



Institutt for bygg, energi og materialteknologi

Langsiktig effekt av energifokus for hotellbygg

Long-term effect of energy focus for hotel building

Jonas Kjær

Masteroppgave i integrert bygningsteknologi, BYG-3900, Mai 2021



MASTEROPPGAVE

For

Jonas Kjær (530 703)

Vår 2021

Langsiktig effekt av energifokus for hotellbygg

(Long-term effect of energy focus for hotel building)

This document is the formal assignment and task description for a master's thesis project at University of Tromsø (UiT). The master's thesis project may be given in collaborating with industry partner or external research institute.

Changes may be done with respect to the content and extent of the project. The given title of this master thesis project is to be regarded as a working title and may be slightly change during this project. However, such changes should be discussed with all parties and must be approved by the main supervisor at the UiT.

Bakgrunn

Historisk så har energireglene i byggeteknisk forskrift etc. vært knyttede til varmegjennomgangstall (U-verdi) i ulike bygningsdeler. Ved revideringer av forskriftskravene er det nå muligheten ved å bruke funksjonskrav, parallelt med de mer detaljerte spesifikasjonskravene til bygningsdeler. Energirammer og varmetapsrammer er slike funksjonskrav. Ved revideringen av de gjeldende energireglene i byggeteknisk forskrift er utformingen av henholdsvis funksjonskrav og spesifikasjonskrav en sentral problemstilling. Systemgrensen for energireglene er også ett sentralt spørsmål, skal man for eksempel inkludere energiforsyningen i et funksjonskrav og på så måte kunne kompensere en dårligere klimaskjerm med et energiforsyningsalternativ med bedre virkningsgrad?

I denne sammenhengen ønsker Consto Nord AS å synliggjøre langsiktig økonomisk konsekvens av investering i energibesparende tiltak for aktuell hotellbygning.

Problemstilling

Hovedproblemstilling er å synliggjøre langsiktig økonomisk konsekvens av investering i energibesparende tiltak for hotell.

- Løfte enerklasse fra minstekrav i TEK17 til energiklasse A, bygningsmessige tiltak og energibærere.
- Se på alternativ energibærere:
 - Fjernvarme
 - Varmepumpe, vann/vann. Også frikjøling. Varmepumpe ivaretar forbruksvann, Fjernvarme ivaretar oppvarming.
 - Varmepumpe, løsning fra Polar energi. Også frikjøling. Kan gi konsesjonsfritak fra fjernvarmetilknytning. Løsning ivaretar forbruksvann og oppvarming
- Vurdere effekt ved bruk av fjernvarme til hotell med energiklasse A i forhold til minstekrav i plan bygningsloven
- Bygningsmessige tiltak
 - Lekkasjetall
 - SFP-faktor (FFP verdi?)
 - U-verdi bygningskonstruksjoner. Hva gir størst effekt?
 - ventilasjonsgjenvinning
 - Isolasjon i vegger (samme tykkelse som i energiklasse b)
- Livsykluskostnader
- Lekkasjetall 0.6 til 0,5
 - FFP verdi
 - U-verdi tak, va gir størst effekt
 - ventilasjon gjenvinningstak
 - Isolasjon i vegger (samme tykkelse som i energiklasse b)
 - kostnad på prosjekt
 - 161 Kw/m²
 - Lekkasjetall fra 1,5 til 0,4 så reduserer vi energibehov fra 153 til 143 kwt/m².

Det skal utarbeides en beskrivelse og analyse av langsiktig økonomisk konsekvens av investering i alternative energibesparende tiltak, spesielt tilrettelagt eller anvendbar for aktuelt hotellbygg i aktuell: Funksjonsriktige bygge-, konstruksjons- eller installasjonstekniske løsninger med hensyn til aktuell klimabelastning.

Prosjektbeskrivelse masteroppgave

- ✳ **Innledende arbeid & forstudie** relatert til den aktuelle oppgaven, en naturlig forberedelse og klargjøring av det videre arbeid i prosjektet:
 - Generell analyse av oppgavens problemstillinger.
 - Undersøkelse/analyse av aktuelle lover, regler, kravspesifikasjoner, retningslinjer, praktiske erfaringer og anbefalinger ift oppgavens problemstillinger.
 - State-of-the-art undersøkelse med hensyn til aktuelle bygge-, konstruksjons- og installasjonstekniske løsninger.
 - Klarere definisjon i forhold til begrensinger og omfang av oppgaven.
 - Klargjøring/beskrivelse av de arbeidsoppgaver som må gjennomføres for løsning av oppgaven.
 - Revidert prosjektbeskrivelse og tidsplan for framdriften av prosjektet.
- ✳ Vurdere alternativ energibærere
- ✳ Vurdere effekt ved bruk av fjernvarme
- ✳ Bygningstekniske tiltak
- ✳ Livsykluskostnader
- ✳ Vurdere lekkasjetall
- ✳ Forslag til eventuelt fremtidig/gjenstående arbeid.
- ✳ Beskriv oppgavens faglige og samfunnsmessige relevans og hvorvidt oppgaven relevans i forhold til FNs bærekraftsmål.

Begrensning av oppgaven/prosjekt

Eventuelle begrensninger i oppgaven utarbeides i det innledende arbeid & forstudie.

Samarbeidspartner

Oppgaven gjennomføres i samarbeid med Consto Nord AS.

Oppdragsgiver skal fremskaffe nødvendige opplysninger og grunnlag for å løse oppgaven (tegninger, spesifikasjoner etc.).

Klassifisering av oppgaven

Oppgaven skal i utgangspunktet klassifiseres som *åpen* og i henhold til UiT's retningslinjer. Endringer med hensyn til klassifisering, publisering eller deling av rapporten kan eventuelt bli gitt for å beskytte oppdragsgivers rettigheter/eiendom.

En avklaring av forhold rundt oppdragsgivers rettigheter/klassifisering av oppgaven utarbeides i det innledende arbeid & forstudie.

Innledende arbeid & forstudie

Innen 4 uker etter at oppgaveteksten er utlevert skal resultatene fra det innledende arbeid og litteraturstudium være ferdigstilt og diskuteres med veilederne. Arbeidsplan og planlagte arbeidsoppgaver skal godkjennes av veilederne før kandidaten fortsetter med resten av hovedoppgaven. **Resultater fra det innledende arbeid inkluderes naturlig inn i innledningen og andre kapitler i masteroppgaven og det trenger dermed ikke være utformet en egen forstudierapport.**

Generelle krav til rapportering/sluttrapport

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.

Generelle retningslinjer

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 veileder på UiT.

Besvarelsen leveres digitalt i WISEflow.

Utleveringsdato (starttidspunkt):	12.01.2021
Innleveringsdato (deadline):	15.05.2021

Kandidater	Jonas Kjær (530 703) Telefon: (+47) 46742180 e-mail: jkj018@post.uit.no
Med-veileder/kontaktperson bedrift	Torfinn Bobakk Prosjektleder Consto Nord AS Telefon: (+47) 97 96 71 07 e-mail: Torfinn.Bobakk@consto.no
Faglig ansvarlig/veileder ved UiT	Professor Per-Arne Sundsbø, Dr. Ing. Telefon: (+47) 769 66257 / 92 46 34 30 e-mail: psu002@uit.no

Narvik, 12.01.2021

Per-Arne Sundsbø
Faglig ansvarlig/veileder

Avvik fra oppgaveteksten

I oppgaven problemstilling er følgende endringer gjort:

- Løfte Hotellets fra energiklasse B og ikke fra minstekrav i TEK17.
- Det skal spesifikt kun ses på energikildene Fjernvarme og Varmepumpeløsning fra Polar Energi. Og ikke kjølealternativer
- Punktet (FFP verdi) er avvik som ikke er tatt med i videre vurdering

Forord

Denne oppgaven er et resultat av det 2-årige sivilingeniørstudiet Integreert bygningsteknologi ved institutt for bygg, energi og materialteknologi ved UiT. Oppgaven tilsvarer 30 studiepoeng som fullfører studieforløpet på totalt 120 studiepoeng med påfallende tittel sivilingeniør.

Oppgaven er skrevet i samarbeid med Consto som er et av Norges ledende konsern innenfor bygg og anleggsbransjen¹. Kontakten med Consto ble knyttet ved sommerjobb i 2020 på prosjektet «The storm» i Bodø. Det ble derfor naturlig å få til et samarbeide med Consto angående masteroppgave. Det ble enighet om å finne en problemstilling knyttet til prosjekteringen av Quality Hotel Harstad. Oppgavens tema ble utarbeidet på bakgrunn av Consto Nord sin interesse for å synliggjøre effekten av energibesparende tiltak knyttet til Quality Hotel Harstad. Oppgaven ser på de langsiktige økonomiske konsekvensene av å heve energiklassen på bygget. I tillegg skal hensiktsmessige energibesparende tiltak vurderes.

Forfatteren ønsker å rette en stor takk til Lars Hansen og Tor Nordli-Mathisen i Polar Energi som har tatt seg tid til å arrangere befarings på Thon Hotel Harstad, og i tillegg for å ha tatt seg tid til å lage et prisanslag på deres systemløsning tilpasset Quality Hotel Harstad. Videre ønsker forfatteren å rette en stor takk til veilederne Torfinn Bobakk fra Consto og Per-Arne Sundsbø fra UiT for å ha bistått med innspill i løpet av oppgavens forløp.

¹ <https://consto.no/om-oss/>

Forsidebilde (Consto, u.å).

Sammendrag

Bygg-og anleggsnæringen står for 40% av klimagassutslippene på verdensbasis. I Norge er rundt 40% av energibruken relatert til drift av bygg. Klimagassutslippene må reduseres for at Norges skal klare å oppnå FNs bærekraftsmål innen 2030.

Oppgaven skal undersøke langsiktig effekt av energifokus for Quality Hotel Harstad, som er prosjektert etter Byggteknisk forskrift (TEK17). Energiberegningsverktøyet SIMIEN er anvendt for å analysere energibehovet til hotellet, og kartlegge hvilke energibesparende tiltak som gir høyest effekt. Hovedmålet er å vurdere hvilke tiltak som bør iverksettes for å heve hotellets energiklasse fra B til A i henhold til energimerkeforskriften. De undersøkte tiltakene er økt isolasjonstykkelse i vegger og tak, forbedret lekkasjetall i konstruksjonen og økt varmegjennvinningsgrad på ventilasjonsaggregatene. I tillegg ble det gjort en vurdering av den mest energieffektive energikilden til å levere varme og varmt tappevann til hotellet. Spesifikt ble fjernvarmeløsning fra Statkraft og varmepumpeløsning fra Polar Energi vurdert. Det ble utviklet et Excel-ark ved hjelp av nåverdi og tilbakebetalingsmetoden for å vurdere lønnsomheten av de energibesparende tiltakene. Fra et miljøperspektiv bør grønne oppvarmingsalternativ velges så fremst det ikke gir store økonomiske ulemper.

Resultatene viser at oppgradering av varmegjennvinningsgraden på ventilasjonsaggregatene er det mest effektive tiltaket. Det vil kunne redusere Quality Hotel Harstad sitt årlige energibruk med 8,2% til 13,4%. Det er også det mest lønnsomme tiltaket, med kortest tilbakebetalingstid. Energibesparelsen var derimot ikke stor nokk for å heve hotellets energiklasse. For å heve energiklassen måtte flere tiltak kombineres. Det ble gjort ved å øke isolasjonstykkelse i vegger kombinert med å forbedre lekkasjetall og oppgradere virkningsgrad på varmegjennviner.

Videre viser resultatene en betydelig energibesparelse ved bruk av varmepumpeløsning fra Polar Energi til oppvarming. Varmepumpeløsningen ga den beste oppvarmingseffekten og kunne redusere hotellets årlige energibruk opp til 38%. Dette gjør at hotellet vil kunne oppnå energiklasse A, med grønt oppvarmingsmerke i henhold til energimerkeforskriften.

Abstract

The construction industry accounts for 40% of global greenhouse gas emission. In Norway, around 40% of energy consumption is related to the operation of buildings. Greenhouse gas emissions must be reduced for Norway to be able to achieve the UN's sustainability goals by 2030.

The report will highlight the longterm effect of energy focus for Quality Hotel Harstad, which is designed in accordance with Building Technical Regulations (TEK17). The energy calculation tool SIMIEN has been used to analyze the energy needs of the hotel and identify which energy saving alternatives provide the best effect. The main goal is to assess which construction measures must be implemented to raise the hotel's energy class from B to A in accordance with the energy label regulations. Increased insulation thickness in walls and ceilings, improved leakage rate in the construction and increased efficiency on the heat exchanger are the construction measures that have been considered. In addition, an assessment was made of the most energy efficient energy source to supply heat and hot tap water to the hotel was made. Specifically, district heating solution from Statkraft and heat pump solution from Polar Energi were considered. A calculation sheet was developed in Excel by using the present value and the repayment method to evaluate the profitability of the measure.

The results showed that increased efficiency on the heat exchanger was the most effective construction measure. This could reduce Quality Hotel Harstad's annual energy consumption by 8,2% to 13,4%. It was the most profitable measure with the shortest payback period. However, the energy savings were not sufficient to increase the hotel's energy class. In order to raise the energy class, several construction measures had to be combined. This is done by increasing the insulation thickness in walls combined with improving leakage rates and increasing efficiency on the heat exchanger.

Furthermore, the results show a significant energy savings by using heat pump solution from Polar Energy for heating compared to using district heating. The heat pump solution provided the best heating effect and reduced the hotel's annual energy consumption by 38%. This means that the hotel will achieve energy class A with a green heating label in accordance with the energy label regulations.

Begrepsavklaringer

Netto energibehov: Bygningens behov for energi når virkningsgrad og varmetap er utelatt.

Spesifikk levert energi: Bygningens behov for energi medregnet varmesystemets virkningsgrad og varmetap.

Energiklasse A: Den beste karakteren et bygg kan oppnå i energimerkeforskriften. For hotellbygg må den spesifikke leverte energi vær mindre eller lik 140 [kWh/m²] pr år.

TEK 17: Forskrift om tekniske krav til byggverk.

Spisslast: Største effektbehovet i løpet av et år, typisk på de kaldeste vinterdagene.

Klimaskjerm: Sentrale bygningsdeler som beskytter bygningskroppen mot vær og vind.

Lekkasjetall: En verdi på hvor ofte luften skiftes ut i løpet av en time ved et over/undertrykk på 50 pascal.

Tiltak: I denne oppgaven defineres tiltak som «byggetekniske tiltak, med hensikt å redusere energibehovet til Quality Hotel Harstad».

Forkortelser

QHH: Quality Hotel Harstad

THH: Thon Hotel Harstad

BRA: Bruksareal

COP: Coefficient of performance

SFP: Spesific fan power

NS: Norsk Standard

Innholdsfortegnelse

1. Innledning	1
1.1 Bakgrunn - Klimatisk tilpasning til fremtidens bærekraftsmål	1
1.2 Introduksjon av oppgaven - Quality Hotel Harstad	2
1.3 Oppgavebeskrivelse	2
1.4 Problemstilling	2
1.5 Beskrivelse av Quality Hotel Harstad	3
1.6 Lokalklima i Harstad	4
1.7 Hensikt	5
1.8 Avgrensning av oppgaven	5
2. Metode	6
2.1 Litteraturstudie	6
2.2 Befaring	6
2.3 Beregninger	6
2.4 Innsamling av data og referanser	7
2.5 Mulige feilkilder	7
3. Teori Energi – Forskrifter og regler	8
3.1 Introduksjon av dagens byggetekniske forskrift TEK 17	8
3.2 Energimerkeforskriften	8
3.3 Energimerking av bygg	10
3.4 Hva blir fremtidens krav og videreutvikling av energimerket	11
4. Energibesparende tiltak	14
4.1 Varmeisolering	14
4.2 Lufttetthet i bygningens klimaskjerm	18
4.3 Ventilasjonsaggregat med varmegjenvinner	19
4.4 Energialternativene for Quality Hotel Harstad	21
4.5 Fjernvarme	22
4.6 Varmepumper	27
5. Lønnsomhetsanalyse av energibesparende tiltak	33
5.2 Nåverdimetoden, vurdering av lønnsomheten av tiltakene	36
5.3 Inntjeningsmetoden, «Pay-back- time»	38
5.4 Livssyklus kostnader analyse av systemløsning fra Polar Energi	38
6. Energiberegning	40
6.1 Beregningsverktøyet SIMIEN	40

6.2	<i>Tiltak for å heve energiklasse</i>	42
7.	Resultater	43
7.1	<i>Økt isoleringstykkelse</i>	44
7.2	<i>Effekt av forbedret lekkasjetall</i>	47
7.3	<i>Effekt av forbedret virkningsgrad på varmegjennvinnere</i>	49
7.4	<i>Sammensatte tiltak</i>	51
7.5	<i>Vurdering av Polar Energis Systemløsning</i>	53
7.6	<i>Følsomhetsanalyse</i>	55
8.	Diskusjon	60
9.	Konklusjon	63
9.1	<i>Videre arbeid</i>	64
	Referanser	65
	Vedleg	70

Figurliste

Figur 1: 3D CAD modell av Quality Hotel Harstad (Consto, 2020).....	4
Figur 2: Vindroser for meteorologiske stasjonene i Harstad (Sundsbo, 2013).	5
Figur 3: Fordeling av energi og oppvarmingskarakter for yrkesbygg (Enova, 2020).....	11
Figur 4: Akkumulert antall energiattester (Enova, 2020).	12
Figur 5: Dagens energimerke skala (Enova, 2019).	13
Figur 6: Forslag til endring (Enova, 2019).....	13
Figur 7: Enovas anbefalte beregningsmodell for energimerket (Enova, 2019).	13
Figur 8: Illustrasjon av varmetransport gjennom vegg.	14
Figur 9: Stendervegg (Glava, u.å).	16
Figur 10: Veggsammensetning.....	16
Figur 11: Vegg sammensatt av ulike sjikt (Sintef, 2018).....	17
Figur 12: Reduksjon av netto energibehov (%) (Sintef, 2014).	19
Figur 13: Energi alternativene.....	21
Figur 14: Prinsippskisse fjernvarmeanlegg (Fossdal, 2007).	22
Figur 15: Kart over fjernvarmenettet i Harstad (Statkraft, u.å).....	23
Figur 16: Ventilasjonsanlegg for sorptiv kjøling (Grinrød, 2014).	25
Figur 17: Absorpsjonskjølingsprosessen (Grinrød, 2014).	26
Figur 18: Varmepumpens syklus (Fossdal, 2007).....	27
Figur 19: Polar Energi systemløsning med PSHI (PolarEnergi, 2018).....	29
Figur 20: Tradisjonell varmpumpeløsning (PolarEnergi, 2018).	30
Figur 21: VP 380L tanker til kjøling. Bilde fra befaring av teknisk rom Thon Hotellet i Harstad 30.03.21.....	31
Figur 22: Kraftpris utvikling mot 2040 som følge av NVE sin analyse (NVE, 2020).....	34
Figur 23: Prisutvikling innad i Norge mot 2040 (NVE, 2020).	35
Figur 24: Illustrasjon Nåverdi av besparelser og investering (Gjerstad, 2007)	37
Figur 25: Symbolisten fra NS 3454.....	39
Figur 26: Effekt av økt isolasjonstykkelse fra prosjekterte tykkelse i vegg og tak.....	44
Figur 27: Lønnsomhet av økt isolasjonstykkelse i vegger.	45
Figur 28: Lønnsomhet av økt isolasjonstykkelse i tak.	46
Figur 29: Effekt av forbedret lekkasjetall.	47
Figur 30: Lønnsomhet av tetting av klimaskjerm.	48
Figur 31: Effekt av forbedret virkningsgrad på varmegjenvinnere.	49
Figur 32: Lønnsomhetsanalyse, varmegjenvinnere med virkningsgrad 85%.	50
Figur 33: Lønnsomhetsanalyse, varmegjenvinner 90%.	50
Figur 34: Energibehov ved utførelse av tiltak.....	52
Figur 35: Energiløsning Quality Hotel Harstad.	53
Figur 36: Lønnsomhet, systemløsningen fra Polar Energi.....	54
Figur 37: Kalkulasjonsrente 5%.....	55
Figur 38: Kalkulasjonsrente 6%.	56
Figur 39: Kalkulasjonsrente 7%.	56
Figur 40: Følsomhetsanalyse varmegjenvinnere 85%.	57
Figur 41: Følsomhetsanalyse tilbud 1243 fra Polar Energi.....	58

Figur 42: Følsomhetsanalyse tilbud 1244 fra Polar Energi.....	59
Figur 43:Følsomhetsanalyse tilbud 1245 fra Polar Energi.....	59

Tabbeliste

Tabell 1: Arealfordeling etasjer.....	4
Tabell 2: Krav til energieffektivitet TEK17 (DIBK,20).	8
Tabell 3: Karakterskala for energikarakter etter årlig spesifikk levert energi (ENOVA, 2015).	10
Tabell 4:Varmeovergangsmotstander iht. NS-EN ISO 6946 (Sintef, 2018).....	18
Tabell 5:Sammenligning av varmekilder til varmepumper (Fossdal, 2007).....	28
Tabell 6:Utvikling i strømkostnader ekskl. mva (NOVAP, 2019).....	35
Tabell 7: Ytelsesvalg for energiberegning	41
Tabell 8: Lønnsomhetsanalyse av Byggetekniske tiltak.	43
Tabell 9: Kombinasjon av tiltak.	51

1. Innledning

1.1 Bakgrunn - Klimatisk tilpasning til fremtidens bærekraftsmål

Global oppvarming er kjent problem som følge av den økte konsentrasjon av klimagasser i atmosfæren. Dette fører til store utfordringer verden over og FNs klimapanel påstår at dette i stor grad er menneskeskapt (Regjeringen, 2020 a). Verden har blitt ca. 0.8°C varmere siden førindustriell tid og det er antatt at temperaturen fortsetter å øke i henhold til spesialrapporten som FNs klimapanel la frem i 2018 (Regjeringen, 2020 b). Disse klimaendringer fører med seg alvorlige konsekvenser i form av hyppigere ekstremvær og et havnivå som stiger, nivået har steget hele 19 cm siden 1850. Endringene er mindre merkbar i Norden, men realiteten er at oppvarmingen skjer mye hurtigere i Arktisk. Det er antatt at Nordishavet vil være fritt for is innen 2050 (Regjeringen, 2020 c). For å stoppe denne utviklingen må klimagassutslippene reduseres ytterligere.

Norge har en ambisiøs klimapolitikk og det snakkes mye om det grønne skiftet som handler om at Norge skal bli et lavutslippssamfunn. En konsekvens av dette er opprettelsen av klimaloven som trådte i kraft den 01.01.2018. §1 beskriver formålet med loven slik «Loven skal fremme gjennomføring av Norges klimamål som ledd i omstilling til et lavutslippssamfunn i Norge i 2050» (Klimaloven, 2018, § 1). Gjennom klimaavtalen med EU skal Norge samarbeide med å redusere klimautslipp innen 2030 med 40% sammenlignet med utslippene fra referanseåret 1990 (Regjeringen c). Regjeringen har uttrykt ambisjoner om å redusere utslippene med opptil 95% innen 2050 (Regjeringen, 2020 c). For at Norge skal nå sine utslippsmål må det gjøres store omstillinger i samfunnet, et såkalt paradigmeskifte.

Bygg- og anleggsnæringen er Norges nest største næring og hadde en omsetning på 625 millioner kroner i 2019 (SSB, 2019). Bygg står alene for ca. 40% av all energibruken i Norge. Bransjen står for rundt 40% av klimagassutslippene på verdensbasis, forskjellen fra Norge er at den største delen av den globale bransjen varmer opp og drifter byggene med fossilt brensel. Det gjør at konsentrasjonen av direkte utslipp er svært høye globalt sett (Energifaktanorge, u.å). Norge har i lengre tid jobbet med utfasing av oljefyring i bygg og næringsbygg, i 2020 kom det et forbud mot bruk av mineralolje til oppvarming (Regjeringen d, 2018). Det har ført til store utskiftninger av fossile energikilder til fordel for fornybare. Forbudet har gjort at etterspørselen av elektrisitet har økt, slik at effektivisering av energibruken er nødvendig for å ikke overbelaste strømmnettene. Derfor er det viktig å rette fokus på bærekraftige bygg og energieffektivisering av bransjen slik at Norges totale energibruk reduseres. Oppgaven skal fokusere på å effektivisere energibruken til oppvarming i yrkesbygninger av typen hotell, som et av mange tiltak for å senke den totale energibruken bygninger står for.

1.2 Introduksjon av oppgaven - Quality Hotel Harstad

Det er planlagt et nytt hotellbygg i Harstad sentrum på kaarbø kvarteret langs sjøkanten med et areal på 8424 m² fordelt på 11 etasjer. Hotellet skal bygges med 180 hotellrom med restaurant i 1 etasje, planlagt ferdigstillelse er sommeren 2022. I den sammenheng skal langsiktig effekt av energifokus for Quality Hotel Harstad vurderes. Det skal utarbeides en beskrivelse av energieffektive løsninger. Økonomisk og funksjonsriktig vurdering ved bruk av fjernvarme kontra Polar Energis luft-til-vann-varmepumpeløsning med hensyn til aktuell klimabelastning. Energiriktige tiltak som kan heve hotellets energikarakter fra B til A skal vurderes på grunnlag av beregninger i simuleringsprogrammet SIMIEN.

1.3 Oppgavebeskrivelse

- Innledende arbeid og forstudie bestående av:
 - Generell analyse av oppgavens problemstillinger
 - Undersøkelse/analyse av aktuell teori og erfaringer knyttet til oppgaven
 - State-of-the-art undersøkelse av byggetekniske løsninger
 - Begrense oppgavens omfang ved å sette rammer
- Vurder alternativ energiløsninger henholdsvis fjernvarme og systemløsning fra Polar Energi
- Energieffekten ved å bruke varmepumpeløsning sammenlignet med fjernvarme
- Vurder tiltak for å løfte hotellets energiklasse fra B til A
- Investeringskostnader
- Nåverdi
- Forslag til videre arbeid
- Beskrivelse av oppgaven faglige og samfunnsmessige relevans og hvorvidt oppgavens relevans i forhold til FNs bærekraftsmål

1.4 Problemstilling

Hovedproblemstilling er å synliggjøre langsiktig økonomisk konsekvens av investering i energibesparende tiltak for Quality Hotel Harstad. Det skal vektlegges å løfte hotellets energikrav fra klasse B til å tilfredsstille energiklasse A etter energimerkeforskriften. Ut fra dette skal det vurderes hva som er den mest hensiktsmessige energikilden for hotellet på bakgrunn av energibruk og økonomi. Tilknytting til fjernvarme og varmepumpeløsninger fra Polar energi skal spesifikt vurderes som energikilde. Det skal vurderes hvilke bygningstekniske tiltak gir størst energibesparende resultater, og er det økonomisk bærekraftig å gjennomføre eller gir det mer påkostninger enn det smaker.

