiltakene som gir best utslag på energiberegningene er forbedring av lekkasjetall, normalisert kuldebroverdi og virkningsgrad for varmegjenvinner. For å oppnå et så lavt lekkasjetall kreves stor fokus på tetting i byggefasen. Lufttetthetsmålinger er den eneste metoden for å kontrollere at man oppnår god lufttetting av bygningen. For at brannstasjonen skal kunne tilfredsstillere lavenergistandard er tiltakene som er utført avgjørende, men andre tiltak kan også benyttes.

## 6. Referanser

- [1] nve.no. Energibruk i Norge. [Internett]. Oslo: Norges vassdrags- og energidirektorat; 08.06.2016 [hentet 02.02.2017]. Tilgjengelig fra: <https://www.nve.no/energibruk-og-effektivisering/energibruk-i-norge/>
- [2] SINTEF, NTNU. Enøk i bygninger: effektiv energibruk. 3. utgave, 2. opplag. Trondheim: Gyldendal Norsk Forlag AS; 2014. 476 s.
- [3] dibk.no. Byggeteknisk forskrift (TEK 10), kapittel 14 Energi. [Internett]. Oslo: Direktoratet for byggkvalitet, 01.01.2016. [hentet 12.01.2017]. Tilgjengelig fra: <https://dibk.no/byggeregler/tek/3/14/innledning/>
- [4] byggforsk.no. Omfordeling av varmetap ved fravik av krav til energiltak. [Internett]. Sintef byggforsk 471.023, Juni 2011. [hentet 20.01.2017]. Tilgjengelig fra: <http://bks.byggforsk.no/DocumentView.aspx?sectionId=2&documentId=3303>
- [5] Lavenergiprogrammet. Prosjektering av passivhus. 3. utgave, 4. opplag. Oslo: Zoom Grafisk; 2014. 222 s.
- [6] Ingebrigtsen S. Ventilasjonsteknikk Del 1. 1 opplag. Oslo: Skarland Press AS; 2015. 503 s.
- [7] lavenergiprogrammet.no. [Internett]. Oslo: Lavenergiprogrammet. [hentet 19.01.2017]. Tilgjengelig fra: <http://lavenergiprogrammet.no/>