Forskningsspørsmål

1. *Hvilke byggetekniske tiltak gir størst effekt?*
2. *Hvilke tiltak må gjennomføres slik at hotellets energikarakter kan heves fra energiklasse B til A?*
3. *Er effekten størst ved bruk av fjernvarme eller varmepumpeløsning fra Polar Energi til oppvarming?*

Aktuelle alternativene energikilder til oppvarming av Quality Hotel Harstad:

- Fjernvarme til både romoppvarming og forbruksvann med alternativ kjøling
 - Absorpsjonskjøling
 - Sorptiv kjøling
 - Kompressorkjøling
- Varmepumpeløsning fra Polar Energi
 - Luft-til-vann varmepumpe til romoppvarming og forbruksvann
 - Konesjonsfritak fra fjernvarmetilknytting

Aktuelle energibesparende tiltak:

- Forbedring av U-verdi i bygningskonstruksjon
- Forbedring av lekkasjetall i konstruksjonen
- Ventilasjonsgjenvinning

1.5 Beskrivelse av Quality Hotel Harstad

Informasjon til beskrivelse av hotellbygget er hentet fra leveransebeskrivelsen «Bygningsmessig og teknisk beskrivelse, Ett sammenfattet dokument mellom Nordic Property Management og Consto» levert av Consto 03.02.2020.

Quality Hotel Harstad er under bygging ved sjøkanten i Harstad sentrum og skal stå ferdigstilt sommeren 2022. Hotellet omfatter totalt $8424m^2$ BTA og skal romme 180 rom fordelt på 11.etasjer, konferanselokale med kapasitet til 700 personer, restaurant og bar. Hotellet skal prosjekteres og utføres i henhold til gjeldende byggeforskrifter, Norske standarder og skal tilfredsstillende krav etter NS 3420 og TEK 17. Kaarbø Utvikling AS er utbygger, Nordic Choice Hotels blir leietaker av hotellbygget. NCH har en «en målsetning om at hoteller i kjeden skal ha et tiltalende og moderne designe med god kvalitet og en energi- og miljøprofil som er bedre enn myndighetspålagte minimumskrav». De har en strategi om å drifte hotellbygg med en energi- og miljøprofil som holder høyere standard enn myndighetspålagte minimumskrav. Deres fremtidige visjon er at hotellene i kjeden skal være blant de mest energieffektive i Norden. Derfor er det viktig at valg av design og bygningstekniske løsninger velges og bygges med et bærekraftig og fremtidsrettet perspektiv.



Figur 1: 3D CAD modell av Quality Hotel Harstad (Consto, 2020).

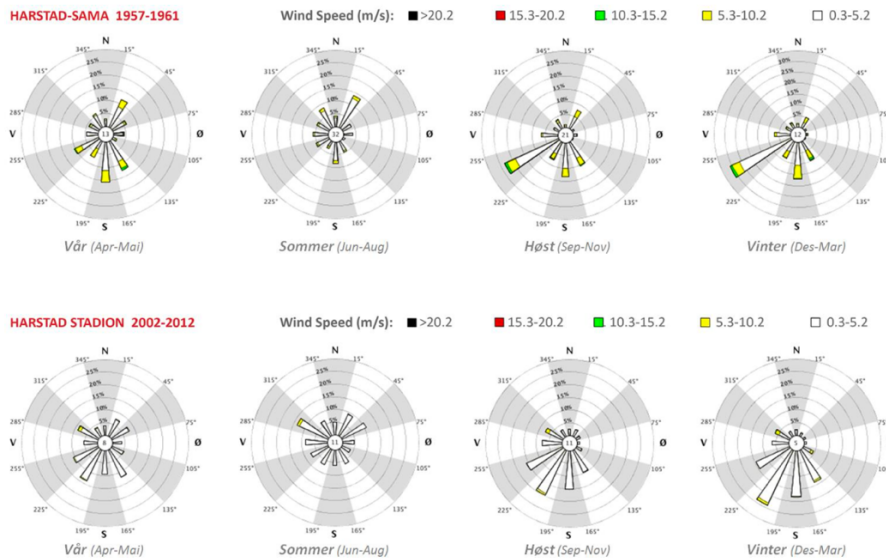
Plan 1. etasje	1501 m ²
Plan 2. etasje	1123 m ²
Mesainin	58 m ²
Plan 3-11. etasje	5742 m ²
Totalt areal	8424 m ²

Tabell 1: Arealfordeling etasjer.

1.6 Lokalklima i Harstad

Det aktuelle hotellet skal oppføres i Harstad som er en kystby nord for polarsirkelen i Troms og Finnmark fylke med 24 748 innbyggere (SSB b, 2020). Klimaet her kan være varierende med relativt mye vind, regn, snø, kulde og skiftende temperaturer. I tillegg skal hotellbygningen lokaliseres værekspontert ute på kaifronten. Harstad hadde for perioden 1971-2000 en gjennomsnittsverdi på årstemperatur på 4°C og årsnedbør på 875 millimeter, i 2020 var gjennomsnittsverdiene på 5,2°C og 1033,8 mm ifølge Norsk klimaservicesenter (Norsk klimaservicesenter, 2021). De lokale vindforholdene i Harstad påvirkes av omliggende fjell- og terrengformasjoner. Harstad har to tilgjengelige meteorologiske stasjoner på Sama og Harstad. Værobservasjonene fra stasjonene viser at det kan være betydelig forskjell i vindretning og vindstyrke mellom målestasjonene selv om avstanden bare er 1 km. Vindrosene viser at årstidsvariasjonene har tilsvarende tendenser for de to målestasjonene i Harstad, se figur 2. Nordlige vinder preger sommeren, mens sør-sørvestlige vind preger vinteren. I løpet av året

kommer det mest vind inn fra sør-sørvest. Værobservasjonene fra de to nevnte meteorologiske stasjonene er ikke fullstendig representative til lokasjonen til Quality Hotel Harstad, men kan gi en tilnærmet forståelse av hvordan vindforholdene er i området (Sundbø, 2013).



Figur 2: Vindroser for meteorologiske stasjonene i Harstad (Sundbø, 2013).

1.7 Hensikt

Byggherre har satt krav om at Quality Hotel Harstad skal tilfredsstillere energiklasse A og grønn oppvarmingskarakter. Hotelllets prosjekterte energiattest avviker fra byggherres krav og tilfredsstillere energikarakter B med gul oppvarmingskarakter. Hensikten med oppgaven er å analysere og presentere hensiktsmessige energiltak for å redusere energibehovet til Quality Hotel Harstad. Slik at det tilfredsstillere energiklasse A etter energimerkeforskriften.

Videre skal det undersøkes hvilke energikilder som er mest hensiktsmessig. Det skal dokumenteres ved energiberegninger og lønnsomhetsanalyse.

1.8 Avgrensning av oppgaven

På grunn av temaets vide omfang ble det valgt at fokuserer på energibesparende tiltak og to alternative energikilder til Quality Hotel Harstad.

De tiltakene som oppgaven skal se nærmere på:

- Økt isolasjonstykkelse i tak og vegger
- Forbedret lekkasjetall i konstruksjonen
- Økt virkningsgrad på ventilasjonsaggregatenes varmegjenvinnere
- Vurdere fjernvarme og varmepumpeløsning fra Polar Energi til oppvarming.

2. Metode

Dette kapittelet tar for seg hvilke systematiske metoder som er brukt for å innhente kunnskap om oppgavens tema. Valg av forskningsmetode har gitt en veiledende fremgangsmåte for å innhente teori og kunnskap som var nødvendig for oppgaven (Grønmo, 2016). Slik at forskningsspørsmålene kan besvares på en strukturert måte.

I denne oppgaven er det anvendt både en kvalitativ og kvantitativ forskningsstrategi. Den kvalitative delen har bestått av litteraturstudie for å innhente og bearbeide aktuell teori. Og deltakelse på befaring der det ble innhentet kvalitative data som var nødvendig for oppgavens resultat. Den kvantitative delen har bestått av innsamling av statistikk vedrørende energimerkede yrkesbygg og energiberegninger.

2.1 Litteraturstudie

Det er gjennomført en omfattende litteraturstudie av hvilke teori, lover og forskrifter som er relevant til aktuell problemstilling. Hensikten var å innhente tilstrekkelig med kunnskap slik at riktige vurderinger og valg ble gjort gjennom oppgaveprosessen.

Teorien som er innsamlet i denne oppgaven baserer seg i stor grad på sekundær data som allerede er innhentet av andre forskere eller institusjoner. De er innhentet i tilgjengelige bøker, rapporter, artikler og data fra tidligere målinger. Dataen som er innsamlet er kvalitetssikret for deres reliabilitet og validitet. Referanser og kilder som er blitt brukt i oppgaven har fått gjennomført en bakgrunnssjekk for å vurderes deres pålitelighet og troverdighet.

2.2 Befaring

Det ble gjennomført en befaring med Polar Energi på Thon Hotel Harstad den 30.03.2021. Hotellet benytter Polar Energis varmepumpeløsning til oppvarming og varmt tappevann. Hensikten med befaringsen var å gi en dypere forståelse i hvordan varmepumpeløsningen fungerer, og innsamling av tekniske data. Løsningen på Thon Hotel Harstad er beskrevet i kapittel 4.6.1. Befaringen foregikk på hotellets tekniske rom der hotellets oppvarmingssystem var installert. Det aktuelle oppvarmingssystemet er bestående av Polar Energis varmepumpesystem, som videre skal vurderes til Quality Hotel Harstad.

2.3 Beregninger

Beregningsverktøyet SIMIEN er brukt for å beregne Quality Hotel Harstads energibehov, og til å vurdere effekten av de byggetekniske tiltakene. Fremgangsmåten er følgende: Steg 1. Årssimulering med Quality Hotel Harstads prosjektert byggetekniske ytelser. Steg 2. Forbedre en av hotellets byggetekniske ytelser, for å så gjøre en ny årssimulering. Steg 3. Sammenligne resultatene. På denne måten kartlegges tiltakenes effekt, ved å logge energibehovet og varmetap i Excel. Beregningene legger grunnlaget for resultatene i oppgaven.

Nåverdi og Pay-Back metoden er anvendt for å utvikle en beregningsmodell i Excel til å vurdere tiltakenes lønnsomhet. Nåverdimetoden er anvendt for å avgjøre om det er lønnsomt å investere i tiltaket. I prinsippet vil en investering med positiv nåverdi være lønnsom. Pay-Back metoden er brukt for å beregne investeringens tilbakebetalingstid. Ved en lønnsom investering vil tilbakebetalingstiden være kortere enn investeringens levetid. De tiltakene som ikke har en definert kostnad, vil det bli beregnet en forsvarlig investeringskostnad.

2.4 Innsamling av data og referanser

Beregningsverktøyet SIMIEN krever mye data om bygningskonstruksjon, tekniske installasjoner og klimaet bygningskroppen skal utsettes for. For best reliabilitet ble disse grunndataene hentet fra Prosjektutvikling Midt-Norge, som i 2020 utarbeidet en energiberegnings rapport for Quality Hotel Harstad.

Fra befarung med Polar Energi på Thon Hotel Harstad og i gjennom kontinuerlig møter over teams, er det innhentet tilstrekkelig informasjon til å utføre energiberegninger med den aktuelle varmpumpeløsningen som energikilde. I tillegg har Polar Energi laget kostnadsoverslag på varmpumpeløsninger tilpasset Quality Hotel Harstad.

Materialkostnader for isolasjon i vegger og tak er hentet fra Norconsults «Norsk Prisbok 2020», prisene baserer seg på kvadratmeterpriser etter spesifisert tykkelse. Pris på oppgradering av ventilasjonsaggregater med tanke på varmegjenvinning er gitt direkte fra Bryn Byggklima som er leverandør av ventilasjonsaggregater til Quality Hotel Harstad.

2.5 Mulige feilkilder

Resultatene fra energiberegningene i SIMIEN vil gi et tilnærmet estimat for energibehov til QHH. Derfor er det viktig at energibruken logges og dokumenteres ved ferdigstillelse og driftsstart. I tillegg er ikke Harstads klimadatabase tilgjengelig i dataprogrammet SIMIEN, derfor ble Narviks klimadatabase brukt ved energiberegningene. Klimadatabasen til Narvik ble valgt på bakgrunn av lokasjon og tilnærmet likt klima som i Harstad. Lønnsomhetsanalysen bygger på spesifikke tallverdier ut fra gitte forutsetninger, hvis en eller flere forutsetninger endres reduseres estimatets nøyaktighet.

3. Teori Energi – Forskrifter og regler

Dette kapittelet skal redegjøre for hvilke energikrav Byggeteknisk forskrift og energimerkeforskriften stiller til bygg.

3.1 Introduksjon av dagens byggetekniske forskrift TEK 17

Forskrift om tekniske krav til byggverk omtales i de fleste sammenhenger som byggeteknisk forskrift eller TEK. Forskriften versjon har endret seg mye siden den ble opprettet i 1997 og dagens gjeldende versjon omtales som TEK17 (DiBK, 2013). Forskriften setter minimumskrav for hvilke egenskaper et bygg må inneha for at det kan oppføres lovlig. Kravene er satt for å sikre at bygg blir prosjektert og utført på en forsvarlig måte med hensyn på kvalitet og utforming, slik at forskriftsmessig krav til sikkerhet og miljø tilfredsstilles. Forskriften består av en stor andel funksjonskrav som beskriver hvilken bestemt funksjon en bygning eller en bygningsdel skal inneha, uten at en bestemt løsning er gitt (DiBK, 17).

«I Norge er det lang tradisjon med å stille krav til bygg og det har vært energikrav til nye bygg siden 1949» (Energifakta Norge, 2019). I dag stilles det strenge krav om energibruk til oppvarming og forvaltning av bygninger. Alle nybygg må tilfredsstille minimumskravene gitt i TEK17. Energikravene er i hovedsak knyttet til bygningers oppvarmede bruksareal og u-verdier til de ulike bygningsdetaljene. Det stilles spesifikke energirammer etter hvilke typer bygg det dreier seg om. F.eks. stilles det krav til at oppvarming av hotell ikke kan overstige et spesifikt energibehov på 170 kWh/m² oppvarmet BRA pr. År. Tabell 1 henviser til minimumskravene til energieffektivitet til yrkesbygg i TEK17.

U-verdi yttervegg [(W/m ² K)]	U-verdi tak [(W/m ² K)]	U-verdi gulv på grunn mot fri [(W/m ² K)]	U-verdi vindu og dør inkludert karm	Lekkasjetall ved 50pa (luftvekslinger pr time)
≤ 0.22	≤ 0.18	≤ 0.18	≤ 1.2	≤ 1.5

Tabell 2: Krav til energieffektivitet TEK17 (DIBK,20).

3.2 Energimerkeforskriften

Energimerkeforskriften tredde i kraft 01.01.2010 med hensikt å kartlegge energibruken til eksisterende bygninger og tekniske anleggs energitilstand, og synliggjøre mulige energieffektiviserings tiltak (Energimerkeforskriften for bygninger, 2010). Formålet med energimerkeforskriften for bygninger beskrives slik i § 1. «Forskriften skal bidra til å sikre informasjon til markedet om boliger, bygningers og tekniske anleggs energitilstand og mulighetene for forbedring, for derigjennom å skape større interesse for konkrete energieffektiviserings tiltak, konkrete tiltak for omlegging til fornybare energikilder, og gi en riktigere verdsetting av boliger og bygninger når disse selges eller leies ut» (Energimerkeforskriften for bygninger, 2010,§1). Det stilles krav til energimerking av alle bygninger som bygges, selges eller leies ut. Alle yrkesbygninger over 1000m² må til enhver

tid ha gyldig energiattest og merkingen må utføres av fagpersoner. Energimerkeforskriften §11 beskriver at en energiattest skal inneholde følgende: energimerke som tar utgangspunkt i energikarakter og oppvarmingskarakter, målt energibruk, tiltaksliste, målt energibruk, sammendrag (Energimerkeforskriften for bygninger, 2010).

Energikarakter er gitt fra en karakterskala som går fra A til G, der A er høyest score og gir en indikasjon om bygningen har høyt eller lavt energibehov (lovdata, 2009). Denne karakteren er en samlet begrunnelse av energieffektiviteten til bygningsmassen og beregnes etter energibehov per kvadratmeter etter NS 3031. Energiberegninger legges til grunn for energikarakteren. En bygningskropp som er godt isolert og bruker fjernvarme eller varmpumper reduserer bygget behov for levert energi og bygget oppnår en god energikarakter (Enova b, 2009).

Oppvarmingskarakteren redegjøres i form av en fargeskala for hvor stor andel av energibehovet til romoppvarming og tappevann som dekkes av andre fornybare energikilder utenom elektrisitet. Fornybare energikilder som gir ingen eller svært lite Klimaavtrykk oppnår grønt oppvarmingsmerke. Bruk av fjernvarme og varmpumpe gir god oppvarmingskarakter (Enova b, 2009).

Målt energibruk er obligatorisk for yrkesbygg og er gjengitt i attesten for å gjøre eiere og brukere oppmerksom på energibruken i bygget (Enova b, 2009).

Tiltaksliste skal gi oversikt over konkrete kostnadseffektive energieffektiviseringstiltak på bygningskonstruksjonen eller på byggets tekniske installasjoner. For nye bygninger er dette påkrevd med mindre det kostnadseffektive forbedringene har lite eller ingen nytte til kravene til de energimessige yteevne (Energimerkeforskriften for bygninger, 2010).

Dokumentasjon av byggets sentrale opplysninger som energiberegningene bygger på (Energimerkeforskriften for bygninger, 2010).

Målt energibruk for yrkesbygg må oppgis fra de siste tre årene bygget har vært i drift (Energimerkeforskriften for bygninger, 2010).

Sammendraget oppsummerer hva som er grunnlaget for energimerkingen (Enova b, 2009).

§ 10 i Energimerkeforskriften beskriver hvilke beregningsmetoder som skal ligge til grunn for utstedelse av energiattest. Paragrafens bestemmelser er rettet mot NVE og leverandører av beregningssystemer (Enova b,2009). Paragrafens første ledd påpeker at beregningsmetodene som legges til grunn for energikarakteren skal være utført i henhold til NS 3031. Beregningsmetoden bygger på normerte verdier som vil si faste poster for brukeravhengige internlaste og normert klima. Dette gjør det enkelt å sammenligne bygg i samme kategori uavhengig av bruksmønster og beliggenhet. Beregnet levert energi er grunnlaget for energikarakteren til et bygg (Bondy, 2012). Tabell 3. nedenfor viser hvilke krav det stilles til levert energi for å oppfylle energikarakter A-G for de ulike bygningskategoriene.

Levert energi pr m^2 oppvarmet BRA ($kW/m^2\text{år}$), *er arealkorreksjon der A= oppvarmet del av BRA.

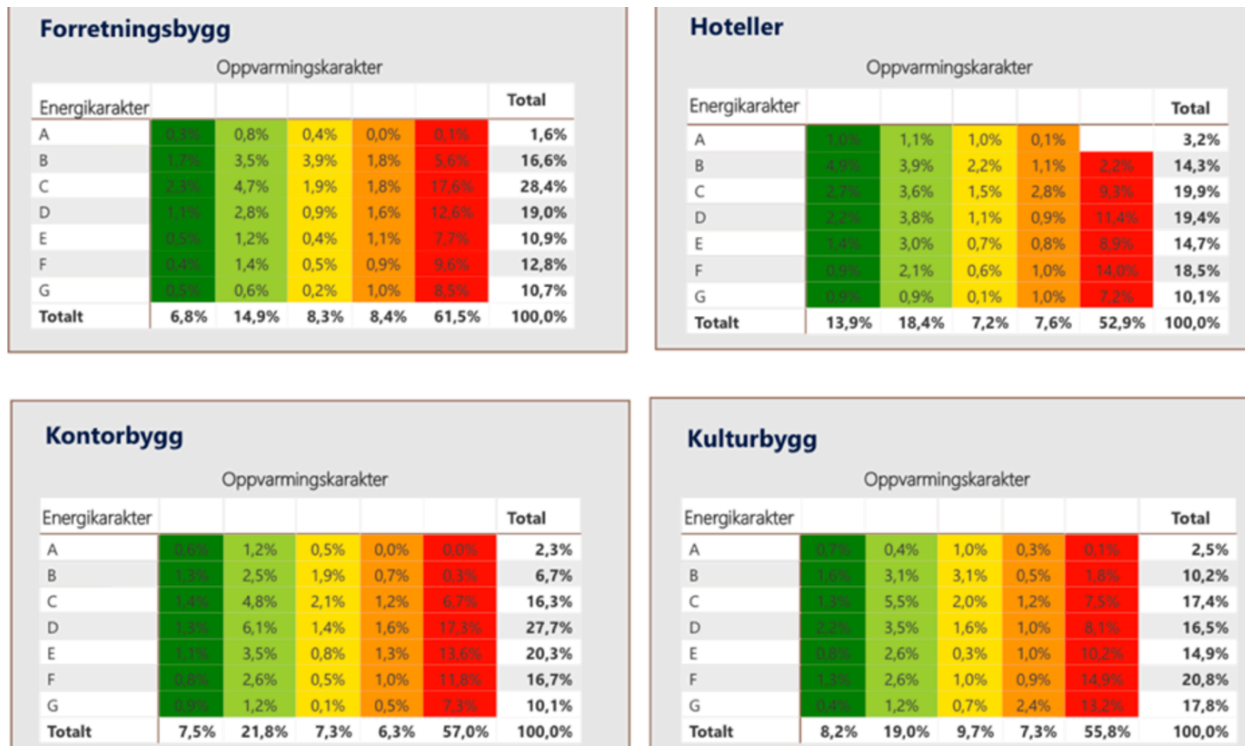
Bygningskategori	A	B	C	D	E	F	G
Småhus	95 + *800/A	120 + *1600/A	145 + *2500/A	175 + *4100/A	205 + *5800/A	250 + *8000/A	> F
Leiligheter	85 + *600/A	95 + *1000/A	110 + *1500/A	135 + *2200/A	160 + *3000/A	200 + *4000/A	> F
Barnehage	85	115	145	180	220	275	> F
Kontorbygning	90	115	145	180	220	275	> F
Skolebygning	75	105	135	175	220	280	> F
Universitetsbygg	90	125	160	200	240	300	> F
Sykehus	175	240	305	360	415	505	> F
Sykehjem	145	195	240	295	355	440	> F
Hotellbygning	140	190	240	290	340	415	> F
Idrettsbygning	125	165	205	275	345	440	> F
Forretningsbygning	115	160	210	255	300	375	> F
Kulturbygning	95	135	175	215	255	320	> F
Industribygg/verksted	105	145	185	250	315	405	> F

Tabell 3: Karacterskala for energikarakter etter årlig spesifikk levert energi (ENOVA, 2015).

3.3 Energimerking av bygg

Energimerking er påbudt ved utleie og salg av boliger og alle yrkesbygg over $1000m^2$. Statistikken som trukket frem i avsnittet under er innhentet fra Enovas portal for energimerkestatistikk (Enova, 2020).

Siden energimerkeforskriften trådte i kraft 01.01.2010 har Enova registrert 1118981 attester for boligbygg og 30370 attester for yrkesbygg, derav 1152 energimerkede hotell. I 2020 ble det utstedt 127520 attester av disse ble 5523 (4,33%) gitt energikarakter A, den største andelen på 25% ble tildelt laveste karakter G. Av alle hotellbygg i Norge er det bare 3,2% som er gitt energikarakter A og av disse 3,2% er det 1% som tilfredsstillt mørkegrønt oppvarmingskarakter, mens nesten 40% er gitt karakter C eller D. Fordeling av energikarakter for ulike yrkesbygg se figur 4 (Enova, 2020).

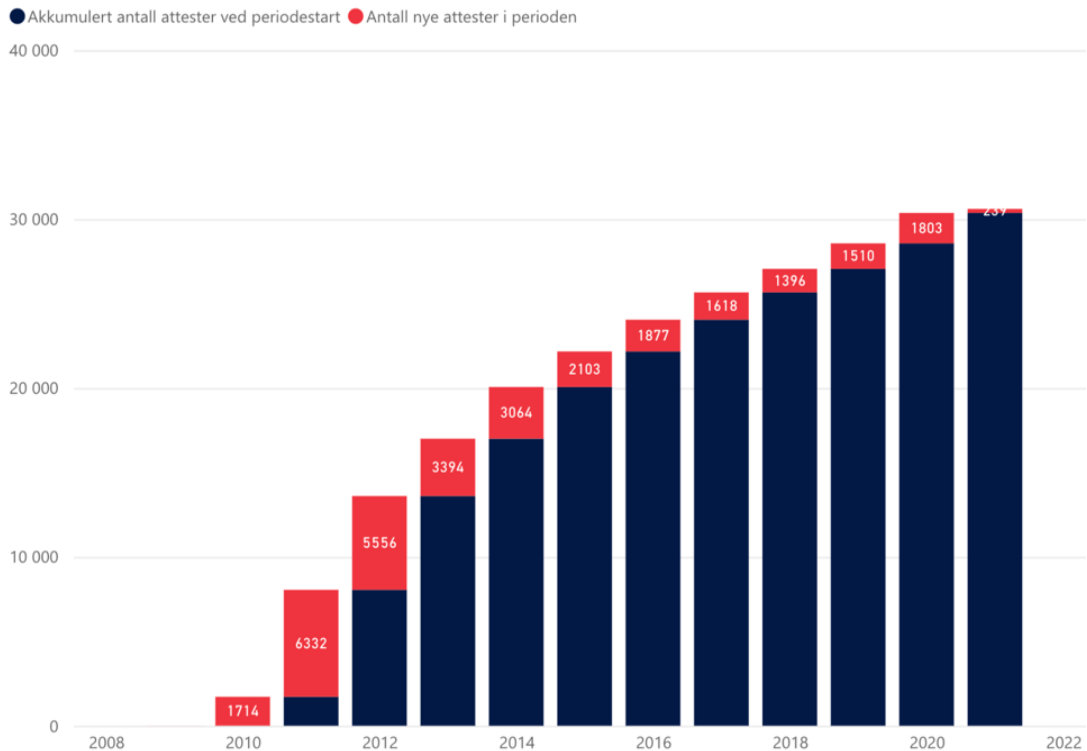


Figur 3: Fordeling av energi og oppvarmingskarakter for yrkesbygg (Enova, 2020).

3.4 Hva blir fremtidens krav og videreutvikling av energimerket

Dette delkapittelet handler om Enovas forslag til videreutvikling av energimerket og teksten i dette kapittelet bygger på informasjon hentet fra Enovas sammendragsrapport med tittelen *Forprosjekt Ny energimerkeordning* som ble utgitt i 2019 av Enova, Trondheim.

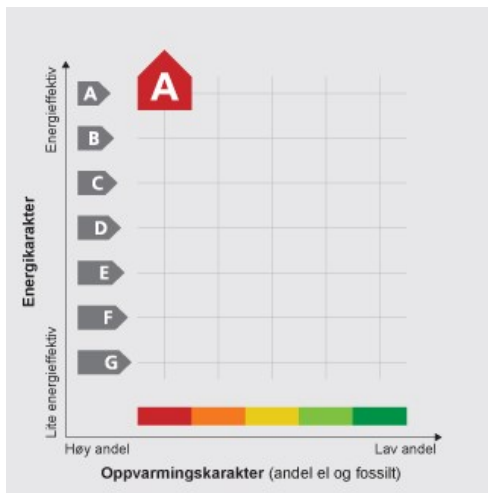
Energimerkeforskriften ble gjeldende i 2010, som følge av dette ble et stort antall yrkesbygg energimerket i en periode kort tid etter påbudet. Største antall yrkesbygg ble energimerket i tidsperioden 2010, 2011 og 2012. En energiattest er gyldig inntil 10 år derfor vil det være et stort antall bygg som må energimerkes på nytt i løpet av 2021 og 2022. Enova laget i 2019 et forslag til endring av energimerkeforskriften i rapporten «Forprosjekt på ny merkeordning» med anbefaling av ny energimerkeordning i løpet av 2021. Slik at det store antallet yrkesbygg som er pålagt til å oppdatere sin energiattest i 2021 og 2022 blir utført med den nye energimerkeordningen. Det er Olje- og energidepartementet oppgave å vurdere de foreslåtte endringene fra Enova. Forprosjektet fra Enova ble sendt til regjeringen på høring den 13. februar 2020. Enova (Personlig kommunikasjon, 02.03.201) påpekte i e-post følgende «*Olje- og energidepartementet har informert om at departementet arbeider med et høringsutkast til ny forskrift med mål om å sende dette på høring våren 2021. Høringsperioden er 3 måneder og tidspunktet for når forskriften kan gjøres gjeldende avhenger av flere faktorer deriblant hvilke høringsinnspill som kommer*». Dermed er det uavklart når en eventuell endring vil forekomme.



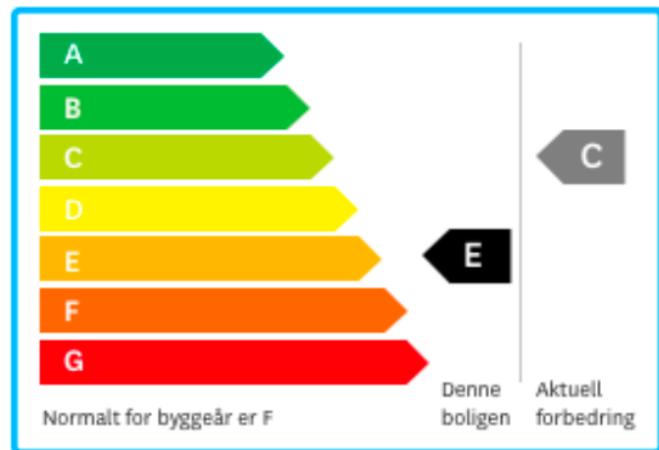
Figur 4: Akkumulert antall energiattester (Enova, 2020).

Slik Enova omtaler seg så jobber de for å skap markedsendringer for løsningene som skal føre Norge til et lavutslippssamfunn. Formålet til Enova er å bidra til en styrket forsyningssikkerhet for energi og teknologiutvikling og med et lengre tidsperspektiv vil de redusere klimagassutslippene (Enova, 2019). Siden energimerkeforskriftens trådte i kraft i 2010 har samfunnet vært i kontinuerlig utvikling med høyere energiutslipps ambisjoner, ny teknologi er blitt tilgjengelig på markedet, innstrammede energirammer og det som i 2010 var gjeldene byggeteknisk forskrift TEK10 er utskiftet med TEK17. Den kanskje største endringen som er et faktum siden forskriftens gyldighet og som taler for en fornyet revisjon er innføringen av forbud mot fyring med fossil olje. Dette har gjort oppvarmingskarakteren i dagens energiattest er lite relevant. I tillegg har effektbelastning på kraftnettet økt betraktelig, derfor anbefaler Enova at dette inkluderes i energimerkeordningen (Enova, 2019).

Energimerkeordningen er kjent i dag ved karakterskala fra A-G se *figur 5*, der oppvarmingskarakteren blir gitt ved en fargeskala fra mørke grønn til rødt. For mange er den vanskelig å forstå, i tillegg har den mistet relevans etter forbudet mot oljefyring. Enova har kommet med forslag til videreutvikling av energimerkeordningen, et eksempel er en forenkling av energi- og oppvarmingskarakter med bare en skala der farge hører sammen med en bestemt bokstav, se *figur 6* (Enova, 2019).



Figur 5: Dagens energimerke skala (Enova, 2019).



Figur 6: Forslag til endring (Enova, 2019).

Enova mener energimerket bør underbygge byggets energitilstand og gi en indikasjon på energikostnader. Dagens energi- og oppvarmingskarakter bør erstattes med en vektet sum av energipoeng og effektpoeng. En Potensiell forbedring på energiattesten skal hjelpe med å bevisstgjøre og motivere eier til utførelse av energibesparende tiltak. Til videreutvikling av energiattesten anbefaler Enova at den forenkles til en A4 side. Attesten skal kunne gi nødvendig teknisk informasjon om bygningens egenskaper, oppvarmingskilder og energibruk (Enova, 2019).

Enova har anbefalt en beregningsmodell der elektrisk effekt er inkludert ved beregning av energikarakteren for å legge til rette for redusert belastningen av kraftsystemet. De anbefaler en modell hvor energi og elektrisk effekt beregnes adskilt og en poengscore fra 0 til 100 som gir grunnlaget for energimerket, se figur 7 (Enova,2019).

$$\text{Energimerket} = a * E_{score} + (1 - a) * P_{score}$$

$$E_{score} = \text{Poengsum for behov levert energi til bygning}$$

$$P_{score} = \text{Poengsum for effektsbelastning til bygget}$$

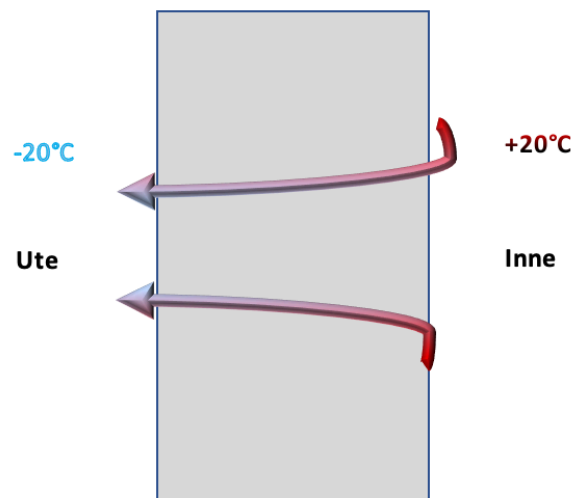
Figur 7: Enovas anbefalte beregningsmodell for energimerket (Enova, 2019).

4. Energibesparende tiltak

I dette kapitlet skal de aktuelle energibesparende tiltakene redegjøres, og hvilke teorier som ligger bak.

4.1 Varmeisolering

Isolering av bygningskroppen for å redusere varmetapet er et av de mest effektive og lønnsomme tiltakene for å redusere byggets energiforbruk. Varmeisolering handler om å holde varmen inne i bygget for å unngå unødvendig energibruk til oppvarming. Isolering er svært effektiv fordi det ikke påvirker byggets bruksvaner og gir størst effekt på vinteren når varmebehovets er størst (Sintef, 2007). Kjent fra teorien om varmelære så transporteres alltid varmeenergi fra det varmeste punktet til et kaldere punkt, se *figur 8*. I Norge er det svært sjeldent at utetemperaturene er høyere enn innendørstemperaturen. Det vil si at det foregår en kontinuerlig varmetransport ut av byggene i store deler av året. Byggeteknisk forskrift har satt minimumskrav til varmetapstall på bygningsdetaljer får redusere varmetapet.



Figur 8: Illustrasjon av varmetransport gjennom vegg.

4.1.1 U-verdi

Begrepet U-verdi eller varmegjennomgangskoeffisienten sier noe om isoleringsevnen til et material eller en bygningsdel. En bygningsdel med lav U-verdi slipper igjennom lite varme og har dermed god varmeisolering. U-verdi benevnes i $W/(m^2K)$, skal avrundes til to gjeldende siffer og beregnes etter Standarden NS-EN ISO 6946 (Sintef, 2018). Formelen for U-verdi er slik etter NS-En ISO 6946.

Ligning for beregning av U-verdi (Sintef, 2018):

$$U = \frac{1}{R_{total}} + \Delta U \left(\frac{W}{m^2K} \right) \quad (1)$$

$R_{total} \left(\frac{m^2K}{W} \right)$ er den totale varmemotstanden for alle sjikt i en bygningsdel.

ΔU er korreksjonstillegg, eks. Luftspalter eller innfesting som trenger gjennom isolasjonen.

$$R = \frac{d}{\lambda_d} \left(\frac{m^2K}{W} \right) \quad (2)$$

R er varmemotstand for et materialsjikt og d er tykkelse til materialsjiktet i meter.

$\lambda_d \left(\frac{W}{mK} \right)$ er materialets varmekonduktivitet, materialets varmeledningsevne.

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + R_n + R_{se}, \left(\frac{m^2K}{W} \right) \quad (3)$$

R_s er varmemotstanden mellom overflaten til en bygningsdel og omgivelsen (R_{si} og R_{se}) se tabell 4.

R_1, R_2, \dots, R_n er varmemotstanden for de forskjellige materialene i sjiktet.

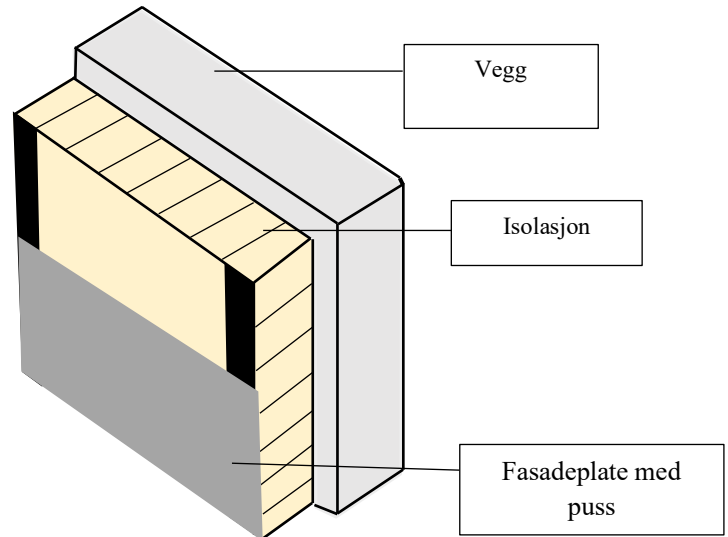
Varmetransport

Ved temperaturforskjell mellom to vegoverflater vil det transporteres varme fra den varmeste overflaten av vegg til den kalde. Transporten av varme kan skje ved varmeledning, konveksjon og stråling. Ved varmeledning transporteres varme igjennom både faste stoffer, væsker og gasser. Varmen fordeler seg ved hjelp av molekylforskyvninger. De «varme» energirike molekylene kolliderer med de «kalde» molekylene. Gjennom denne prosessen overføres kinetisk energi til de «kalde» og energifattige molekylene. Konveksjon er strømmer som transporterer varme gjennom et fluid. Stråling skjer mellom to avskilte overflater med luft eller gass imellom overflatene for eksempel ved hulrom i en vegg (Sintef, 2018).

Bygningsdeler er ofte sammensatt av flere materialer. En vegg kan være sammensatt av for eksempel betong, isolasjon og fasadeplate, *se figur 10*. Veggens består av det som kalles homogent sjikt. *Figur 9* viser en stenderverk fylt med isolasjon som utgjør et sammensatt sjikt, der sjiktet består flere materialer med ulike varmemotstand. I en slik vegg transporteres ikke varmen bare rett igjennom vegg, men også i flere retninger.



Figur 9: Stendervegg (Glava, u.å).



Figur 10: Veggsammensetning.

Varmemotstand i homogene sjikt

Ved beregning av veggens totale varmemotstand, må varmemotstanden i hvert sjikt beregnes først. For å beregne varmemotstanden R ved ligning (2) må en vite materialsjiktets tykkelse og varmekonduktivitet. Den totale varmemotstanden til veggen er summen av varmemotstanden til de ulike sjiktene og kan beregnes slik (Sintef, 2018):

$$R_{tot} = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se} \quad \left(\frac{m^2K}{W}\right) \quad (4)$$

R_{si} = Varmerovergangsmotstanden på innvendig side se tabell 4.

R_1, R_2, \dots, R_n = Den ekvivalente varmemotstanden til hvert sammensatte sjikt.

R_{se} = Varmerovergangsmotstanden på utvendig side se tabell 4.

Varmemotstand i sammensatte sjikt

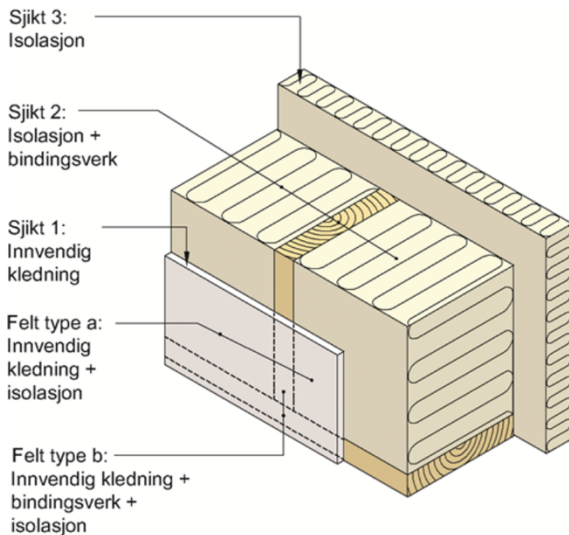
I en vegg eller en bygningsdel som består av et sammensatt sjikt, benyttes en metode som beregner middelverdien av øvre og nedre grenseverdi for varmemotstanden til veggen. Varmemotstanden til hele sjiktet beregnes slik (Sintef, 2018):

$$R_{tot} = \frac{R_{tot;øvre} + R_{tot;nedre}}{2} \quad \left(\frac{m^2K}{W}\right) \quad (5)$$

$R_{tot;øvre}$ = Øvre grenseverdi for varmemotstanden i veggen.

$R_{tot;nedre}$ = Nedre grenseverdi for varmemotstanden i veggen.

Figur 13 illustrer hvordan en vegg som er delt opp i materialsjikt og felter



Figur 11: Vegg sammensatt av ulike sjikt (Sintef, 2018).

Felttypene a og b har forskjellig areal og samlet arealandel f_a beregnes slik (Sintef, 2018):

$$f_a = \frac{\sum A_a}{A_T} \quad (6)$$

$\sum A_a$ = Samlet areal for felttype a

Beregning av øvre grenseverdi ($R_{tot;øvre}$) forutsetter at materialet bare transporterer varme vertikalt gjennom vært sjikt i feltet. Verdien beregnes som et arealveid gjennomsnitt av alle feltene veggens er delt inn i. Grenseverdien for den totale varmemotstanden beregnes slik:

$$R_{tot;øvre} = \frac{1}{\frac{f_a}{R_{tot;a}} + \frac{f_b}{R_{tot;b}} + \dots + \frac{f_q}{R_{tot;q}}} \left(\frac{m^2 K}{W} \right) \quad (7)$$

f_a, f_b, \dots, f_q = Arealandel til de ulike felttypene.

$R_{tot;a}, R_{tot;b}, \dots, R_{tot;q}$ = Totale varmemotstanden for de ulike felttypene.

Beregning av den nedre grenseverdien ($R_{tot;nedre}$) for veggens totale varmemotstand beregnes på samme måte som $R_{tot;øvre}$ for homogene sjikt:

$$R_{tot;nedre} = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se} \quad (8)$$

R_{si} = Varmerovergangsmotstanden på innvendig side, se tabell 4.

R_1, R_2, \dots, R_n = Ekvivalente varmemotstanden til de ulike sammensatte sjiktene.

R_{se} = Utvendige varmerovergangsmotstanden se tabell 4.

Verdiene i tabell 4 tilsvarer gjennomsnittsverdier for varmerovergangsmotstander i løpet av året for vanlige materialoverflater. Disse verdien benyttes ved beregning av U-verdier for å dokumenter energikrav i TEK17 (Sintef, 2018)

Overflate	Oppover	Horisontalt	Nedover
Innvendig (R_{si})	0,10	0,13	0,17
Utvendig (R_{se})	0,04	0,04	0,04
Utvendig, inkluder ventilert kledning	0,10	0,13	0,17

Tabell 4: Varmeovergangsmotstander iht. NS-EN ISO 6946 (Sintef, 2018).

Dette er en forenklet metode for beregning av U-verdi som egner seg best til beregning av like materialsjikt. Ved beregning av sammensatte materialsjikt er det naturligvis flere faktorer som spiller inn og flere eventuelle feilkilder. Hvis de ulike materialene i et sammensatt sjikt har tilnærmet lik varmemotstand, vil det ikke være et stort sprik mellom øvre og nedre grenseverdi og gjennomsnittsverdien vil gi et tilnærmet riktig estimat for den reelle varmemotstanden til det sammensatte sjiktet. Hvis det derimot består av materialer med stor forskjell i varmemotstand, vil gjennomsnittsverdien av det øvre og nedre sjiktet sprike fra den virkelige verdien. Det anbefales ikke å bruke denne metoden hvis forholdet mellom øvre og nedre grenseverdi er større enn 1,5. Denne metoden er heller ikke egnet til isolasjonssjikt med stenderverk av metall (Sintef, 2018). Til energiberegningene i SIMIEN er Quality Hotel Harstad prosjektert med en gjennomsnittlig U-verdi i veggene = $0,18 \left(\frac{W}{m^2K}\right)$, det tilsvarer ca. 250 mm mineralull. Taket er prosjektert med en gjennomsnittlig U-verdi = $0,13 \left(\frac{W}{m^2K}\right)$, det tilsvarer rundt 300 mm mineralull. Sintef byggforskserie 471.013 *u-verdier*. Tak og 471.411 *U-verdier vegger* er benyttet som vurderingsunderlag.

Hotellets klimaskjerm er prosjektert med fasadeplater 25 mm, yttervegg av GU-plater 9mm, tre stendere med 250mm isolasjon, innvendig påføring 50 mm, innervegger av 13mm gipskledning. Veggens totale tykkelse blir minimum på 352 mm fra tegninger fra arkitekt. Veggens har en prosjektert U-verdi på $18 W/(m^2K)$ noe som tilsvarer 200 mm isolasjon og tilfredsstillende kravene i byggeteknisk forskrift TEK17.

4.2 Lufttetthet i bygningens klimaskjerm

I klimaskjermen til en bygning vil det alltid oppstå utettheter som fører til luftlekkasjer. Skader i bygningsdeler, dårlig utførelse av skjøter og gjennomføringer er ofte årsakene til utetthetene. Ved trykkforskjell i luften inne og ute vil det føre til luftlekkasjer gjennom utetthetene. Trykkforskjell kan også forårsakes av ventilasjonsanlegget og ytre påvirkninger som vind. En bygning som ligger utsatt for stor påvirkning av vind vil føre til større infiltrasjonstap og gir større oppvarmingskostnader. Luftlekkasjer kan føre til trekkproblemer som kan gi ukomfortabelt innklima (Gjerstad, 2007). Effekten av å redusere lekkasjetall er ofte bedre enn

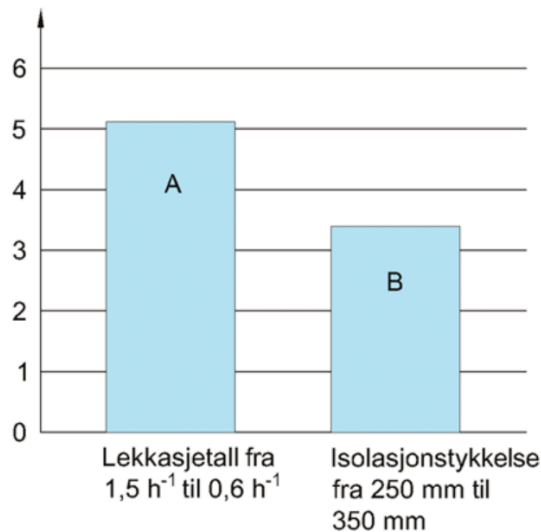
økt isolasjonstykkelse. Figur 12 illustrerer at en reduksjon av byggets lekkasjetall fra 1,5 (h^{-1}) til 0,6 (h^{-1}) gir en større reduksjon av netto energibehov, enn ved å øke isolasjon tykkelsen med 100 mm. Minimumskravene i TEK 17 er lekkasjetall på 1,5 (h^{-1}) for hotellbygg, som forøvrig er det Quality Hotel Harstad er prosjektert med. Ved hjelp av energiberegninger i SIMIEN skal det kartlegges hvor mye energibehovet til QHH kan reduseres ved forbedring av lekkasjetall fra 1,5 til 0,6 og 0,4 (h^{-1}).

Lekkasjetall kan beregnes slik (Sintef, 2014):

$$n_{50} = \frac{\dot{V}_{50}}{V} \quad (\text{h}^{-1})$$

\dot{V}_{50} = Samlet lekkasjeluftmengde (m^3/h) ved 50 Pa.

V = Innvendig volum (m^3). Det samme som bygningens oppvarmet volum i NS 3031 og måles i henhold til NS 3940 (Sintef, 2014).



Figur 12: Reduksjon av netto energibehov (%) (Sintef, 2014).

4.3 Ventilasjonsaggregat med varmegjenvinner

Et ventilasjonsanlegg trekker inn frisk luft i bygget og samtidig kvitter det seg med varmvavtrekksluft. Det fører til store varmetap gjennom ventilasjonen. Ved hjelp av varmegjenvinnere reduseres varmetapet. Ofte er det lønnsomt å investere i ventilasjonsaggregater der varmegjenvinnerne har høy temperaturvirkningsgrad. Bygningens klimaskjerm burde være tett hvis ikke reduseres effekten av temperaturvirkningsgraden. Ligning for beregning av temperaturvirkningsgraden uttrykkes slik (Gjerstad, 2007):

$$\frac{\dot{V}_t \rho_t c_p t_t - \dot{V}_u \rho_u c_p t_u}{\dot{V}_a \rho_a c_p t_a - \dot{V}_u \rho_u c_p t_u} \quad (9)$$

\dot{V} = Volum ventilasjonsluft (m^3/h)

ρ = Lufttetthet (kg/m^3)

c_p = Spesifikk varmekapasitet luft ($Kj / (kg * m^3)$)

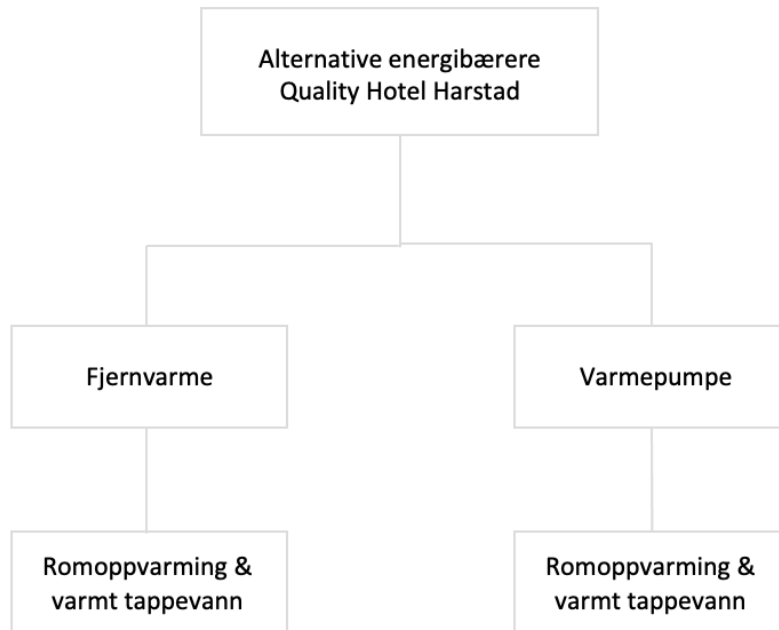
t_a = Temperatur i avtrekksluften ($^{\circ}C$)

t_u = Temperatur i uteluften ($^{\circ}C$)

For å oppnå høy virkningsgrad bør det velges roterende eller motstrømvexslere, og dimensjonere større aggregat for bedre effekt av varmeoverføring mellom avkast- og inntaksluft. Kostnadsforskjellen er ofte ubetydelig med tanke på energibesparelsene det gir. En utfordring som kan oppstå ved større aggregater er plassmangel i teknisk rom (Hammer, 2011). Quality Hotel er prosjektert med ventilasjonsaggregater med gjenvinningsgrad på 80%. Ved hjelp av energiberegninger i SIMIEN skal effekten ved å øke virkningsgraden til 85% og 90% kartlegges. Og ved hjelp av nåverdimetoden skal tiltakets lønnsomhet vurderes.

4.4 Energialternativene for Quality Hotel Harstad

Dette kapitlet skal se nærmere på energialternativer som kan være aktuell til oppvarming av Quality Hotel Harstad. Hovedfokuset er å vurdere tilknytting til fjernvarme kontra bruk av Polar Energis luft-til-vann varmepumpeløsning. I tillegg skal aktuelle alternativer for kjøling nevnes. Det vil ikke bli gjort noe vurdering av alternativ kjøling da dette ikke er hovedfokuset.

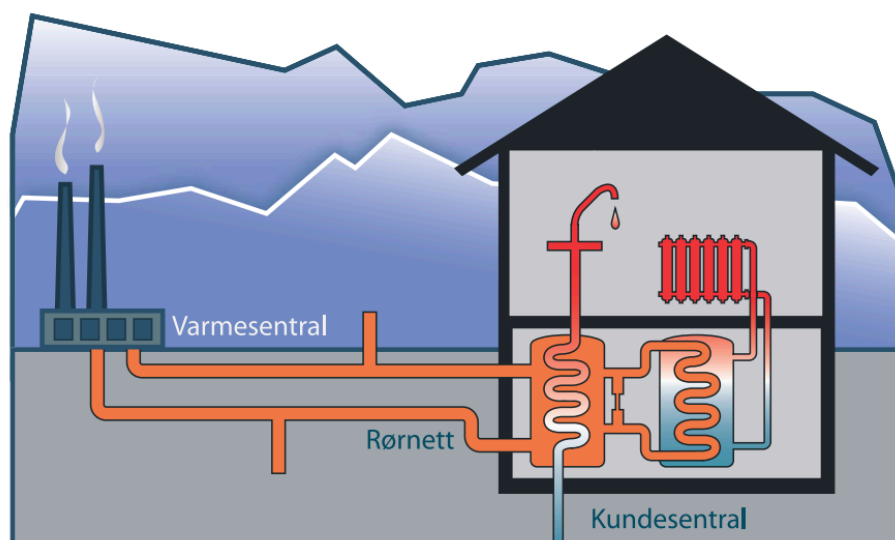


Figur 13: Energi alternativene

4.5 Fjernvarme

Fjernvarme er et fleksibelt energisystem som benytter overskuddsenergi i fra lokal industri til oppvarming av vann som sirkulerer i et røرنett (Statkraft a, u.å). For å utnytte denne energien benyttes et fjernvarmeanlegg som er definert av SSB slik «*Et varmeanlegg som via et rørsystem leverer varme til eksterne kunder fra en varmesentral med dimensjonerende effekt på minst 1 MW*» (SSB, 2015). Anlegget utnytter spillvarme til romoppvarming og varmt tappevann ved å distribuere vannet gjennom isolerte rør som ligger ned gravd i bakken sammen med annen infrastruktur. Fra varmesentralen går det to avskilte rør, ett for det varme vannet og ett for returvannet. Disse rørene har i gjennomsnitt et varmetap på 5% (Norsk fjernvarme, u.å). Bygg som skal knytte seg til et fjernvarmenett må installere en kundesentral med en eller flere varmevekslere. Slik at energien kan transporteres fra fjernvarmevannet til byggets varmeanlegg. Oppvarming av bygget skjer ved vannbåren varme i form av varmt vann som sirkulerer i rørsloyfer i gulv, gjennom radiatorer og vannbaserte varmebatteri. Temperaturen styres ved hjelp av termostater og energiforbruket registreres ved bruk av energimålere. (Norsk fjernvarme, u.å).

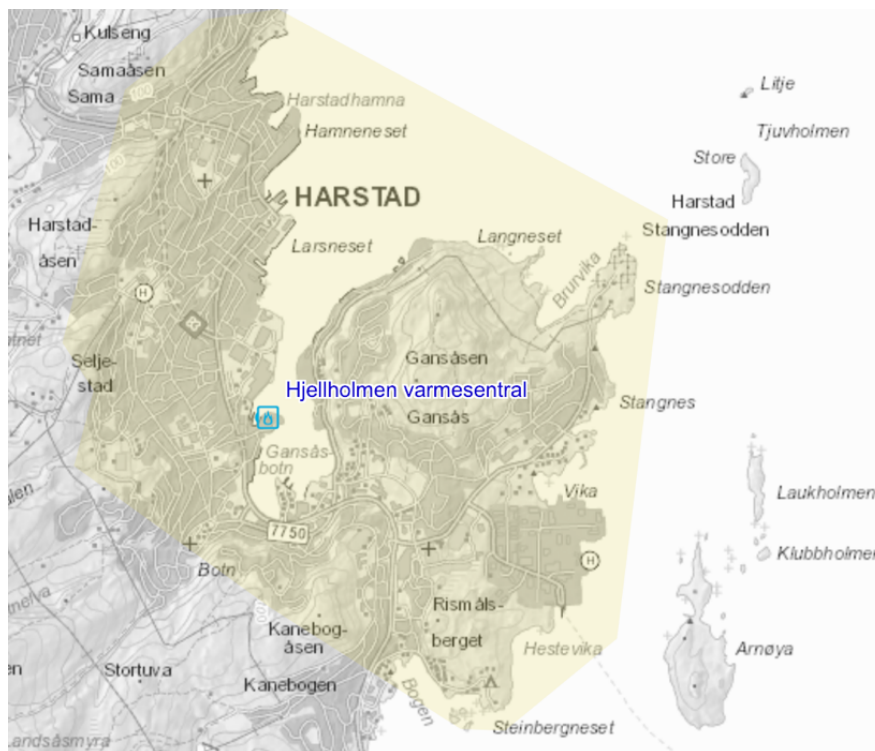
Fjernvarmen er mest utbredt til romoppvarming og tappevann, men kan også brukes til snøsmelting av uteområder, veier, gater og idrettsbaner. Spillvarme er ofte brukt til oppvarming, men kan også brukes til nedkjøling av bygg ved hjelp av sorptiv kjøleanlegg eller absorpsjonsanlegg. SSB beskriver fjernkjøling slik «*Et kjøleanlegg som via et rørsystem leverer kjøling til eksterne kunder fra en kjølesentral med dimensjonerende effekt på minst 1 MW*» (SSB b, 2020). Statistikk fra SSB viser til økt bruk av fjernvarme, i 2019 ble det levert hele 5,9 TWh ut i fjernvarmenettene i Norge (SSB b, 2020).



Figur 14: Prinsippkisse fjernvarmeanlegg (Fossdal, 2007).

Fjernvarmenettet i Harstad

Fjernvarmeanlegget i Harstad er eid av Statkraft og ble idriftsatt i 2012 med installert effekt på 42 MW. I 2012 produserte anlegget 11.9 GWH bestående av 79.2% biobrensel og 20.8% fossil gass. I 2020 produserte anlegget hele 47 GWH, av dette bestod 89% av biobrensel og 11% brensel av fossil gass (Norsk fjernvarme, u.å). Varmen til anlegget produseres ved en varmesentral på Hjellholmen som benytter lokal skogsflis som grunnlast i tillegg er det installert to gasskjeler som spisslast. Rørnettet strekker seg 18km fra industriområdet i Stangnes som ligger sørøst for Harstad Sentrum til bydelen Sama som ligger nordvest fra sentrum, med varmesentralen plassert midt imellom. I overkant av 70 bygninger er tilknyttet fjernvarmenettet, deriblant store kunder som sykehuset, skoler, Grottebadet, Harstadhallen, hoteller, kulturhus og industribygg (Statkraft b, u.å). Primær energikilde til anlegget er skogsflis hentet fra skogproduksjon. Dette fliset inneholder ofte høy andel fuktighet og har dermed et lite bruksområde, men egner seg for fjernvarmeovner som er tilpasset brensel med høy fuktighet. Fossil gass blir brukt som spisslast på kalde dager der primærkilden ikke klarer å dekke hele varmebehovet. Statkraft jobber med å utfase fossile energikilder og erstatte dem med bærekraftige alternativer (Norsk fjernvarme u.å).



Figur 15: Kart over fjernvarmenettet i Harstad (Statkraft c, u.å).

4.5.1 Fjernvarme til både romoppvarming og forbruksvann med alternativ kjøling

Quality Hotel Harstad er prosjektert med forsyning av fjernvarme til rom-og tappevannsoppvarming. Fjernvarmeanlegget i Harstad er et lavtemperaturanlegg, slik at varmeanlegget legges opp som et 60/40 anlegg. Varmt forbruksvann leveres fra varmeveksler levert av Statkraft. Hotellet varmes opp av tilluftsbafler på rommene og i 1 og 2.etasje leveres varmen gjennom radiatorer og konvektorer. Videre i dette kapitlet nevnes 4 aktuelle alternativer til kjøling.

Frikjøling

Kjøling der isvannet/glykolblandingen sirkulerer over kjølemaskinens coil uten tilførsel av elektrisk energi, såkalt «gratis» kjøling. Energien til kjøling hentes fra sjøvann eller energibrønner. Siden hotellets ligger ved sjøkanten er det naturlig å utnytte frikjøling ved hjelp av sjøvannspumper. Ved plassering av sjøvannsinntaket på 20-25 meterer dybde holder sjøvannet en relativ jevn temperatur på 8-10°C på årsbasis. Sjøvannet pumpes opp til energisentralen og transporteres gjennom en varmeveksler. Energien overføres til en isvannskurs før den pumpes ut i sjøen igjen. Varmeveksleren er nødvendig for å unngå å føre sjøvann inn i hotellets interne kjølesystemer. Samme prinsipp brukes ved kjøling hentet fra energibrønner, men det er ikke aktuelt i dette tilfellet (eblogg, 2014).

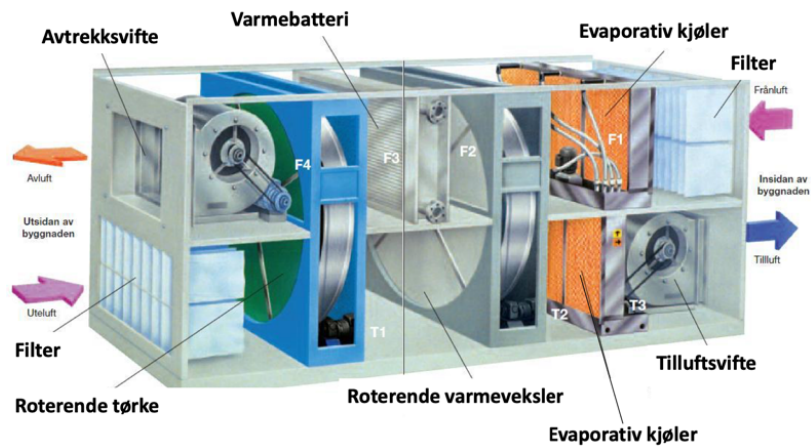
Sorptiv kjøling

Ved bruk av sorptiv kjøling brukes fjernvarme til å tørke luften, deretter tilføres luften fukt i form av vann som fordamper, dette fører til at temperaturen i luften senkes. Løsningen passer primært for bygninger der kjølebehovet kan dekkes gjennom ventilasjonsanlegget og anlegget drives av få ventilasjonsaggregater (Statkraft d, u.å). Prinsippet ved å tilsette vann i ventilasjonsluften for å kjøle den ned, kalles evaporativ kjøling. Kan normalt brukes ved utetemperaturer opptil 20°C og fortsatt dekke hele kjølebehovet. Formelen for sorptiv kjøling tilsier tilsatt 1 gram vann per kilo luft gir temperaturendring lik 2,5°C. Kombinasjon av luft tørking, vanntilsetning og varmeveksling kan kombineres for å oppnå tilstrekkelig kjøleffekt ved utetemperaturer høyere enn 20°C (Norsk Energi, 2014). *Figur 16* viser hvordan et ventilasjonsanlegg for sorptiv kjøling er bygget opp og fungerer.

Sentrale faktorer ved sorptiv kjøling:

- Gir mulighet for å bruke varme i dette tilfellet fjernvarme for å tilføre kjøling
- Teknologien er integrert i ventilasjonsanlegget
- Det er ikke nødvendig med eget distribusjonssystem for kjølingen
- Sorptiv kjøling er mulighet uten vesentlige investeringer
- Aggregatene krever noe mer plass enn vanlige ventilasjonsanlegg
- Dekker i utgangspunktet kun ventilasjonkjøling
- For å dekke ander kjølebehov må det utarbeides gunstige systemløsninger
- Gunstig for fjernvarmeanlegg med overskuddsvarme på sommeren

- Slipper kostnader ved installasjon av varmepumpe (Grinrød, 2014)



Figur 16: Ventilasjonsanlegg for sorptiv kjøling (Grinrød, 2014).

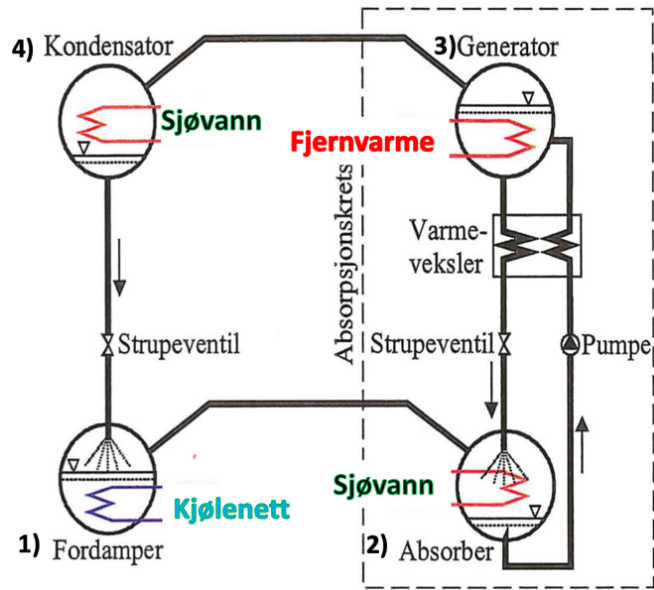
Absorpsjonskjøling

Absorpsjonskjøling ved tilknytting til fjernvarme er en miljøvennlig energiløsning som kan brukes til kjøling av bygg. Kjøleprinsippet bygger på absorpsjon slik at det gir mulighet til fordampning ved lavt trykk. Kjøleprosessen skjer ved vann som fordamper ved lavt trykk, dampen som produseres absorberer i en væske blanding. Varmen fra prosessen utnyttes og avgis til sjøvann. Deretter pumpes væsken til en generator som får tilført fjernvarme, slik at sjøvannet fordamper og transporteres til en kondensator. Konsentrert væske transporteres tilbake og absorberer, se figur 17 for prosessforløpet (Grinrød, 2014).

Sentrale faktorer ved absorpsjonskjøling:

- Bruk av fjernvarme for å tilføre kjøling
- Overskuddsvarme tilgjengelig
- Sjøvann tilgjengelig
- Høy temperatur anlegg
- Avgir mye spillvarme, dermed varmegivelse til sjøvann
- Miljøvennlig løsning
- Lavt elektrisitetsbehov, ca.1% av den totale kjøleeffekten (Statkraft c, u.å.)
- Kan dekke hotellets kjøle og frysebehov

(Grinrød, 2014).

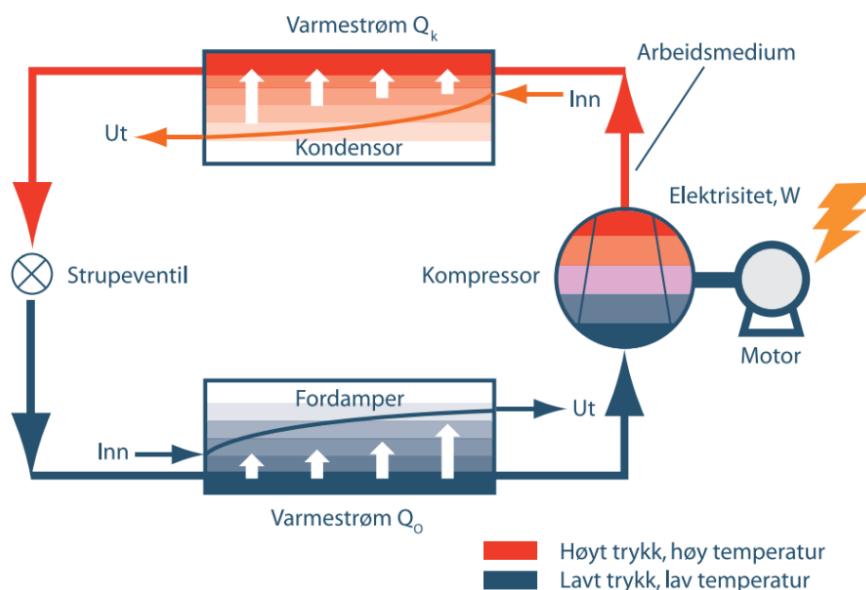


Figur 17: Absorpsjonskjølingsprosessen (Grinrød, 2014).

4.6 Varmepumper

Termodynamikkens 2. hovedsetning formuleres slik «Overføring av varme skjer alltid fra et sted med høyere temperatur til et sted med lavere temperatur» (Pedersen, 2020). Ved bruk av varmepumpe er det mulig flytte termisk energi fra et sted med lavere temperatur til en mottaker med høyere temperatur. For å få til denne prosessen tilføres det energi i form av elektrisitet.

Varmepumpens funksjon er at den kan flytte termisk energi fra en lavtemperatur kilde, ved eksempel å transportere termisk energi fra utsiden av et hus til innsiden. Dette strider imot termodynamikkens 2.lov som er nevnt i kapittel 4.1. For å få til denne prosessen tilføres energi i form av elektrisitet. Vanlige varmepumper gir tilbake 2-4 ganger av den tilførte energien i form av varme. I korte trekk består en varmepumpe av to varmevekslere, en kompressor, ekspansjonsventil og et arbeidsmedium. Arbeidsmediet består av en væske eller en gass som velges etter hvilke koke- og kondensasjonsegenskaper som er best egnet til temperaturen på den aktuelle kilden og mottakeren. Varmepumper utnytter sammenhengen mellom trykk og temperatur i et fluid. Når det komprimeres øker temperaturen og motsatt gir trykksenkning lavere temperatur. Prosessen starter i fordamperen som er den kalde siden der arbeidsmediet enda er i væskeform og får tilført varme fra eksempelvis uteluft. Væsken fordampes og gassen føres videre igjennom kompressoren som ved hjelp av elektrisitet komprimerer gassen slik at gassens trykk og temperatur øker. Den komprimerte gassen med høy temperatur føres videre til kondensatoren som har lavere temperatur. Gassen kondenserer og avgir den energien den ble tilført under fordampningen i form av varmestrøm. Siste steg i varmepumpens syklus er at arbeidsmediet føres gjennom en strupeventil der trykk og temperatur reduseres slik at syklusen kan starte om igjen (Fossdal, 2007). De finnes flere typer varmepumper, de mest vanlige er luft-til-luft, luft-til-vann og væske-til-vann-varmepumpe. Disse energimerkes ofte med A+ eller A+++ (varmepumpeinfo.no a, 2020).



Figur 18: Varmepumpens syklus (Fossdal, 2007).

Varmekilde	Driftssikkerhet	Installasjonskostnad	Driftskostnad	Vedlikehold	Livssyklus-kostnad
Sjøvann	God	Moderat	Lav	Moderat	Lav
Uteluft	Moderat	Moderat	Moderat	Moderat	Moderat
Avtreksluft	God	Moderat/ høy	Lav	Lav	Lav
Grunnvarme	Utmerket	Høy	Lav	Lav	Lav
Spillvarme	God	Lav	Svært lav	Lav	Lav

Tabell 5: Sammenligning av varmekilder til varmepumper (Fossdal, 2007).

Luft-til-luft varmepumpe

Luft-til-luft er den vanligste varmepumpen i Norge og kan brukes til oppvarming og kjøling. Investeringskostnad kan forventes fra 18-30.000 kroner tilpasset en bolig i følge Enova. Disse varmepumper henter varmeenergi fra uteluften og blåser oppvarmet luft i bygningen. Det er viktig med hensiktsmessig plassering av varmepumpen slik at luften får god fordeling, og oppvarmingseffekten blir optimal. Årsvarmefaktoren (SCOP) ligger på 2-3 noe som tilsier hvor mye energi varmepumpa produserer i forhold til energien den bruker (Aunevik, 2017).

Luft-til-vann varmepumper

Luft-til-vann-varmepumpe baserer seg på samme prinsippet som luft-til-luft som henter varmeenergi fra uteluften. Forskjellen ligger i at vann bli brukt som oppvarmingskilde og inne delen er knyttet til varmtvannsberederen eller en akkumuleringstank. Varmepumpen avgir varme i form av vannbåren varme, radiatorer og oppvarming av tappevann. Disse varmepumpene dekker byggets energibehov store deler av året og gir en jevn varmfordeling til hele bygget. På de kaldeste dagene, brukes en tilleggs varmekilde som spisslast. Ved kjøling reverseres varmepumpe prosessen og det trengs en viftekonvektor til fordeling av kjølig luft. I følge Enova er investeringskostnaden fra 60.000 til 130.000 kroner og har en årsvarmefaktor på 2.5 til 3.5 og forventet levetid på 12-15 år (varmepumpeinfo.no b, 2020).

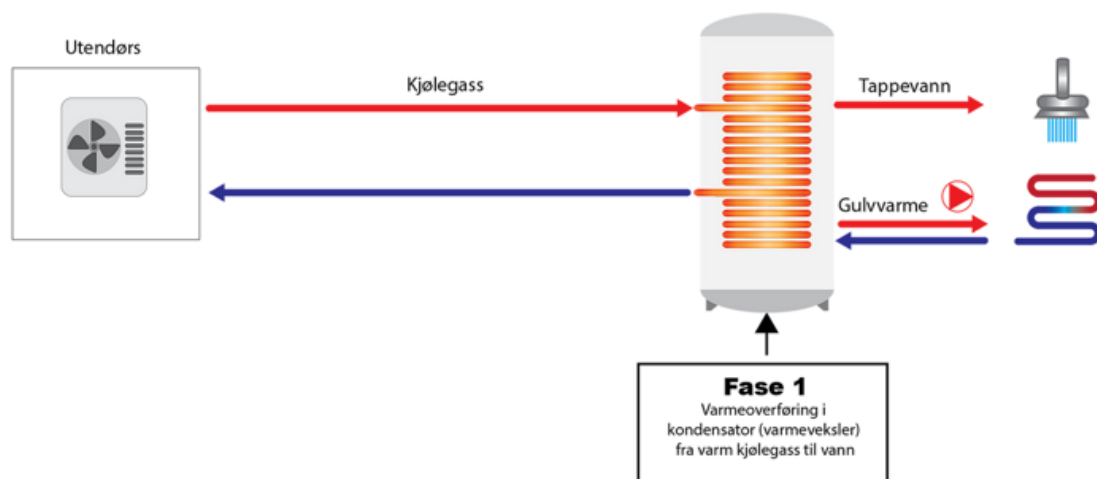
Væske-til-vann varmepumper

Væske-til-vann-varmepumpe utnytter energi fra bergvarme, jordvarme, grunnvann eller sjøvann, og kan ofte dekke behovet for både oppvarming og varmt tappevann. Væske-til-vann er den varmepumpen som gir høyest energibesparelse fordi varmen hentes fra energikilder som holder jevnere temperatur enn uteluften. Investeringskostnaden er høyere enn luftvarmepumpene og har en årsvarmefaktor på 3-4, disse har en levetid på 20 år (varmepumpeinfo.no c, 2020).

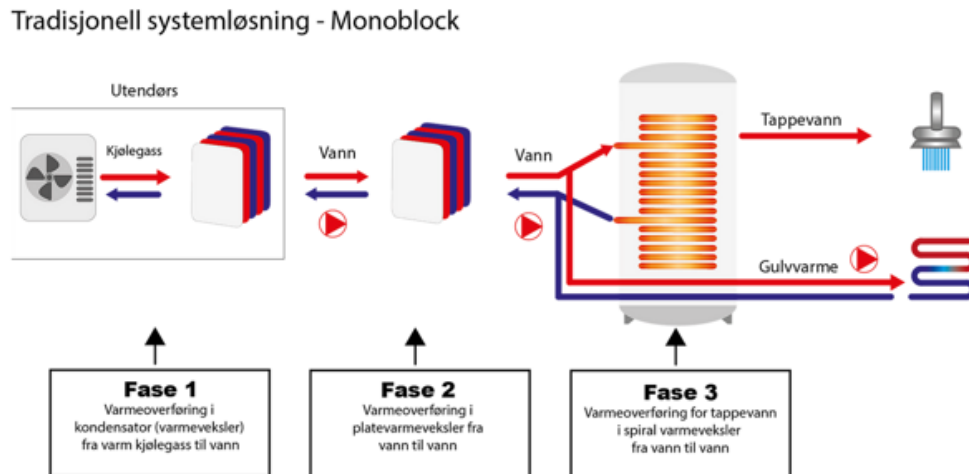
4.6.1 Varmepumpeløsning fra Polar Energi

Inspirasjon og opplysninger om teknologien til varmepumpeløsningen i dette avsnittet er innhentet fra befaring- og møter med Polar Energi og deres hjemmeside (PolarEnergi, 2018).

Polar Energi har utviklet ny teknologi knyttet til luft-til-vann-varmepumper. De har forenklet og effektivisert varmeoverføringen fra kjølegass til vann, i tillegg eliminert bruk av platevarmevekslere og «flow switch». De hevder at varmepumpeløsningen gir 35% bedre energieffektivitet enn de tradisjonelle varmepumpene kan oppnå. Teknologien de bruker kaller dem PSHI – Polar Super Heating Infusion som opptar all energiproduksjon som kjøleprosessen i en vanlig varmepumpe avgir. Energien utnyttes til vannbårenvarme og oppvarming av tappevann uten tilskudd fra andre energikilder. Prosessen er i prinsipp lik i alle varmepumper der arbeidsmediet varmes opp til kokepunktet og går over i damp, der dampen i et øyeblikk oppnår en temperatur som er høyere enn kokepunktet til fluidet. Denne fasen kalles «Super Heating» og ved bruk av teknologien PSHI opptas all energi som avgis i denne fasen. Energien tilføres direkte i energitanken sammen med den energien som kjøleprosessen avgir i tradisjonelle varmepumpesystemer. Denne energien klarer alene å øke temperaturen fra 55°C til 80°C på tappevannet uten bruk av elektriske varmekolber. Det er denne innovative systemløsningen som gjør Polar Energi enestående på markedet. Tradisjonelle varmepumper utnytter ikke energien som «Super Heating» prosessen gir. Fordi varmeoverføringen fra damp til væske skjer i varmevekslere som er plassert utenfor energitanken i varmepumpesystemet. PSHI teknologien gjør at det ikke er nødvendig å tilføre ekstra energi slik som tradisjonelle varmepumper (Polar Energi, 2018).



Figur 19: Polar Energi systemløsning med PSHI (PolarEnergi, 2018).



Figur 20: Tradisjonell varmepumpeløsning (PolarEnergi, 2018).

PSHI teknologien til Polar Energi er en systemløsning som ekskluderer hensiktsløse varmeoverføringer som fører til varmetap. Der tradisjonelle løsninger har flere varmeoverføringer har Polar Energi redusert til bare én, selve kondenseringen. Varmeoverføringen skjer i en innendørs spiral varmeveksler som kalles «kondensator coil». Det er her produksjonen av varme foregår, se figur 19. Den varme kjølegassen føres direkte til energitanken innendørs, hensiktsløse varmeoverføringer gjennom platevarmevekslere og «flow switchen» har Polar Energi ekskludert. Det er dette som gjør PSHI teknologien spesiell sammenlignet med andre varmepumpeløsninger på markedet. De kan vise til en løsning som er 35% mer energieffektiv enn tradisjonelle luft-til-vann varmepumper. De tradisjonelle varmepumpene transporterer kjølemediet fra rør fra varmepumpens ute del til en platevarmeveksler, se figur 20. Ved hjelp av komprimering varmes kjølemediet, ved å redusere trykket i varmeveksleren kondenserer kjølemediet og avgir varme. Denne varmen tilføres rørsystem med vann som pumpes inn i en akkumulatortank. Her tilføres elektrisitet for ytterligere oppvarming før det transporteres rundt i rørsøyfer til oppvarming og tappevann. Denne systemløsningen er effektivisert av Polar Energi ved å fjerne platevarmeveksleren som befinner seg mellom fordampere i utedelen og varmtvannstanken inne på tradisjonelle løsninger. Transporten av kjølemediet skjer ved at rørføringen går direkte inn i spiralvarmeveksleren som ligger inne i varmtvannstanken, slik at varmeoverføringen unngår unødvendig tap ved den utvendige varmeveksleren og transporten inn til tanken. Ved å ha varmeveksleren inne i varmtvannstanken hindres også et tredje varmetap i «flow switchen» som er betegnelse på den innretningen som sørger for minimum vannføring gjennom platevarmeveksleren (PolarEnergi, 2018).

4.6.2 Polar Energis systemløsning på Thon Hotel Harstad

Thon Hotel Harstad har tatt i bruk systemløsning fra Polar Energi til romoppvarming og tappevann.

På teknisk rom er det montert:

- 6 stk. VP 380L varmtvannstanker til varme
- 8 stk. VP 380L tanker til kjøling
- 2 stk. 380/440L, forbruksvann og vannbåren varme
- 4 stk. Spisslastberedere
- Alle tankene er tilpasset Panasonic PACi og ECOi utendørsenheter

De to 380/400L tankene leverer 75°C vanntemperatur til de 4 spisslastberedere, dette dekker varmtvannsbehovet til de 200 rommene på hotellet. Changeover bokser sørger for at systemet kan kjøre et 3-veissystem med kjøling, varme og varmtvannsproduksjon samtidig. Det benyttes kjølemediet R32 med GWP verdi på 675 i følge varmepumpens Technical Manual (Polar Energi, 2020).



Figur 21: VP 380L tanker til kjøling. Bilde fra befaring av teknisk rom Thon Hotellet i Harstad 30.03.21.

4.6.3 Prisanslag fra Polar Energi som er tilpasset Quality Hotel Harstad:

Tilbud 1243

Tilbud 1244 er prisanslag på Samme systemløsning som Thon Hotel Harstad. Prisanslaget inkluderer bare kostnader for alle komponentene som inngår i systemløsningen. I dette tilbudet inkluderer ikke:

- Kran og/eller løftearbeid
- Rørteknisk og/eller elektrisk arbeid og materiell
- Fundament og byggverk tilpasset utedeler (varmepumper)
- Nødventilasjon og gassalarm i teknisk rom
- Transport

Prisen på dette tilbudet er 1 991 718,96 kr ekskl. mva. Se vedlegg D.1 for fullstendig informasjon om tilbudet.

Systemløsning 1244

Tilbud 1244 er prisanslag på samme systemløsning som Thon Hotel Harstad der alt av teknisk utstyr er ferdig installert og driftsklar i egen spesialtilpasset 40'' container med kald og varm sone. I Containeren er både varm og kalde sone fullstendig isolert, kald sone har avkastrister i tak. Containeren blir levert med alt av kjøleteknisk, rørteknisk og elektrisk arbeid ferdig installert og klar for bruk. Plassering av container er tiltenkt på tak over teknisk rom, men kan i utgangspunktet plasseres der det er hensiktsmessig. Denne løsningen frigjøre arealet i tekniskrom.

Prisanslaget på denne løsninger er 2 536 718,96 kr ekskl. mva. Se vedlegg D.1 for fullstendig informasjon om tilbudet.

Systemløsning 1245

Tilbud 1245 er prisanslag på samme løsning som i tilbud 1244, men her brukes kuldemediet R290 (Propan). Dette kjølemediet har en tilnærmet ubetydelig innvirkning på global oppvarming med en GWP faktor på ca. 3 (Linde, 2021). Prisen på dette tilbudet er 3 475 999,59 kr ekskl. mva. Se vedlegg D.1 for fullstendig informasjon om tilbudet.

5. Lønnsomhetsanalyse av energibesparende tiltak

I dette kapittelet skal se på hvilke teori og metoder som legger grunnlaget til lønnsomhetsvurderingen av de byggetekniske tiltakene og aktuelle energikildene. Inspirasjon og informasjon er hentet fra Enova rapporten «*Potensial-og barrierestudie. Energieffektivisering i norske bygg*» (Enova, 2012).

Energieffektive bygninger er nødvendig for at fremtidig økonomisk aktivitet og vekst kan foregå på en forsvarlig måte som ikke hemmer samfunnets miljø og økonomiutvikling. Ved bygging av nybygg og rehabilitering av gamle bygninger er det viktig å velge løsninger og tiltak med et langsiktig perspektiv. Konsekvensen av de byggetekniske valgene som blir tatt kan vedvare opptil 50 år, fra erfaring utføres større vedlikehold og rehabilitering av bygninger i sykluser på 30 til 40 år (Enova, 2012). Økonomisk og miljømessig kan det være avgjørende å utføre tiltak som reduserer energibruken betraktelig slik at også fremtidige energi innstramminger tilfredsstilles. Potensialet til å redusere energibruk i bygningsmasser i Norge er absolutt til stede. Analyse av den økonomiske konsekvensen av energieffektiviseringstiltak viser økonomisk potensiale ved at tiltakene ofte fører til økonomisk overskudd (Enova, 2012). For å forbedre effektiviteten til bygninger sier Enova at det er viktig å kjenne til barrierene, som de beskriver slik «*mekanismene som hindrer eller driver utviklingen i ønsket retning*» (Enova, 2012). Studie utført av Enova har konkludert: «*det reelle potensialet er først og fremst avhengig av om eierne av bygningene og boligene anser tiltakene for å være økonomisk lønnsomme*» (Enova, 2012). Ved gjennomføring av energibesparende tiltak er det viktig å vurdere det økonomiske potensialet slik at investeringskostnaden kan forsvares rent økonomisk (Enova, 2012). Investeringens nytteverdi kan variere, men i energisammenheng er nytteverdien ofte målt i sparte energikostnader, men kan også være tilfredsstillelse av myndighetenes energikrav eller andre energirammer som kreves av eier eller leietaker. Ved utførelse av tiltak for å tilfredsstille myndighetenes minimumskrav eller for å være frontfigur for bærekraft og miljø, er det naturlig at den økonomiske biten spiller en vesentlig mindre rolle. Tiltaket blir da sett på som en nødvendighet og ikke som et økonomisk besparende tiltak. Så kalte «Grønne leietakere» er blitt mer vanlig i dag og de stiller strenge krav til byggets miljøprofil. De legger vekt på byggets energibruk, Breem sertifisering og energikarakter. Ved en eiendomsforvalters perspektiv vil energibesparende tiltak gjøre eiendommen mer attraktiv for leietaker. Det legger til rette for at utleier kan få en høyere kvadratmeterpris og lavere driftskostnader. Det er flere faktorer som spiller inn ved evaluering av en investering, det må legges klare retningslinjer for hva som er formålet med tiltaket.

For Quality Hotel Harstad skal det tas en helhetlig vurdering av tiltak som kan heve hotellet fra energiklasse B til A. I tillegg skal det gjøres en utelukkende økonomisk vurdering av fjernvarme og varmepumpeløsning fra Polar Energi. Pay-Back og nåverdimetoden legger grunnlaget for lønnsomhetsanalysen.

For å vurdere lønnsomheten til et tiltak er nødvendig å tallfeste:

- Energipriser
- Kostnader
- Levetid

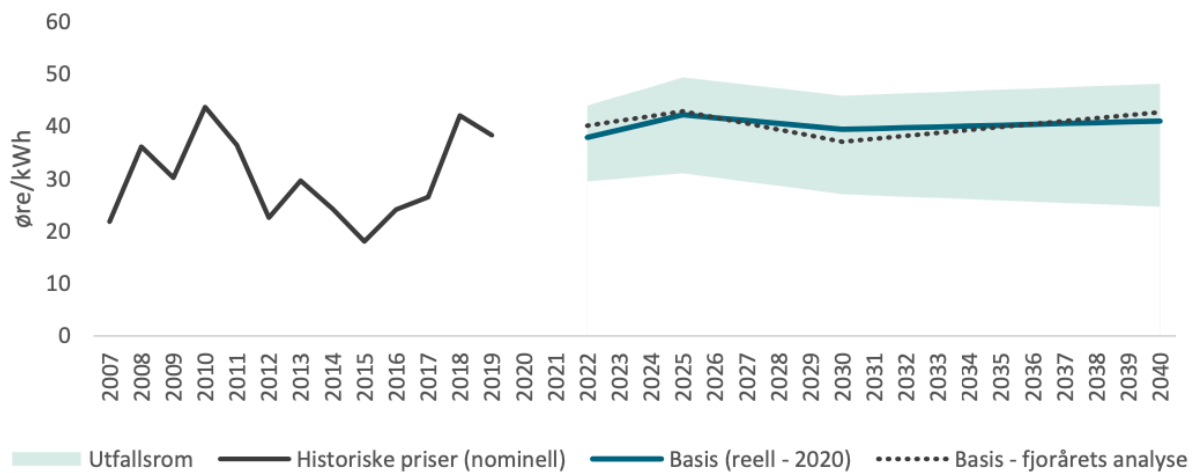
- Kalkulasjonsrente

5.1.1 Energipriser

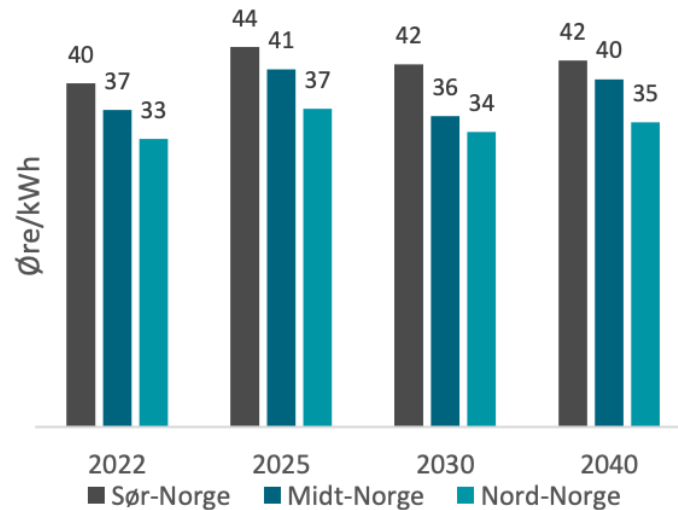
Energiprisene vil påvirke lønnsomheten til investeringene, men det er vanskelig å forutsi hvordan de eksakte strømprisene vil se ut i fremtiden. Ifølge NVEs rapport *langsiktig kraftmarkedsanalyse 2020-2040* vil kraftprisene i Norge øke fra 0,38 kr/kWh i 2022 til 0,41 kr/kWh i 2040, se *figur 22*. Prisene er eksklusiv nettpriis og avgifter.

En av NVEs argumentasjoner for økende kraftpris på lengre sikt er prisøkning på gass og CO₂-kvoter frem mot 2040. Mens tilbud-og etterspørsel og Norges hydrologiske situasjon vil påvirke kraftprisene på kortere sikt (NVE, 2020).

Den totale energiprisen som er brukt i beregningene er medregnet nettpriis og avgifter i tillegg til kraftprisen.



Figur 22: Kraftpris utvikling mot 2040 som følge av NVE sin analyse (NVE, 2020).



Figur 23: Prisutvikling innad i Norge mot 2040 (NVE, 2020).

Norges kraftproduksjon er i dag tilnærmet 100% fornybar, mens kraftproduksjonen i Europa består av større mengder fossilt brensel. NVEs analyse viser at prisene i Nord-Norge er lavere enn i Sør-Norge. Dette er fordi kraftsystemet i Sør-Norges er sammenkoblet med det europeiske, dermed trekkes prisene opp på grunn av økte brensel- og CO₂-priser. En av faktorene til at prisene i Nord-Norge holdes nede er økning av vindkapasitet i Nord-Sverige og begrenset overføringskapasitet til Sør-Norge (NVE, 2020).

	Nettleie	Strøm	Avgifter (Enova-påslag + forbruksavgift)	Samlet kostnad
Scenario 1 (lav kostnad)	29 øre/kWh	23 øre/kWh	17,5 øre/kWh	~ 70 øre/kWh
Scenario 2 (sannsynlig kostnad)	38 øre/kWh	30 øre/kWh	18,5 øre/kWh	~ 85 øre/kWh
Scenario 3 (høy kostnad)	40 øre/kWh	40 øre/kWh	20 øre/kWh	~ 100 øre/kWh

Tabell 6: Utvikling i strømkostnader ekskl. mva (NOVAP, 2019).

Tabell 6 viser estimat som Gehør strategi og rådgivning har gjort på oppdrag fra NOVAP av 3 ulike scenarioer på hvordan energiprisene utvikler seg frem til 2030.

På grunnlag av NVEs rapport *Langsiktig kraftmarkedsanalyse 2020-2040* og Gehør Strategi og rådgivnings estimer er det valgt å bruke en energipris for strøm på 0,8 kr/kWh. Fjernvarme tilbudet fra Statkraft ikke er ferdigstilt og derfor er det valgt en spotpris på 0,75 kr/kWh. Dette valget er tatt på bakgrunn av energiloven § 5-5 som bestemmer at prisen for fjernvarme ikke skal overstige prisen for elektrisk oppvarming.

5.1.2 Investeringskostnad

Prisgrunnlaget for isolasjonstypen mineralull bygger på materialkostnad hentet fra Norsk Prisbok 2020, disse prisene er gjennomsnittspriser (Norconsult, 2020). Investeringskostnaden for økt isolasjonstykkelse bygger på en materialkostnad for en bestemt tykkelse gitt i kr/m^2 ekskl. mva. I tillegg er det lagt til et material påslag på 12% og et påslag på 9% for priser i Nord-Norge, på grunn dyrere transportkostnader. Se vedlegg C.1 for prisoppbygging.

Pris for oppdatering av ventilasjonsaggregatenes gjenvinningsgrad er gitt fra leverandør Bryn Byggklima. Prisanslagene for varmepumpeløsning til QHH er gitt fra Polar Energi, se vedlegg D.1.

5.1.3 Kalkulasjonsrente

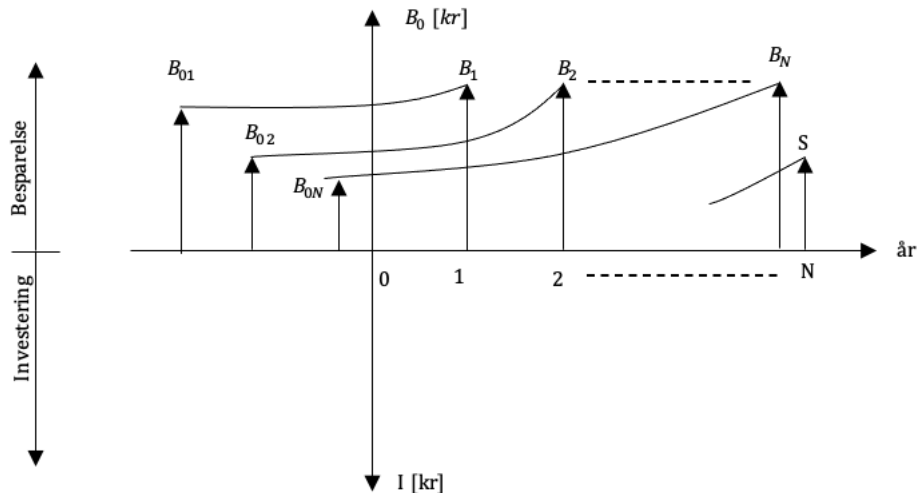
Kalkulasjonsrente er en viktig faktor i en lønnsomhetsanalyse og blir valgt på bakgrunn av inflasjon, energiprisendringer og skatteforhold. Finansdepartementet i rundskriv R-14/99 anbefaler en rente på 4% for prosjekter med lav risiko (Gjerstad, 2007). Kalkulasjonsrenten er valgt på bakgrunn av tilgjengelig informasjon, anbefalinger og diskusjon med veileder. Det er valgt å bruke en kalkulasjonsrente på 4%, det er samme rentesats som Norconsult bruker i Norsk Prisbok 2020. Følsomhetsanalysen tar hensyn til renteendring og analyserer konsekvensen av eventuelle renteøkninger. Renten spiller størst rolle for tiltakene som har lengst levetid (30-60år). For varmepumpene og ventilasjonsaggregatene med kortere levetid spiller renten en mindre rolle (Gjerstad, 2007).

5.1.4 Levetid

Levetid er en viktig faktor for å vurdere tiltakets lønnsomhet og er et viktig vurderingskriterie ved evaluering av investeringens tilbakebetalingstid. Levetiden til tiltakene er valgt ut i fra gitt informasjon fra leverandør og Norsk Prisbok 2020.

5.2 Nåverdimetoden, vurdering av lønnsomheten av tiltakene

Nåverdimetoden er en viktig metode ved vurdering av lønnsomhet og rangering av investeringer (Gjerstad, 2007). Metoden bygger på at alle inn og utbetalinger blir tilbakeført til et bestemt tidspunkt. I dette tilfellet skal årlige besparelser og investeringskostnaden diskonteres til dagens verdi, se illustrasjon *figur 24*. For at en investering skal være lønnsom er det viktig at besparelsene er større enn investeringskostnaden, ved en lønnsom investering er nåverdien positiv (Gjerstad, 2007).



Figur 24: Illustrasjon Nåverdi av besparelser og investering (Gjerstad, 2007)

Ligning for beregning av Nåverdi (Gjerstad, 2007):

$B_1, B_2 \dots B_N$ = Fremtidige besparelser

Der $B_{01} + B_{02} + \dots + B_{0N}$ = Fremtidige besparelser diskonter til dagens verdi.

Ligning for nåverdi til en investering:

$$NV = B_{01} + B_{02} + \dots + B_{0N} + S_{0N} - I \quad (10)$$

$$NV = \frac{B_1}{(1+r)} + \dots + \frac{B_n}{(1+r)^N} + \frac{S}{(1+r)^N} - I \quad (11)$$

I = Investeringskostnad

R = Kalkulasjonsrente

S = Salgsverdien

N = Antall år

Salgsverdien er den potensielle verdien investeringen har etter endt økonomisk levetid.

$$NV = B \left[\frac{1}{(1+r)} + \dots + \frac{1}{(1+r)^N} \right] + \frac{S}{(1+r)^N} - I \quad (12)$$

Den første parentesen er en geometrisk rekke, ved å summere denne:

$$NV = B \frac{1-(1+r)^{-N}}{r} + S(1+r)^{-N} - I \quad (13)$$

Nåverdi ≥ 0 gir en lønnsom investering.

5.3 Inntjeningsmetoden, «Pay-back- time».

Denne metoden brukes for å beregne tiden det tar for investeringen er tilbakebetalt. Ved å sett $NV = 0$ og løse ligning (5) på hensyn av antall år (N), blir uttrykket for inntjeningstiden (Gjerstad, 2007):

$$NV = 0 = B * \frac{1 - (1+r)^{-N_0}}{r} - I \quad (14)$$

Løser ligningen på hensyn N.

$$N_0 = \frac{\ln\left(\frac{B}{B - I * r}\right)}{\ln(1+r)} = \frac{\ln\left[\left(1 - \frac{I}{B}\right)^{-1}\right]}{\ln(1+r)} \quad (15)$$

Formel (11) er brukt for å beregne tilbakebetalingstiden på investeringen. Antall år før investeringen er inntjent når fremtidige kontantstrømmer er diskontert til dagens nivå.

5.4 Livssyklus kostnader analyse av systemløsning fra Polar Energi

Livssyklus kostnader eller LCC som er forkortelsen for «Life Cycle Costs» som er alle kostnader som påløper gjennom investeringens levetid. Det er viktig med et langsiktig perspektiv når enn skal vurdere lønnsomheten til en investering og ta levetiden i betraktning for fremtidige kostnadsforløp. En grundig økonomisk analyse som tar for seg hele kostnadsforløpet vil kunne legge til rette for optimale investeringer som kan gi sparte penger og miljøgevinster. Innkjøpsprisen er den synlige kostnaden for en investering, mens typiske skjulte kostnader er drift- og vedlikeholdskostnader. Det kan også forekomme kostnader for påvirkninger på miljø og klimagassutslipp, eksempelvis CO₂-avgift. I henhold til oppgaven skal det utføres kostnadsanalyse av fjernvarme opp mot varmepumpe løsning fra Polar Energi (DFØ, 2021).

Resultatet av kostnadsberegningene skal brukes som vurderingsunderlag til alternativ energikilde for Quality Hotel Harstad. Kostnadsberegningene bør utføres i henhold til NS 3454 og kan inneholde følgende kostnader: (Standard Norge, 2019)

- Kapitalkostnader
- Forvaltningskostnader
- Driftskostnader
- Utviklingskostnader
- Forsyningskostnader
- Renholdskostnader
- Servicekostnader

Standard for livssyklus kostnader NS 3454

$$LCC = I + \sum_{t=1}^N (1+r)^{-t} * FDVU_t - S(1+r)^{-N} \quad (16)$$

Symbol	Forklaring av symbol
T_0	Basisår for kalkylen
t	Et gitt år
T	Antall år
R	Kalkulasjonsrente
d_t	Diskonteringsfaktor
a	Annuitetsfaktor
K_t	En kostnad I ett gitt år t
NV	Nåverdi av en fremtidig kostnad
NV_t	Nåverdi av kostnadene I analyseperioden
ÅK	Årskostnad

Figur 25: Symbolisten fra NS 3454.

NS 3454 summerer nåverdier av kostnader i investeringens levetid slik:

$$NV_t = \sum_{t=0}^T K_t * d_t \quad (17)$$

Denne formelen benyttes for å beregne alle kostnadene knyttet til varmepumpeløsning fra Polar Energi.

6. Energiberegning

Ved prosjektering av bygg er simuleringsprogrammer blitt et viktig hjelpemiddel for å kartlegge energibruk og miljøpåvirkninger. Energiberegninger er nyttig for å kunne dokumentere at prosjekteringen tilfredsstillers forskriftskrav. Energiberegninger ved hjelp av SIMIEN gir et tilnærmet resultat av byggets energibehov og vil til en viss grad fravike den reelle energibruken. I bruksfasen bør byggets energibruk logges og kartlegges ved hjelp av et SD-anlegg, slik at den reelle energibruken kan dokumenteres og eventuelle fravik rettes opp.

6.1 Beregningsverktøyet SIMIEN

SIMIEN er et simuleringsprogram for beregning av energibruk i bygninger. Programmet brukes for å vurdere bygningers årlige energibehov og evaluerer resultatene opp mot energirammer i TEK 17 og energimerkeforskriften. Programmet har flere bruksområder som vurdering av inneklime, lønnsomhetsvurderinger knyttet til energitiltak og dimensjonering av oppvarming- og ventilasjonsanlegg. Programbyggerne opplyser at det finnes 7 ulike simuleringsmetoder: Dimensjonerende vinterforhold, dimensjonerende sommerforhold, årssimulering, Evaluering mot forskrifter, energimerking, passivhus/lavenergi og lønnsomhet tiltak (SIMIEN Wiki, 2002). Energibehovet til Quality Hotel Harstad ved de ulike tiltakene skal beregnes ved årssimuleringer i SIMIEN. Energiberegningene er bygget opp av:

- Valg av klimasted
- Valg av bygningskategori
- Valg av energikilde og tilhørende systemvirkningsgrader
- Inndata for fasader og tak
- Inndata for ventilasjon, oppvarmingsanlegg og internlaster

Prosjektutvikling Midt-Norge AS har utført energiberegninger av Quality Hotel Harstad med tilhørende energiberegningsrapport som ble levert 22.06.2020. Simuleringsprogrammet SIMIEN versjon 6.014 er benyttet for energivurderingen i rapporten. Beregningene er utført i henhold til NS 3031:2014. Hotelllets energibruk må tilfredsstillers energirammene i Byggeteknisk forskrift – TEK 17. Forskriftens krav til totalt netto energibehov er $170 \left(\frac{kWh}{m^2}\right)$ oppvarmet BRA pr. år) for en hotellbygning.

Analyse av Quality Hotel Harstad prosjektert ytelses

Energianalyse av QHH er utført med SIMIEN programversjon 6.016 som er en nyere programversjon enn det som ble brukt i energiberegningsrapporten levert 22.06.2020 av prosjektutvikling Midt-Norge. De valgt ytelsespreferanser for de byggetekniske detaljene må minimum tilfredsstillers kravene i byggeteknisk forskrift – TEK17, se *tabell 2* i kapittel 3. Ytelsene som er lagt til grunne for energivurderingen er listet opp i *tabell 7*.

Byggeteknisk detalj	U-verdi	Kommentar
Yttervegg	0.18 W/m ² K	Tilsvare ca. 250mm isolasjon
Tak	0.13 W/m ² K	Tilsvare ca. 300mm isolasjon
Gulv på grunn	0.08 W/m ² K	Ekvivalent U-verdi som inkluderer varmemotstand til grunnen. Tilsvare 300mm isolasjon.
Glass/vindu inkl. ramme/karm	0.8 W/m ² K	Gjennomsnittlig verdi
Dører	0.8 W/m ² K	Gjennomsnittlig verdi
Normalisert kuldebroverdi der m ² angis i oppvarmet BRA	0.09 W/m ² K	Standardverdi fra NS 3031:2014 tabell A.4
Lufttetthet ved 50 Pa trykkforskjell	1.5 l/h	Trykktesting gjennomføres i utførelsesfasen.
Årsgjennomsnittlig temperaturvirkningsgrad for varmegjenvinner i ventilasjonsanlegg	80 %	Valgt på bakgrunn av dokumentasjon av foreslåtte ventilasjonsaggregater.
Spesifikk vifteeffekt i ventilasjons anlegg (SFP)	2.0 kW/m ³ s	I henhold til foreslåtte ventilasjonsaggregater.
Luftmengde i driftstiden	8.7 m ³ /hm ³	Antatt driftstid fra kl.07.00 til klokken 23.00.
Luftmengder utenfor driftstiden	3 m ³ /hm ²	

Tabell 7: Ytelsesvalg for energiberegning

Input verdiene til programmet bygger på energiberegningene til Prosjekt Midt-Norge som ble levert i 2020. Arealer og volum er beregnet ved hjelp av IFC-modell fra ARK fra Energiberegningsrapporten for Quality Hotel Harstad (Prosjektutvikling Midt-Norge AS, 2019).

Energiberegningen dokumenterer at hotellet prosjekterte energibehov tilfredsstillers forskriften (TEK 17) krav til maksimalt tillatt netto energibehov 170 kWh/m². Beregnet energibehov er 160 kWh/m² mens beregnet levert energi til hotellet er 166,7 kWh/m² og tilfredsstillers energimerke B, se *tabell 3* i kapittel 3.2. Skal hotellet energimerkes med karakter A må beregnet levert energi ikke overstige 140 kWh/m². Det tilsvare en Energireduksjon på 26,7 kWh/m² levert energi til bygget.

6.2 Tiltak for å heve energiklasse

SIMIEN er brukt for å beregne energibehovet til Quality Hotel Harstad, og til å vurdere effekten av de aktuelle energibesparende tiltakene. Hovedfokuset i oppgaven er å senke den spesifikke leverte energien til hotellet slik at det kan klassifiseres som et hotell i energiklasse A. Totalt er det utført 22 energisimuleringer, med endringer i byggetekniske ytelser for å kartlegge de mest effektive tiltakene. De 22 simuleringene består av følgende:

- 1 simuleringer med QHH prosjekterte ytelser.
- 4 simuleringer med ekstra isolasjonstykkelse i yttervegger, på henholdsvis 50, 100, 150 og 200 mm.
- 4 simulering med ekstra isolasjonstykkelse i tak, på henholdsvis 50, 100, 150 og 200 mm.
- 2 simuleringer med forbedret lekkasjetall på 0,6 og 0,4 [h⁻¹].
- 2 simuleringer med økt temperaturvirkningsgrad på varmegjenvinnere (85% og 90%).
- 8 ulike simuleringer med hensiktsmessige tiltak kombinert.
- 1 simulering med Varmepumpeløsning fra Polar Energi som energikilde.

Resultatene for alle de 22 simuleringene er logg ført i et eget utviklet Excel ark og blir presentert i kapittel 7. De viktigste verdiene som er tatt ut i fra Energiberegningene i SIMIEN er som følgende:

- Spesifikk levert energi
- Energiforbruk
- Andel av direkte el. og fjernvarme som blir anvendt til oppvarming.

7. Resultater

Dette kapittelet presenterer resultatene fra energisimuleringer og lønnsomhetsanalysen for byggetekniske tiltak. Hensikten er å senke hotellets energibehov, og kartlegge hvilke tiltak som gir størst effekt. Resultatene gjenspeiler hvilke tiltak som er hensiktsmessig å utføre når energi og økonomi er vektlagt. Formålet med resultatene er å heve Quality Hotel Harstad sin energiklasse. Se *tabell.8* for oversikt over hvilke tiltak som er blitt vurdert. Se vedlegg B.1 lønnsomhetsanalyse av tiltak for fullstendig oversikt av hvilke inndata som legger grunnlaget for beregningene. De grønne rutene i tabellene henviser til Quality Hotel Harstad sine prosjekterte ytelser. Investeringskostnadene tar bare for seg de ekstra materialkostnadene fra det som er prosjektert, arbeidskostnader er ikke medregnet. Disse kostnadene er tatt med i prosjektkalkylene av QHH.

Verdier for levert energi er hentet fra energiberegninger utført i SIMIEN.						
Hotelllets prosjekterte verdier*		Hotelllets BRA [m ²]				
		7840				
Tiltak		Spesifikk Levert energi [kWh/m ²]	Årlig enerikostnad	Årlig energibesparelse [kWh/m ²]	Årlig besparelse	Investeringskostnad
yttervegger [mm]	U-verdi					
250	0,18	166,7	kr 1 023 259		kr -	kr -
+50	0,16	165,2	kr 1 014 440	1,5	kr 8 819	kr 176 139
+100	0,13	162,9	kr 1 000 891	3,8	kr 22 368	kr 324 878
+150	0,11	161,4	kr 992 055	5,3	kr 31 204	kr 493 188
+200	0,1	160,6	kr 987 389	6,1	kr 35 870	kr 614 528
Isolasjon tak [mm]	U-verdi					
300	0,13	166,7	kr 1 023 259			
+50	0,12	166,5	kr 1 022 097	0,2	kr 1 162	kr 273 993
+100	0,1	166	kr 1 019 158	0,7	kr 4 102	kr 320 964
+150	0,09	165,7	kr 1 017 381	1,0	kr 5 879	kr 594 957
+200	0,08	165,4	kr 1 015 604	1,3	kr 7 656	kr 618 442
Tetthet klimaskjerm	Lekkasjetall [h ⁻¹]					
	1,5	166,7	kr 1 023 259			
	0,6	157,3	kr 967 964	9,4	kr 55 295	
	0,4	155,2	kr 955 650	11,5	kr 67 610	
Varmegjenvinner	Virkningsgrad					
	80 %	166,7	kr 1 023 259			
	85 %	153	kr 942 703	13,7	kr 80 557	kr 400 000
	90 %	144,3	kr 891 474	22,4	kr 131 785	

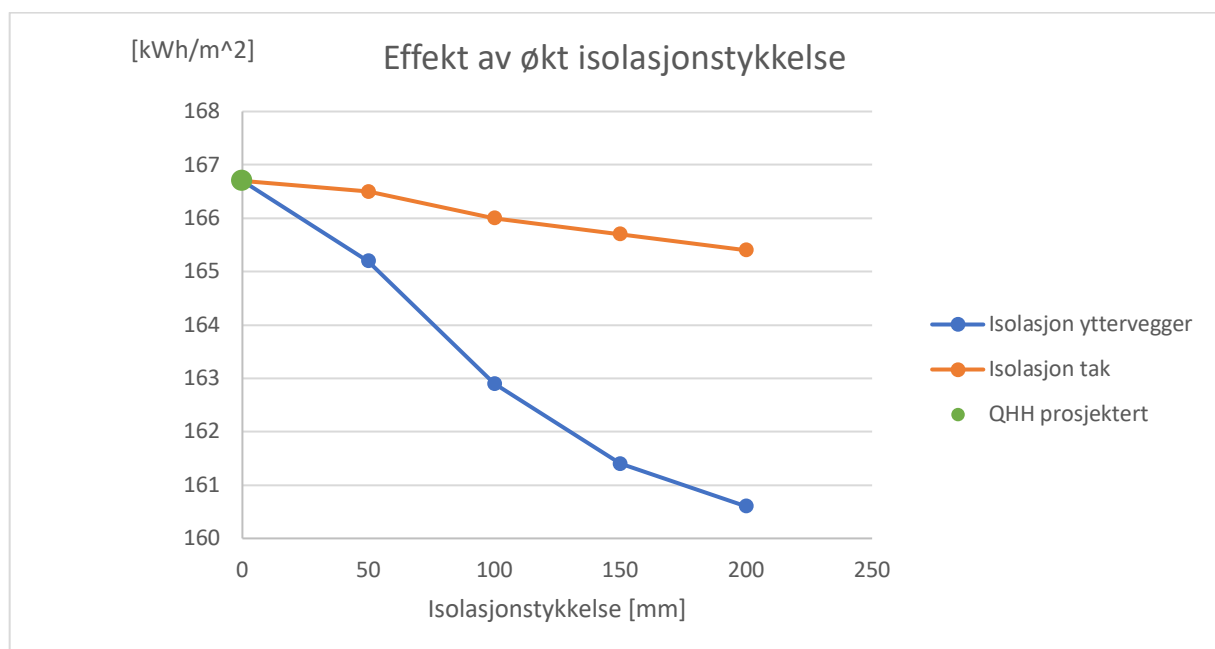
Tabell 8: Lønnsomhetsanalyse av Byggetekniske tiltak.

7.1 Økt isoleringstykkelse

Tabell 8 presenterer resultatene ved økt isolasjonstykkelse i henholdsvis yttervegger og tak. Investeringskostnaden tar for seg materialkostnaden til de ekstra tykkelsene med isolasjon fra det som opprinnelig er prosjektert (grønt felt). Arbeidskostnader er ikke medregnet, da disse kostnadene vil tilkomme ved bygging av Quality Hotel Harstad. Årlig energikostnad bygger på andelen fjernvarme og direkte el. som blir brukt til oppvarming. Se vedlegg B.1 for det fullstendige Excel ark, med oversikt over alle stegene som ligger til grunne for beregningene.

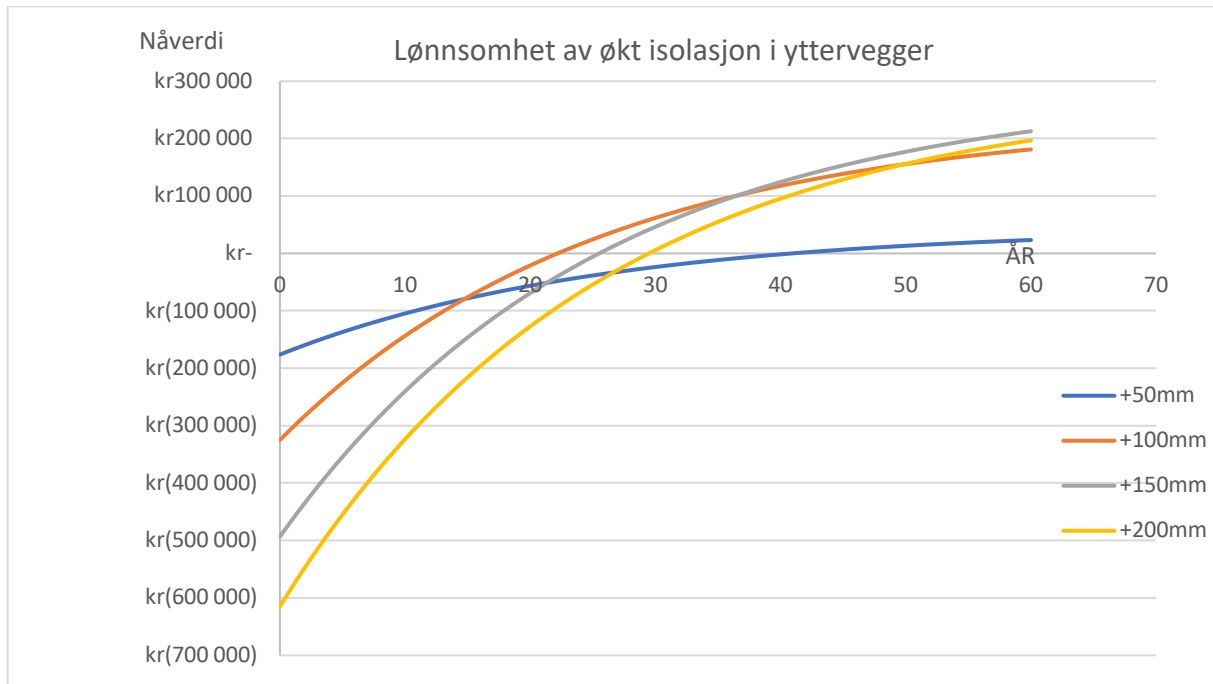
Figur 26. Fremstiller årlig energibesparelse ved å øke isolasjonstykkelse. Figuren viser betydelig større effekt av økt isolasjonstykkelse i vegger kontra tak. Det gjenspeiler bygningskroppens design der arealet av veggoverflatene er større enn arealet av takoverflatene, se vedlegg A.1 sentrale inndata.

Effekten av å øke isolasjonstykkelse i tak er minimal. Dette gjenspeiler også varmetapsbudsjettet fra beregninger i SIMIEN. *Vedlegg A.3* viser til et minimalt varmetap i tak på 2,9%. Ved å øke isolasjonstykkelsen i tak med 200 mm vil gi en minimal energibesparelse på 1,3 kWh/m².



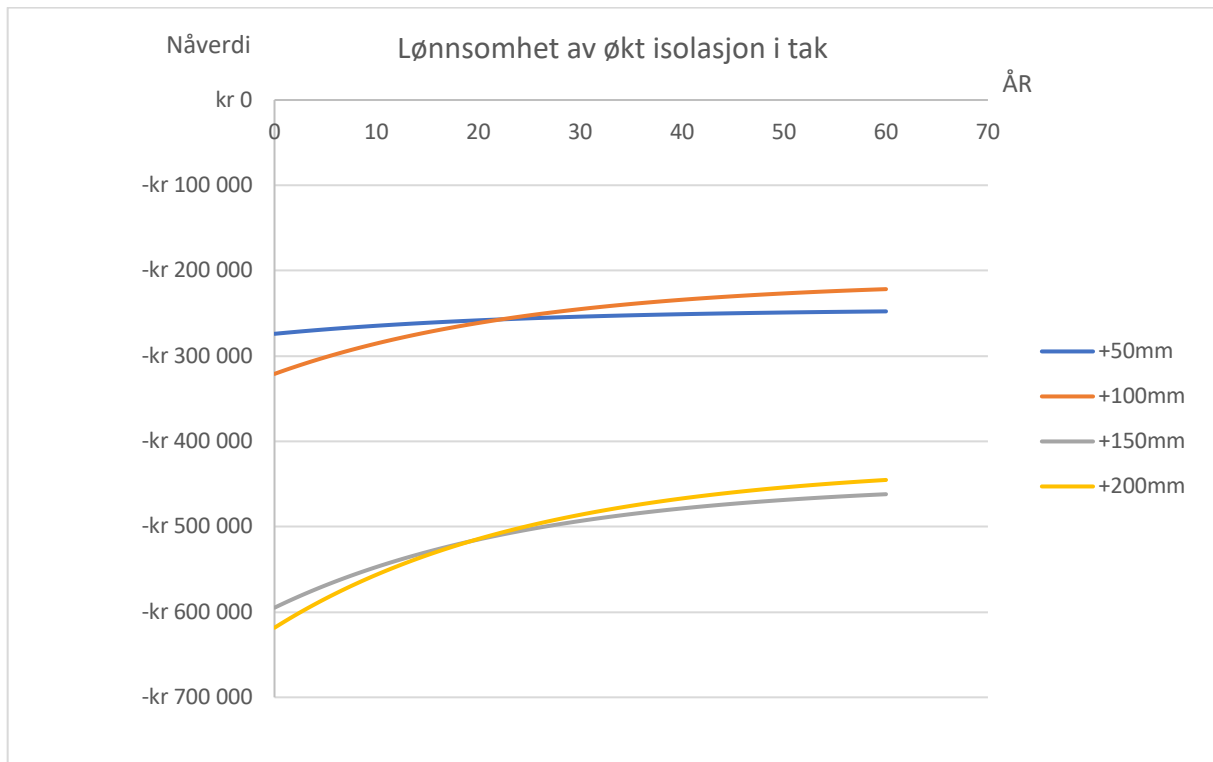
Figur 26: Effekt av økt isolasjonstykkelse fra prosjekterte tykkelse i vegg og tak.

Lønnsomhets vurdering



Figur 27: Lønnsomhet av økt isolasjonstykkelse i vegger.

Figur 27. Illustrerer lønnsomheten av økt isoleringstykkelse og inntjeningstiden til de økte tykkelsene. +100mm har den korteste inntjeningstiden på 22,2 år, mens +150 og +200mm har 3,3 og 7,3 år lengre inntjeningstid. Disse to alternativene gir en høyere besparelse (nåverdi) ved levetid 60 år. +50mm gir den lengste inntjeningstiden på 40,9 år og har den laveste nåverdien ved endt levetid. Investeringskostnaden er minst ved dette alternativet, men gir den dårligste avkastning pr investerte krone.

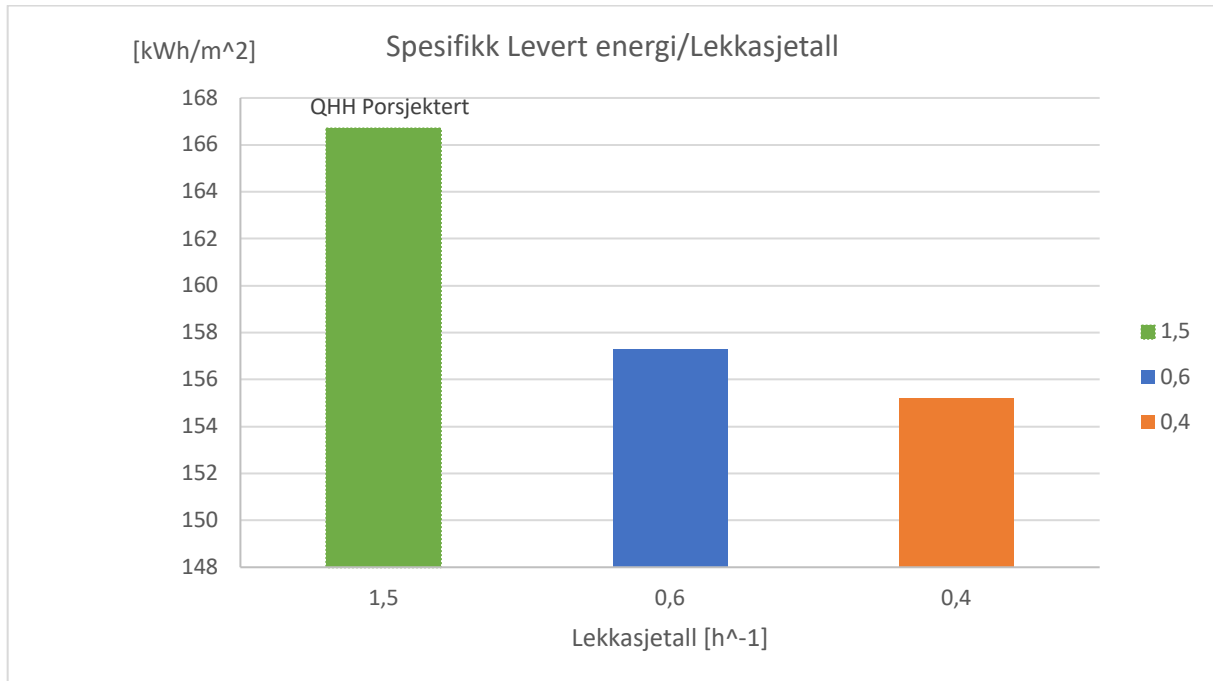


Figur 28: Lønnsomhet av økt isolasjonstykkelse i tak.

Figur 28. Økt isolasjonstykkelse i tak er ikke lønnsomt ut ifra lønnsomhetsanalysen. Besparelsene er minimale og klarer ikke å tilbakebetale investeringsbeløpet i løpet av levetiden.

7.2 Effekt av forbedret lekkasjetall

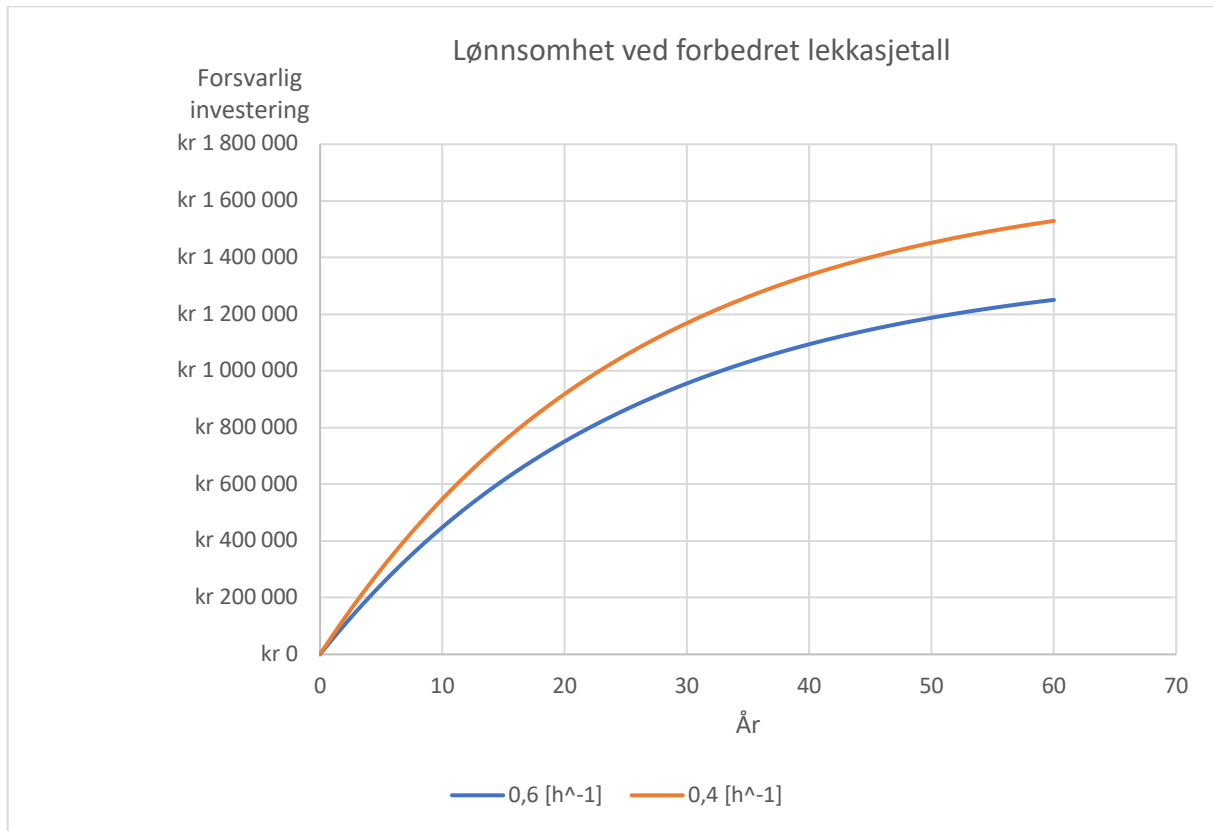
Figur 29. Forbedret lekkasjetall fra 1,5 til 0,6 og 0,4 [h^{-1}] gir en årlig energibesparelse på henholdsvis 9,4 og 11,5 [kWh/m^2]. Det utgjør en årlig besparelse på 55 295 og 67 610 kr for Quality Hotel Harstad.



Figur 29: Effekt av forbedret lekkasjetall.

Forbedring av lekkasjetall gir ikke en spesifikk ekstra kostnad i form av materialkostnader. Derfor illustrerer lønnsomhetsanalysen hvor stor en eventuell investering kan forsvares med.

Lønnsomhetsvurdering

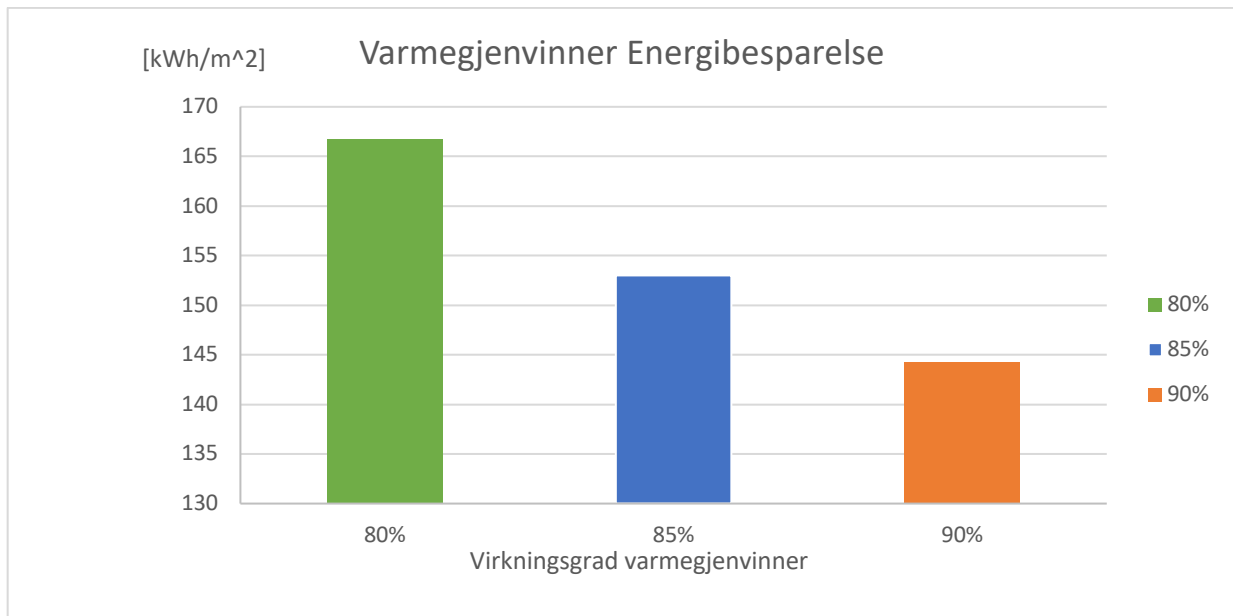


Figur 30: Lønnsomhet av tetting av klimaskjerm.

Figur 30. Forbedring av lekkasjetall fra 1,5 til 0,4 [h⁻¹] kan forsvares med en investering på 1 529 567 kr, mens en forbedring av lekkasjetall til 0,6 [h⁻¹] kan forsvares med en investering på 1 250 976 kr.

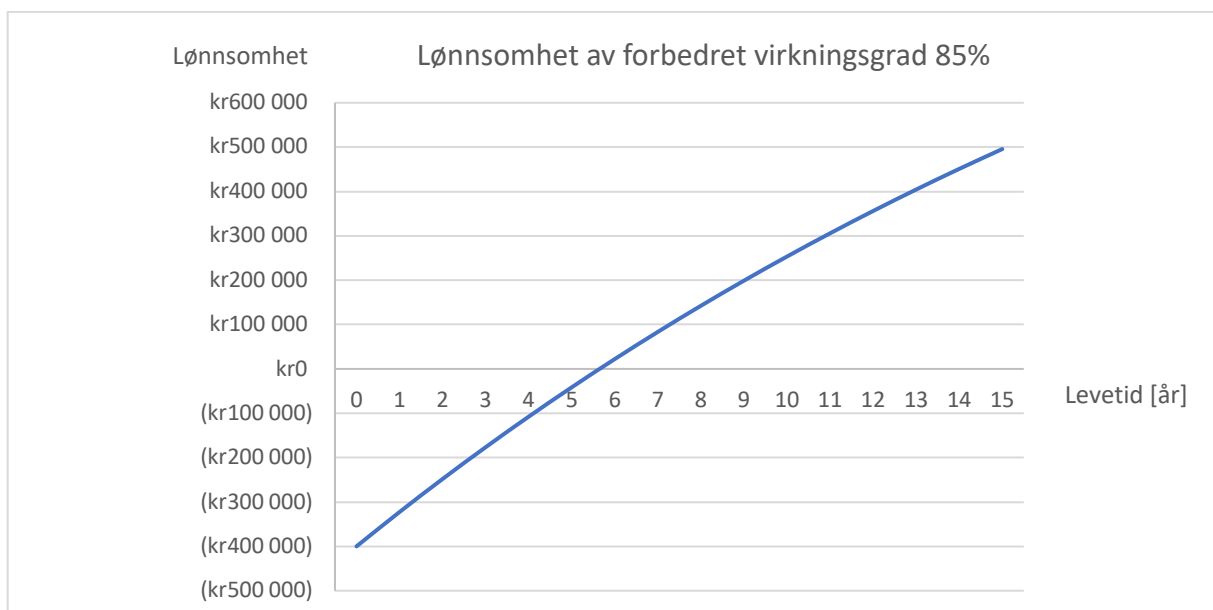
7.3 Effekt av forbedret virkningsgrad på varmegjenvinnere

Økning av virkningsgrad på varmegjenvinnerne er et enkelt tiltak som gir best energibesparelse. *Figur 31.* Ved å øke virkningsgrad med 5% og 10 % vil gi en energi besparelse på 13,7 og 22,4 [kWh/m²] %. Det utgjør en årlig besparelse på 80 557 og 131 785 kr.



Figur 31: Effekt av forbedret virkningsgrad på varmegjenvinnere.

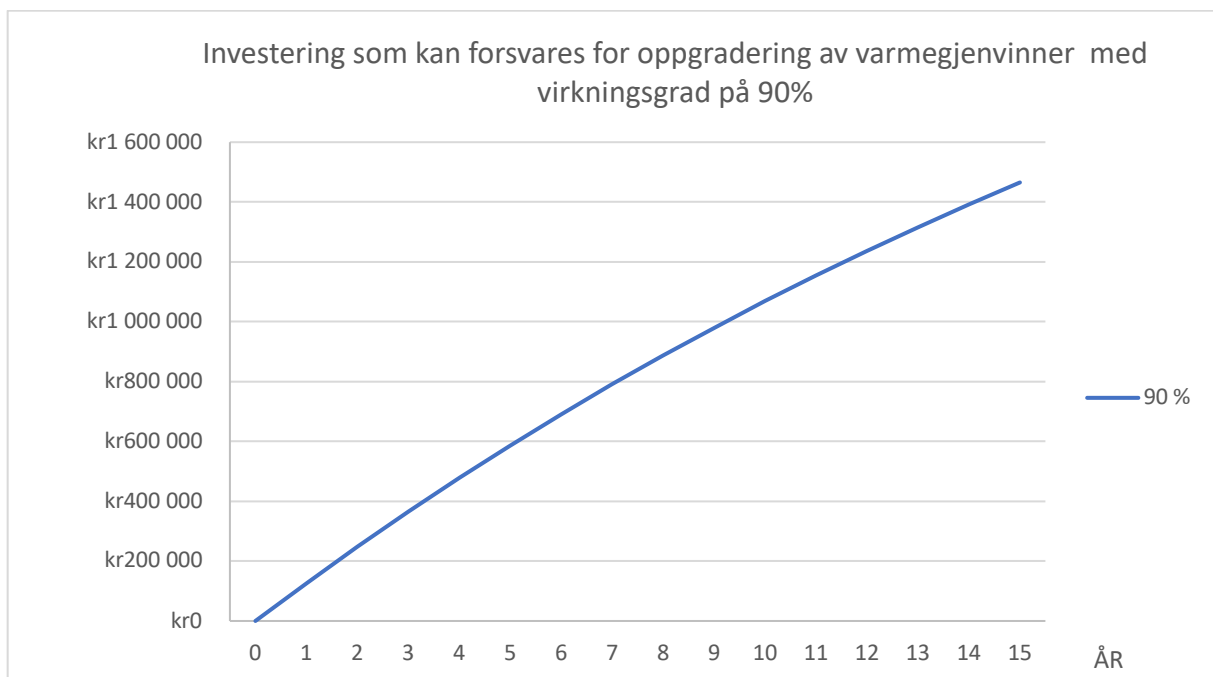
Lønnsomhetsanalyse av økt virkningsgrad på varmegjenvinnere



Figur 32: Lønnsomhetsanalyse, varmegjenvinnere med virkningsgrad 85%.

Figur 32. En oppgradering av varmegjenvinningsgraden fra 80% til 85% på de 7 ventilasjonsaggregatene vil tilkomme en kostnad på 400 000 kr ekskl. Mva. Det gir en årlig energibesparelse på 80 577 kr. Ut fra analysen vil det være en lønnsom investering med en tilbakebetalingstid på 5,6 år. Nåverdien er 495 664 kr ved aggregatenes levetid (15 år).

Lønnsomhetsanalyse av varmegjenvinner med virkningsgrad 90%.



Figur 33: Lønnsomhetsanalyse, varmegjenvinner 90%.

Figur 33. Det er ikke gitt noe kostnadsoverslag fra leverandør på varmegjenvinner med virkningsgrad på 90%. Resultatet fra lønnsomhetsanalysen viser at en investering på inntil 1 465 241 kr er lønnsom. Oppgradering vil potensielt kunne gi Quality Hotel Harstad årlig energibesparelser på 131 785 kr.

7.4 Sammensatte tiltak

For å senke energibehovet ytterligere er det utført energiberegninger med en kombinasjon av flere tiltak. Det innebærer en sammensatt forbedring av isolasjonstykkelse, lekkasjetall og varmegjenvinningsgrad. Slik at Quality Hotel Harstad kan tilfredsstille kravene til energiklasse A. *Tabell 19* viser de 8 alternativer som er simulert i SIMIEN og en beskrivelse av hvilke tiltak hvert alternativ består av. Se vedlegg B.3 for fullstendig tabell og verdier som ligger til grunne for beregningene. Investeringskostnad er ikke tatt med fordi det ikke er gitt en investeringskostnad på alle tiltakene.

Kombinererte tiltak	Spesifikk levert energi [kWh/m ²]	Årlig energikostnad [NOK]	Årlig energibesparelse [kWh/m ²]	Årlig besparelse [NOK]	Investeringskostnad [NOK]
	166,7	kr 1 023 259		kr -	kr -
Alternativ 1	143,6	kr 887 374	23,1	kr 135 885	
Alternativ 2	142,2	kr 879 169	24,5	kr 144 090	
Alternativ 3	140,1	kr 866 790	26,6	kr 156 470	
Alternativ 4	138,7	kr 858 563	28	kr 164 696	
Alternativ 5	141,6	kr 875 626	25,1	kr 147 633	
Alternativ 6	140,2	kr 867 408	26,5	kr 155 851	
Alternativ 7	138,1	kr 855 011	28,6	kr 168 248	
Alternativ 8	136,8	kr 847 392	29,9	kr 175 868	

Alternativ 1	Lekkasjetall fra 1,5 til 0,6, temperaturvirkningsgrad på varmegjenvinner fra 80% til 85%		
Alternativ 2	Lekkasjetall 0,6, virkningsgrad 85% & isolasjonstykkelse 300mm		
Alternativ 3	Lekkasjetall 0,6, virkningsgrad 85% & isolasjonstykkelse 350mm		
Alternativ 4	Lekkasjetall 0,6, virkningsgrad 85% & isolasjonstykkelse 400mm		
Alternativ 5	Lekkasjetall 0,4, virkningsgrad 85% & isolasjonstykkelse 250mm		
Alternativ 6	Lekkasjetall 0,4, virkningsgrad 85% & isolasjonstykkelse 300mm		
Alternativ 7	Lekkasjetall 0,4, virkningsgrad 85% & isolasjonstykkelse 350mm		
Alternativ 8	Lekkasjetall 0,4, virkningsgrad 85% & isolasjonstykkelse 400mm		

Tabell 9: Kombinasjon av tiltak.

Tiltak som hever Quality Hotel Harstad til energiklasse A

Figur 34. Det er bare tre kombinerte tiltak som klarer å senke Quality Hotel Harstads energibruk ned under 140 [kWh/m²], slik at det tilfredsstiller energiklasse A. Det er alternativ 4, 7 og 8.

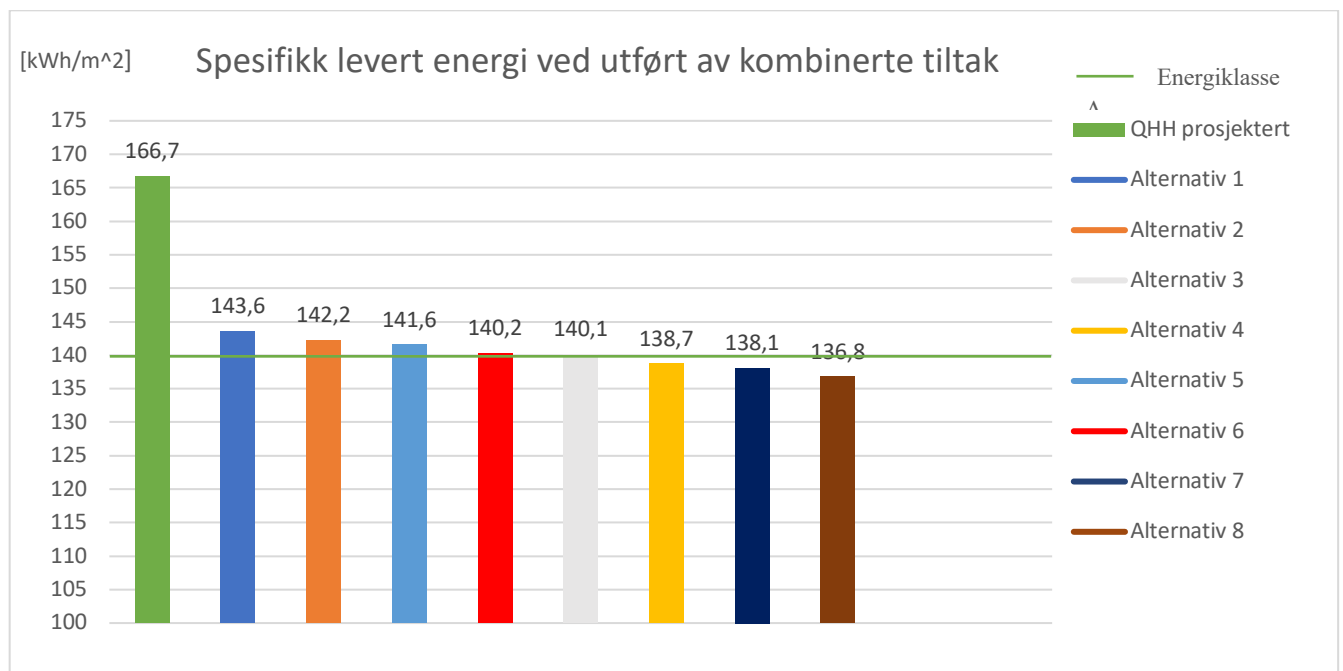
Alternativ 4 vil kunne redusere energibehovet til QHH fra 166,7 til 138,7 [kWh/m²] som utgjør en årlig besparelse på 164 696 kr.

Alternativ 7 vil kunne senke energibehovet til QHH fra 166,7 til 138,1 [kWh/m²] og gir en årlig besparelse på 168 248 kr i energikostnader.

Alternativ 8 vil kunne senke energibehovet til QHH fra 166,7 til 136,8 [kWh/m²] noe som utgjør en årlig besparelse på 175 868 kr i energikostnader.

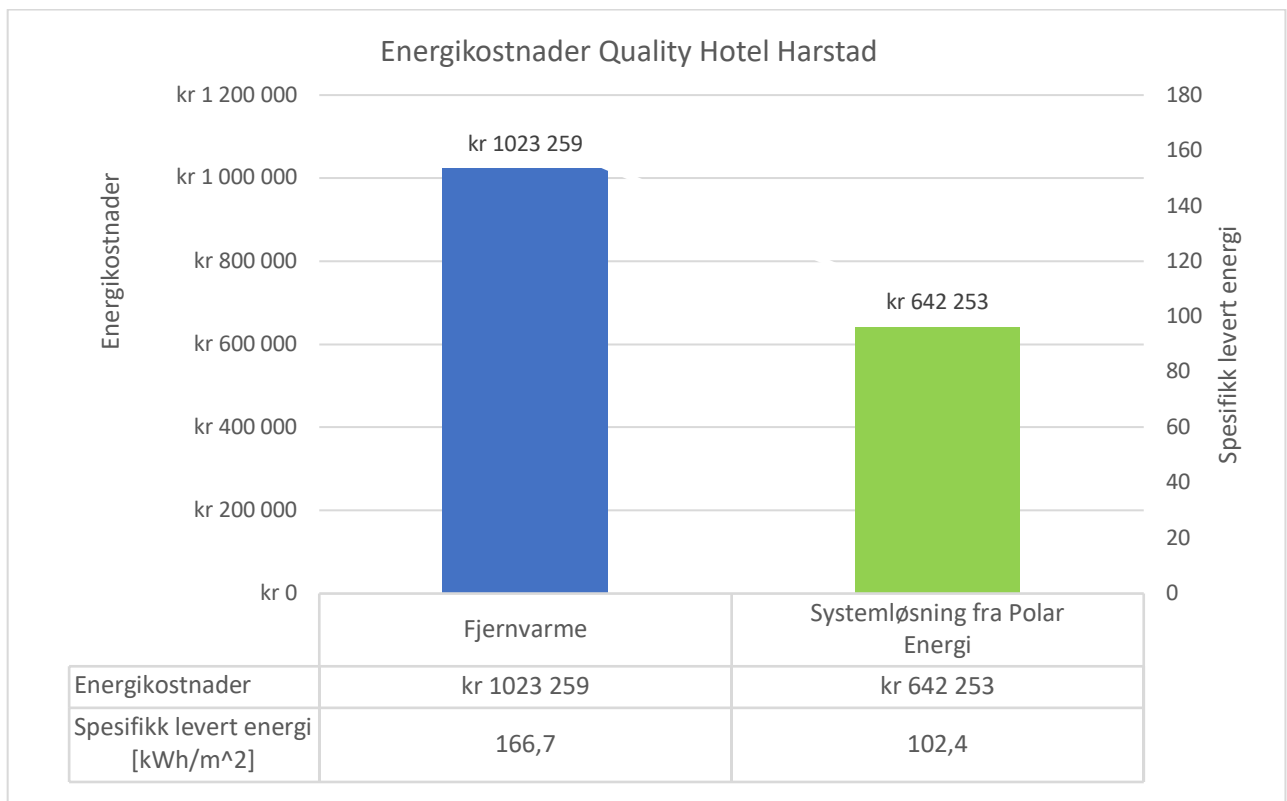
Både alternativ 3 og 6 ligger på grensen til energiklasse A, med energibehovet på henholdsvis 140,1 og 140,2 [kWh/m²].

Figur 40 illustrerer hvor mye Quality Hotel Harstads prosjekterte energibehovet kan reduseres ved utførelse av de 8 alternativene.



Figur 34: Energiforbruk ved utførelse av tiltak

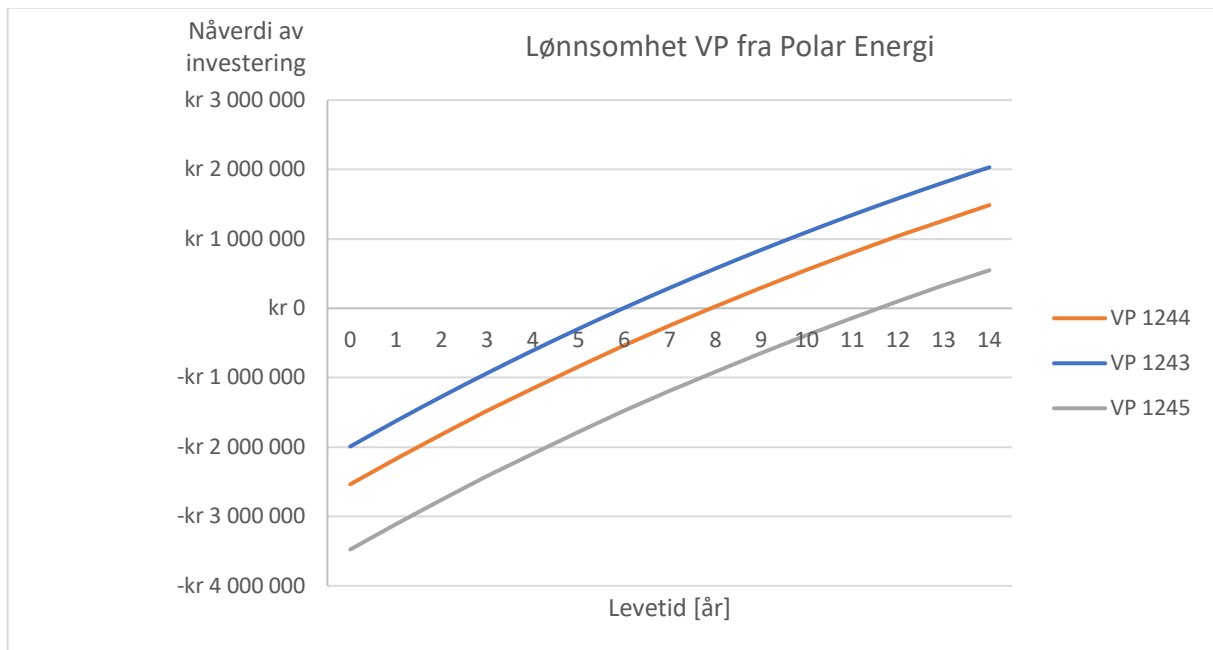
7.5 Vurdering av Polar Energis Systemløsning



Figur 35: Energiløsning Quality Hotel Harstad.

Figur 35 sammenligner de to alternative energikildene til Quality Hotel Harstad. Varmepumpeløsningen vil kunne redusere det årlige energibehovet med 38%. Dette bidrar til at QHH kategoriseres som et hotellbygg i energiklasse A med beste oppvarmingskarakter (grønn). Systemløsningen kan gi en årlig energibesparelse på 64,3 [kWh/m²], det utgjør en kostnadsbesparelse på 381 006 kr årlig.

Lønnsomhetsanalyse av Systemløsningene fra Polar Energi



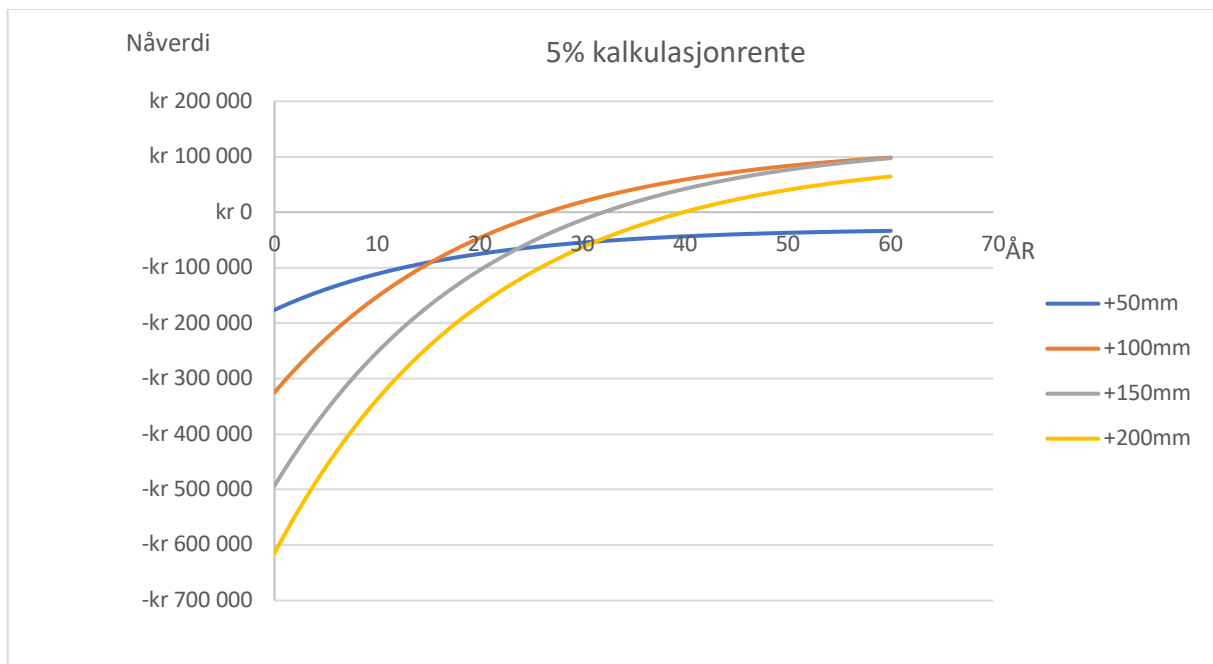
Figur 36: Lønnsomhet, systemløsningen fra Polar Energi.

Figur 36. Illustrer lønnsomheten til de 3 tilbudene gitt fra Polar Energi med en levetid på 14 år. Tilbud 1244 er det mest lønnsomme tilbudet, med en tilbakebetalingstid på 6 år. Tilbud 1243 og 1245 har en tilbakebetalingstid på henholdsvis 7,9 år og 11,6 år. Det er ikke mulig å sammenligne lønnsomheten til fjernvarmeløsningen fordi pristilbud ikke er gitt per 26.04.2021. Se vedlegg D.1 for prisanslag på de 3 systemløsningene fra Polar Energi.

7.6 Følsomhetsanalyse

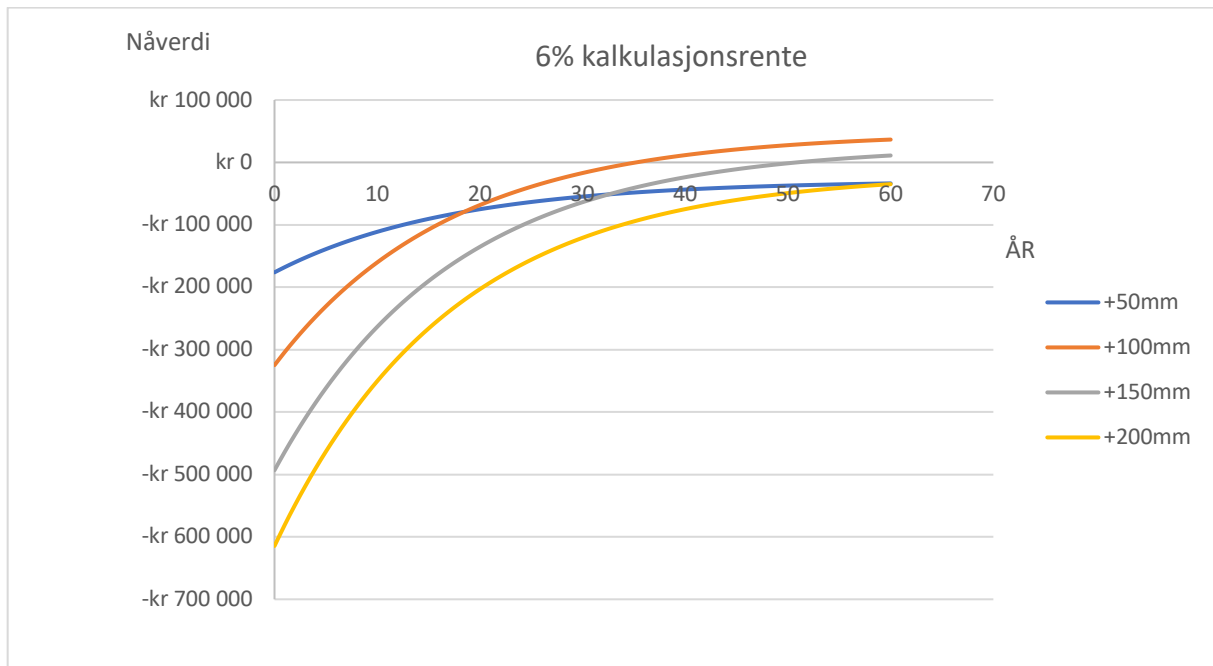
Følsomhetsanalyse tar for seg eventuelle avvik fra de verdiene som ligger til betraktning i lønnsomhetsvurderingen. Analysen viser følsomheten for inflasjon, økte energipriser og renteforhold.

Følsomhetsanalyse av økt isolasjonstykkelse i yttervegg



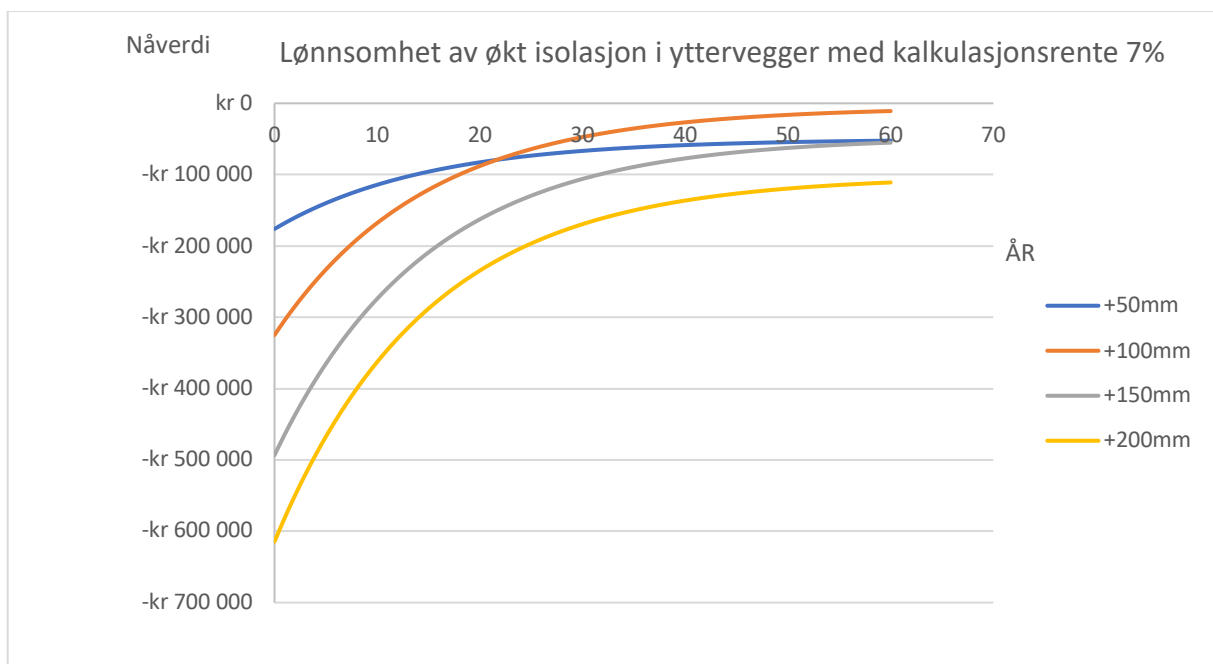
Figur 37: Kalkulasjonsrente 5%.

Figur 37. En økt kalkulasjonsrente fra 4% til 5% vil gi lavere lønnsomheten. +50mm vil ikke lenger være en lønnsom investering. Med en nåverdi på -9202 kr. De tre resterende tiltakene vil fortsatt være lønnsomme, men tilbakebetalingstiden er økt til henholdsvis 26,6 år, 32 år og 39,8 år.



Figur 38: Kalkulasjonsrente 6%.

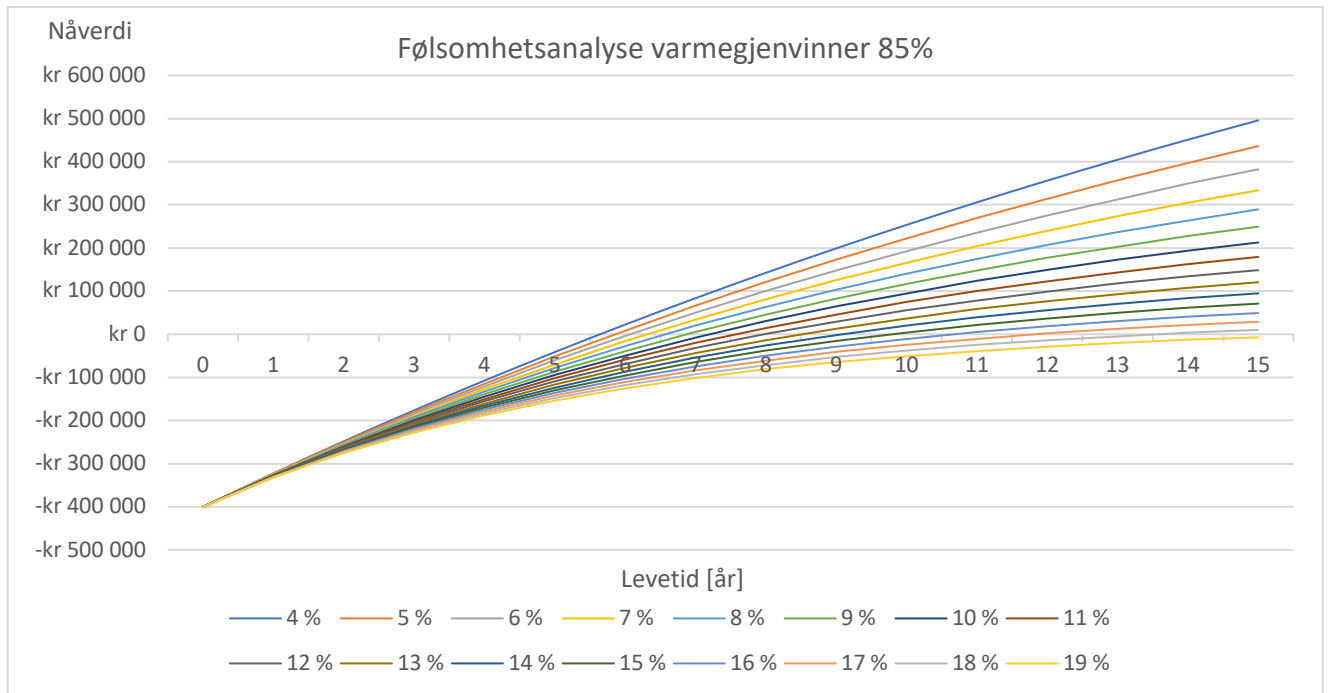
Figur 38. En økt kalkulasjonsrente til 6% vil bare tiltak +100 mm og +150 mm være lønnsom. +100 mm er det alternativet som gir størst besparelse med nåverdi = 36 618 kr og en tilbakebetalingstid på 35,2 år. +150mm har nå en nåverdi = 11 121 kr og en tilbakebetalingstid på 50,8år. Både +150 mm og + 200 mm vil ikke lengre være lønnsomme tiltak.



Figur 39: Kalkulasjonsrente 7%.

Figur 39. Ved en kalkulasjonsrente på 7% vil det ikke lenger være lønnsomt å øke isolasjonstykkelsen i ytterveggene. Besparelsen klarer ikke å tilbakebetale investeringskostnadene i løpet av levetiden.

Følsomhetsanalyse av varmegjenvinner

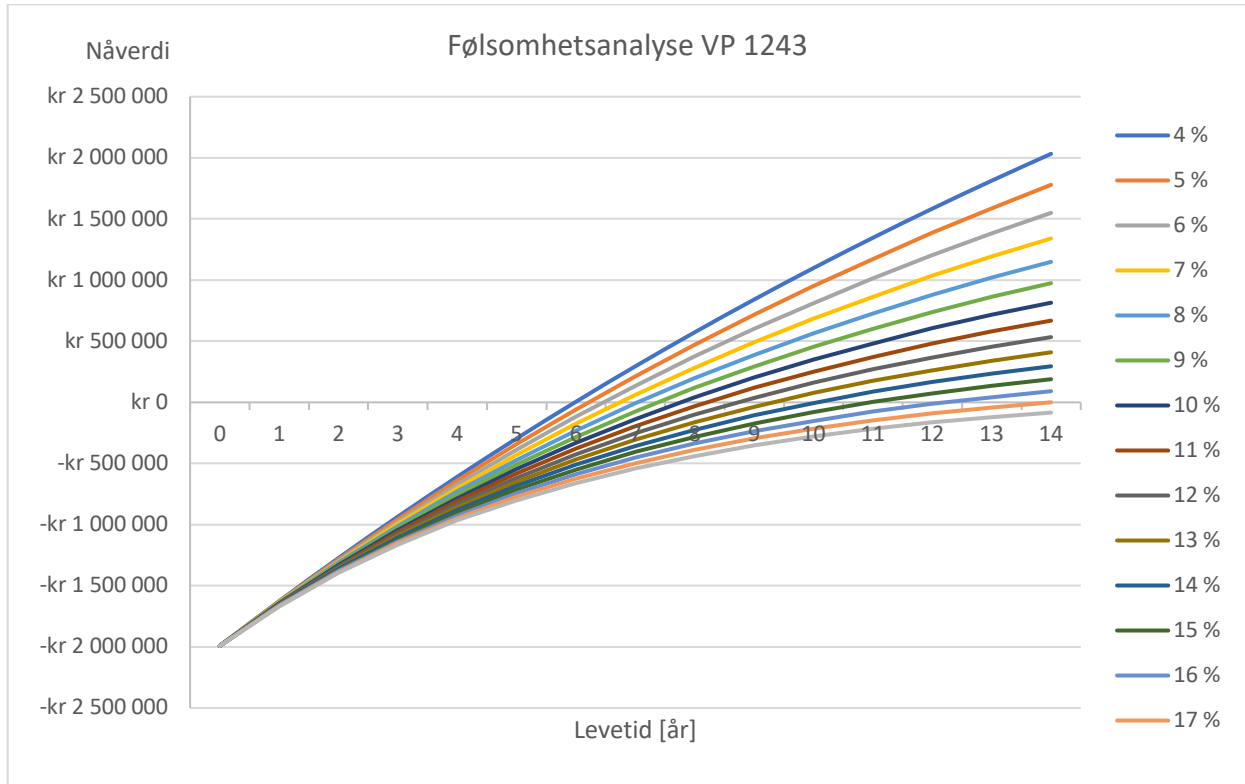


Figur 40: Følsomhetsanalyse varmegjenvinner 85%.

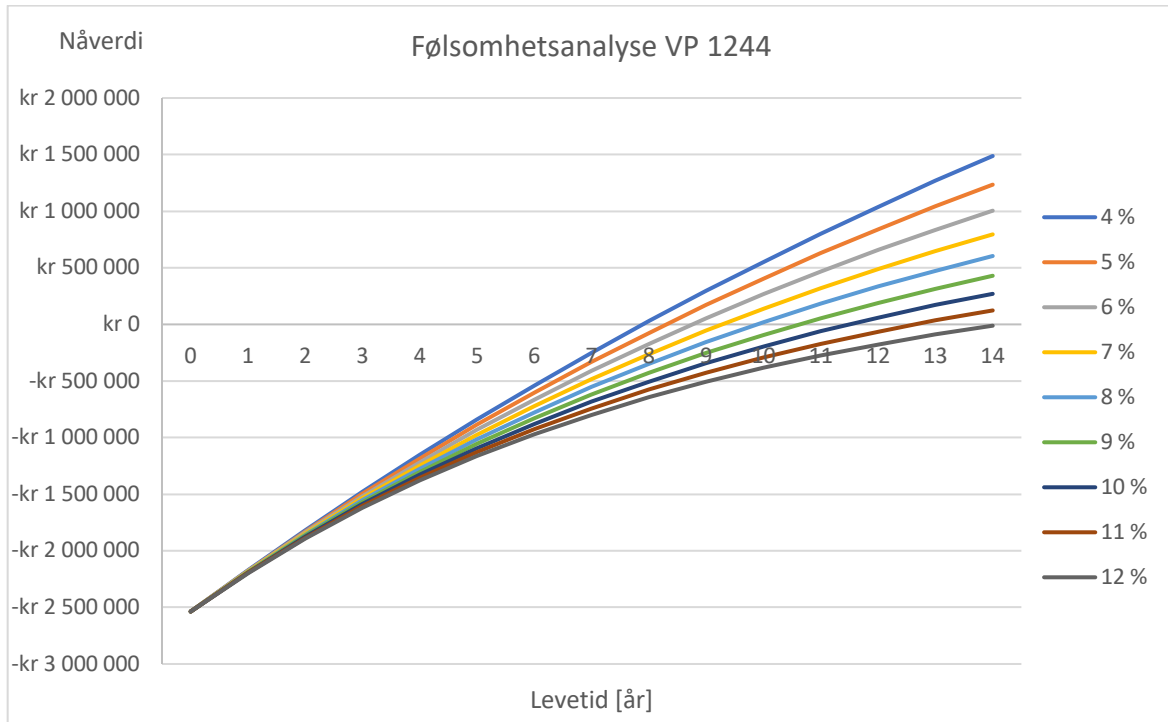
Figur 40. Dette er en investering som har lav risiko. Og vil kunne tåle relativt store markeds endringer. Investeringen vil være lønnsom med en kalkulasjonsrente opptil 18%.

Varmepumpeløsning fra Polar Energi

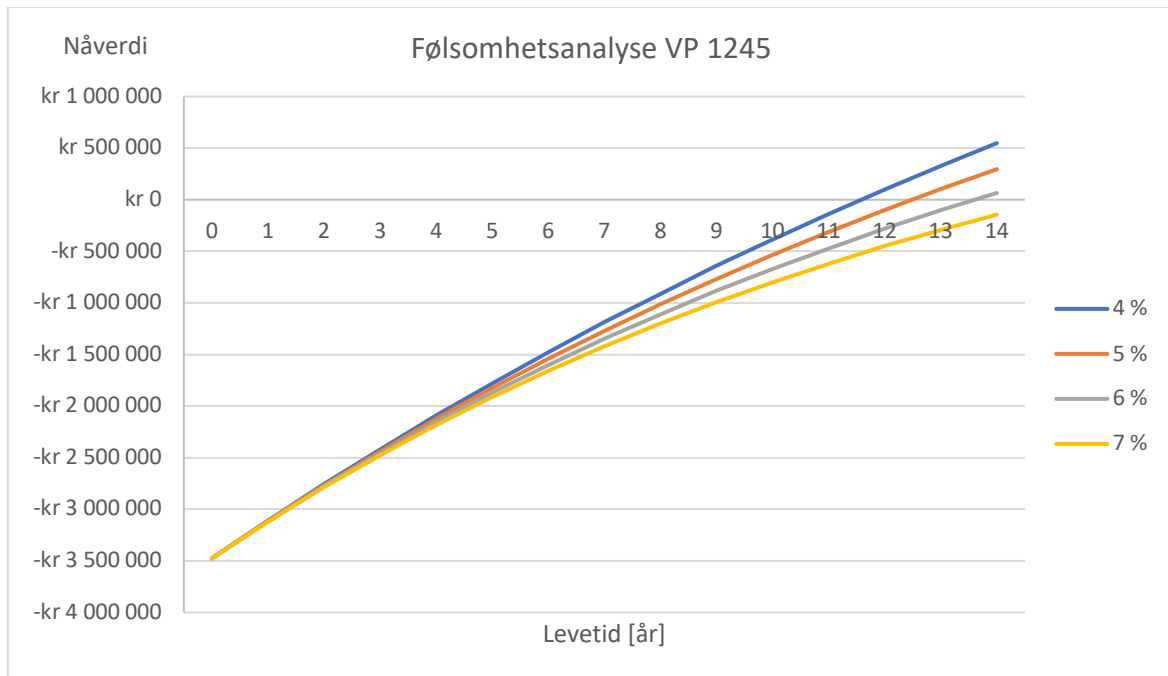
Figur 40, 41 og 42. Illustrerer investeringenes evne til å tåle endringer i markedet. Tilbud 1243 vil være en lønnsom investering med en renteøkning opptil 17%. Tilbud 1244 og 1245 vil kunne tåle en renteøkning på henholdsvis 11% og 6%.



Figur 41: Følsomhetsanalyse tilbud 1243 fra Polar Energi.



Figur 42: Følsomhetsanalyse tilbud 1244 fra Polar Energi.



Figur 43: Følsomhetsanalyse tilbud 1245 fra Polar Energi.

8. Diskusjon

Alle grafene og tabellene det henvises til er presentert i kapittel 7.

Økte isolasjonstykkelser i vegger

De årlige energibesparelsene ved økt isolasjonstykkelse strekker seg fra 1,5 til 6,1 [kWh/m²], se *Tabell 8*. Dette vil ikke være tilstrekkelig for at QHH skal kunne klassifiseres som et hotellbygg i energiklasse A. Lønnsomhetsanalysen viser derimot at det vil være lønnsomt å øke isolasjonstykkelsen i ytterveggene. *Figur 26* viser at alle de 4 tiltakene med ekstra isolasjonstykkelse er lønnsomme, men at lønnsomheten varierer. +50mm er det tiltaket med lavest lønnsomhet, med en tilbakebetalingstid på 40,9 år. Tiltakene +100mm, +150mm og +200mm har relativ lik lønnsomhet, med tilbakebetalingstid på henholdsvis 22,2, 25,5 og 29,5 år. Det vil være naturlig å velge en av disse 3 tiltakene ut ifra lønnsomhets vurdering, men i tillegg er veggens totale tykkelse en viktig faktor. Quality Hotel Harstad sine yttervegger er prosjektert med en isolasjonstykkelse på 250 mm. En økning av isolasjonstykkelsen med ytterligere 200 mm gir en svært massiv vegg, med en total isolasjonstykkelse på 450 mm. I tillegg kommer tykkelsene på fasadeplatene, påforing, stendere osv. Veggens totale tykkelse er en viktig faktor, og bør vektlegges i tillegg til lønnsomhetsanalysen. Ved å utelukkende vektlegge veggens totale tykkelse vil det være fornuftig å velge +50 mm eller +100 mm ekstra isolasjon. Det gir en total isolasjonstykkelse på 300 mm eller 350 mm. *Figur 37* viser at tiltak +50 mm ikke er lønnsom ved en renteøkning fra 4% til 5%. Ved en kalkulasjonsrente på 6% er det tiltak +100 mm som holder høyest lønnsomhet, mens tiltak +150 mm holder seg like over nullpunktet, se *figur 38*. Hvis kalkulasjonsrenten øker til 7% vil ingen av tiltakene være lønnsomme, se *figur 39*.

Økt isolasjonstykkelse i tak

Tabell 8 viser at økt isolasjonstykkelse i tak gir liten effekt med årlig besparelse fra 0,2 til 1,3 [kWh/m²]. Det er betydelig mindre enn hva tilsvarende isolasjonstykkelse i vegger ville gitt. Det henger sammen med at varmetapet i taket er minimalt med 2,9% av hotellets totale varmetapsbudsjett, se kakediagram «Varmetapsbudsjett» i vedlegg A.1. Dette indikerer at hotellet er prosjektert med tilstrekkelig isolasjon i tak. Økt tykkelse vil ikke gi tilstrekkelige besparelse og en investering vil ikke være lønnsom, se *figur 28*. På bakgrunn av dette er det ikke gjort noen videre følsomhetsanalyse av tiltaket.

Forbedret lekkasjetall i bygningskroppen

Effekten av forbedret lekkasjetall i konstruksjonen fra 1,5 til 0,6 og 0,4 [h⁻¹] gir en årlig energibesparelse på henholdsvis 9,4 [kWh/m²] og 11,5 [kWh/m²]. Effekten er betydelig bedre enn å øke isolasjonstykkelse i veggene, se *tabell 8*. Det er ikke gitt noen kostnader knyttet til tetting av klimaskjerm. Siden det er vanskelig å anta investeringskostnaden, er det gjennomført en analyse av hvor stor investering som kan forsvares. *Figur 30* viser at forbedring

av lekkasjetall fra 1,5 til 0,6 og 0,4 [h^{-1}] kan forsvares med investering på henholdsvis 1 250 977 og 1 529 567 kr. Det vil si at en investering som ikke overskrider disse beløpene vil anses som lønnsom. Beregningene er gjort på bakgrunn av årlige energibesparelse og en kalkulasjonsrente på 4%, se vedlegg B.2 for fullstendig oversikt. Dette er tiltaket som er antatt å gi lavest kostnader å utføre og gir god effekt. I utgangspunktet gir det ikke noe ekstra materialkostnader. Utførelsen av arbeidet er den viktigste faktoren for å oppnå en tett bygningskropp.

Forbedret virkningsgrad på varmegjenvinner

Effekten av å øke virkningsgraden på varmegjenvinnerne viser seg å være det mest effektive tiltaket. Ventilasjonsanlegget trekker ut store mengder varm avtrekksluft som ikke blir utnyttet tilstrekkelig. Varmetap i ventilasjon står for 54% av hotellets totale varmetapsbudsjett ved en varmegjenvinningsgrad på 80% på de 7 ventilasjonsaggregatene.

Ved å oppgradere virkningsgraden fra 80% til 90% vil man kunne senke energibehovet fra 166,7 til 144,3 [kWh/m^2]. Det er 4,3 [kWh/m^2] unna å tilfredsstillere energiklasse A for hotellbygg. Varmetapet i ventilasjon vil reduseres til 37%. Det er ikke gitt et kostnadsoverslag fra leverandør på et slikt ventilasjonsaggregat og dermed ikke tatt til videre vurdering. Bryn byggklima har anslått at det koster 400 000 kr ekskl. Mva. å oppgradere de 7 ventilasjonsaggregatene til QHH med en gjenvinningsgrad fra 80% til 85%. Dette er det tiltaket som gir størst lønnsomhet med en tilbakebetalingstid på 5,6 år, se figur 32.

Sammensatte tiltak

Ingen av enkelt tiltakene klarer å senke Energibehovet til Quality Hotel Harstad ned på et nivå slik at det tilfredsstillere energiklasse A. Dermed er det utført beregninger med opptil 3 tiltak kombinert. De alternativene som klarer å senke energibehovet ned til energiklasse A er alternativ 4, 7 og 8 se figur 34. Alle tre alternativene er gjennomførbare, men vil gi massive vegger med total isolasjonstykkelse på 400 mm for alternativ 4 og 8, mens alternativ 7 får 350 mm isolasjonstykkelse. Det tilsvarer +150 og +200 mm tykkere vegger enn det prosjekterte.

Polar energi

Varmepumpeløsningen til Polar Energi gir en betydelig energibesparelse sammenlignet ved bruk av fjernvarme. Det årlige energibehovet til QHH vil kunne senkes fra 166,7 [kWh/m^2] til 102,4 [kWh/m^2]. QHH vil kunne klassifiseres som et energiklasse A hotell, med den beste oppvarmingskarakteren (grønn). Det tilsvarer et bruk på 22,8% direkte. el til oppvarming. Ved bruk av fjernvarme vil andelen økes til 48,8%. Det tilsvarer energiklasse B med gul oppvarmingskarakter. Systemløsningen til Polar Energi vil være det mest miljøvennlige alternativet.

Ut fra investeringsanalysen er alle 3 tilbudene fra Polar Energi lønnsomme og vil kutte de årlige energiutgiftene fra 1 023 259 kr til 642 253 kr, det utgjør en årlig besparelse på 381 006 kr med

en strømpris på 0,80 [kr/kWh] og spotpris på 0,75 [kr/kWh] for fjernvarme. Tilbud 1243 inkluderer ikke rørteknisk og elektrisk arbeid knyttet til montering og installasjon.

Ingen av enkelttiltakene senker energibehovet til et nivå der QHH tilfredsstiller energiklasse A. Derimot vil de fleste tiltakene være lønnsomme å utføre på bakgrunn av årlig energibesparelse. Ut ifra investeringsanalysen er det kun økt isolasjonstykkelse i tak som ikke vil være økonomisk lønnsomt gitt valgte forutsetninger. Av de 8 sammensatte tiltakene er det bare alternativ 4, 7 og 8 som senker energibehovet under 140 [kWh/m²] og tilfredsstiller energiklasse A. Det er ikke estimert en total investeringskostnad for de sammensatte tiltakene, da det ikke er gitt prisanslag på forbedring av lekkasjetall og oppgradering av varmegjenvinner med 90% virkningsgrad.

9. Konklusjon

Hovedformålet med denne rapporten er å vurdere energibesparende tiltak med hensikt å senke energibehovet til Quality Hotel Harstad. På en slik måte at det kan kategoriseres som et energiklasse A hotell, i henhold til energimerkeforskriften. Videre er det gjort en vurdering ved bruk av fjernvarme og varmepumpeløsning fra Polar Energi til oppvarming. Konklusjonen bygger på resultatene fra energiberegningene i SIMIEN og vedrørende lønnsomhetsanalyser.

Hvilke byggetekniske tiltak gir størst effekt?

Fra energiberegningene er det oppgradering av gjenvinningsgraden på ventilasjonsaggregatene som gir størst effekt. Denne påstanden forsterkes ved at 54% av det totale varmetapet i hotellet stammer fra ventilasjonsanlegget, se vedlegg A.1 varmetapsbudsjett. Ved å øke temperaturvirkningsgraden med 85% minskes varmetapet i ventilasjon til 47,1%. Ved ytterligere økning av virkningsgraden til 90% vil varmetapet reduseres til 37%. En økning av varmegjenvinnernes virkningsgrad med 10% gir en varmetapsreduksjon på 17,7%. Oppgradering fra 80% til 85% er anslått å koste 400 000 kr og utgjør en årlig energibesparelse på 8,2%. Investeringen er lønnsom med en tilbakebetalingstid på 5,6 år. Det er ikke gitt et prisanslag på varmegjenvinner med virkningsgrad på 90%, men en slik virkningsgrad vil kunne gi en årlig energibesparelse på 22,4 [kWh/m²]. Det tilsvarer en årlig besparelse på 131 785 kr, slik at en investering opptil 1 465 241 kr vil være lønnsom ved gitte forutsetninger. Selv om dette er det mest effektive tiltaket, så klarer det ikke alene å senke energibehovet tilstrekkelig til at hotellet tilfredsstiller energiklasse A. Med hensyn på årlig besparelser og en relativt liten investeringskostnad, så anbefales det å oppgradere ventilasjonsaggregatene med gjenvinningsgrad på minimum 85%.

Hvilke tiltak må gjennomføres slik at hotellets energiklasse kan heves fra B til A?

Selv om de fleste tiltakene viste seg å være lønnsomme, ble ikke det totale energibehovet redusert tilstrekkelig for å heve energiklassen. Konsekvensen av dette ble 8 nye energisimuleringer i SIMIEN med sammensatte tiltak. Av disse klarte 3 sammensatte tiltak å senke energibehovet tilstrekkelig for å tilfredsstille energiklasse A. Det var Alternativ 4, 7 og 8. Alle alternativene består av økt isolasjonstykkelse, forbedret lekkasjetall og økt varmegjenvinningsgrad.

Alternativ 7 gir 50 mm tynnere vegger enn de to øvrige alternativene. Det tilsvarer 121 340 kr i reduserte materialkostnader. Dette alternativet er å foretrekke med tanke på redusert veggtykkelse.

Er effekten størst ved bruk av fjernvarme eller varmepumpeløsning fra Polar Energi til oppvarming?

Varmepumpeløsningen fra Polar Energi er den energikilden som tilfører Quality Hotel Harstad best oppvarmingseffekt. Resultatene viser en betydelig større effektivitet og vil kunne redusere hotellets energibruk med 38%. Varmepumpeløsningen har bedre effektytelser enn fjernvarmeanlegget og vil bruke betydelig mindre direkte elektrisitet til oppvarming. I tillegg bruker fjernvarmenettet i Harstad ca. 11% fossilt brensel som burde vært faset ut av hensyn til miljøet. Evaluering av energimerkeforskriften viser at QHH tilknyttet fjernvarme vil tilfredsstille energiklasse B med gul oppvarmingskarakter. Ved bruk av Polar Energis løsning

vil det kunne kategoriseres som et hotellbygg i energiklasse A med den beste oppvarmingskarakter. Det er hittil bare gitt prisanslag fra Polar Energi, derfor er det ikke grunnlag til å gjøre en vurdering på bakgrunn av investeringskostnadene til fjernvarme. Analysen viser at alle 3 tilbudene fra Polar Energi vil være lønnsomme med kort tilbakebetalingstid. I tillegg vil en kunne se bort fra investeringskostnad for kjølemaskin til romkjøling. Både fra et økonomisk og et miljømessig perspektiv viser resultatene at det er hensiktsmessig å ta i bruk Polar Energis systemløsning til oppvarming av QHH. Det vil også være et valg i riktig retning mot FNs bærekraftsmål punkt 7. som for Norge handler å omgjøre all fossil energi til fornybar energi, slik at ren energi kan tilbys til alle. I tillegg er det riktig for mål 13. som er å redusere klimagassutslipp ved satsning på fornybar energi. Slik at Norge kan bli et lavutslippssamfunn innen 2030 og sikte mot en klimanøytral fremtid.

9.1 Videre arbeid

Resultatene fra energiberegningene gir bare et tilnærmet estimat for energibruken til Quality Hotel Harstad. Derfor er det viktig at energibruken logges og dokumenteres ved ferdigstillelse og driftsstart. Etter første driftsår vil man kunne få en mer nøyaktig innsikt i hotellets virkelige energibruk. Men i de fleste tilfeller vil ikke driften av bygget være optimalt det første året. I denne perioden må de ansatte lære seg å ta i bruk nye systemer. Ofte oppstår såkalte «barnesykdommer» som er små uforutsette feil på tekniske installasjoner som hindrer optimal drift. Når optimal drift oppnås, er det viktig at energibruken logges slik at hotellets virkelige energibruk kan dokumenteres og hotellet kan få en energiattest.

Det ville vært interessant å gjøre en livssyklusanalyse av Quality Hotel Harstad. For å skape et helhetsbilde over hvor stor innvirkning bygging og drift av hotellet har på miljøet gjennom hele levetiden. LCA-analyse kunne vært anvendt som et vurderingskriteriene ved valg oppvarmingsløsning til hotellet. Slik at løsninger med lavest klimagassutslipp velges.

Referanser

- Ann Kristin Larsen. (2017). *EN ENKLERE METODE: Veiledning i samfunnsvitenskapelig forskningsmetode* (2 utg.). Fagforlaget.
- Aunevik. (2017). *Energismarte bygg* (1.utg). VVS-foreningen
- Bondy (2012). *Veileder til forskrift om energivurdering av tekniske anlegg og energimerking av bygninger*.
https://www.energimerking.no/download?objectPath=/upload_images%2FFDD9496065.14415F9791F02751096F66.pdf
- Consto. *om oss*. <https://consto.no/om-oss/> Hentet (29.01.21).
- Consto (u.å). *Quality Hotel Harstad*. <https://consto.no/prosjekter/quality-hotel-harstad/>
Hentet 02.02.21
- DFØ – Direktoratet for forvaltning og økonomistyring (2021). *Anskaffelsesprosessen steg for steg*. Hentet (02.02.2021).
<https://www.anskaffelser.no/anskaffelsesprosessen/anskaffelsesprosessen-steg-steg/avklare-behov-og-forberede-konkurransen/lage-kontraktstrategi/forelopig-budsjett-anskaffelsen/livssyklus-kostnader-lcc> Hentet (12.03.21).
- Direktoratet for byggekvalitet (2017). *Veiledning om tekniske krav til byggverk*.
https://www.regjeringen.no/contentassets/20503ddfe0664fac9e2185c1a6c80716/veiledning-til-byggteknisk-forskrift-tek17_01_07_2017_oppdaterert_15_09_2017.pdf Hentet (12.03.21)
- Direktoratet for byggekvalitet (2013). *Teknisk forskrift 1997-2010*.
<https://dibk.no/regelverk/liste-over-tidligere-regelverk/Teknisk-forskrift-1997-2010/>
Hentet (04.02.21)
- Enova. (2020). *energimerkestatistikk*.
<https://www.energimerking.no/no/energimerking-bygg/energimerkestatistikk/> Hentet (05.02.21).
- Energifakta Norge (2019). *Bærekraftige bygg*.
<https://energifaktanorge.no/et-baerekraftig-og-sikkert-energisystem/baerekraftige-bygg/> Hentet (04.02.21).
- Enova. (2019). *Forprosjekt Ny energimerkeordning – Sammendragsrapport, 978-82-8334-104-1*.

<https://www.regjeringen.no/contentassets/796d0c2e8ac349c896d984f786f2eef2/sammendragsrapport---forprosjekt-ny-energimerkeordning.pdf> Hentet (01.03.21).

Enova. (2012). *Potensial- og barrierestudie Energieffektivisering i norske bygg.* (Enovarapport 2012:1 / ISBN 978-82-92502-55-6).

Energimerkeforskriften for bygninger. (2010). Forskrift om energimerking av bygninger og energivurdering av tekniske anlegg. (For-2009-12-18-1665. Lovdata). <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2009-12-18-1665>

Enova a. (2009). *Energimerk ditt yrkesbygg.* <https://www.energimerking.no/no/energimerking-bygg/energimerking-av-bygg/> Hentet (04.02.21).

Enova b. (2009). *Om energiattesten.* <https://www.energimerking.no/no/energimerking-bygg/energimerking-av-bygg/om-energiattesten/> Hentet (05.02.21).

Energimerkeforskriften for bygninger. (2009). Forskrift om energimerking av bygninger og energivurdering av tekniske anlegg (FOR-2009-12-18-1665). LOVDATA. <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2009-12-18-1665> Hentet (18.02.21).

Energifakta Norge. (u.å.). *Bærekraftige bygg.* <https://energifaktanorge.no/et-baerekraftig-og-sikkert-energisystem/baerekraftige-bygg/> Hentet (02.02.21).

Eblogg. (2014). *Frikjøling – den enkle forklaringen.* <https://www.eblogg.org/frikjoling-den-enkle-forklaringen/> Hentet (24.03.21).

ENOVA. (u.å.). *Varmepumpe.* <https://www.enova.no/privat/alle-energitiltak/varmepumper/luft-til-luft-varmepumpe/> Hentet (17.02.21).

Ener. (u.å.). *Viktige prinsipper for ventilasjon.* <https://www.ener.no/prinsipper/> Hentet (22.03.21).

Fossdal, Arnstad, Mathiesen, Eriksen. (2007). *Fornybar energi.* Fornybar.

Grønmo.S. (2016). *Samfunnsvitenskapelige metoder.* Fagbokforlaget.

Gjerstad, F.O., Wangensteen, I., Thue, J.V, Hanssen, S.T., Novakovic, V. (2007). *ENØK I BYGNINGER Effektiv -energibruk.* Gyldendal. 3 utgave.

Glava. (u.å.). *Forskjøvet stenderverk med dobbel platekledning.*

<https://www.glava.no/losninger/forskjovet-stenderverk-med-dobbel-platekledning>
Hentet (17.03.21).

Klimaloven. (2018). Lov om klimamål (LOV-2017-06-16-60). Lovdata.
<https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2017-06-16-60>

Linde. (2021). *R290 (CARE 40) Propan*.
https://www.linde-gas.no/no/products_ren/refrigerants/natural_refrigerants/r290_care_propane/index.html
Hentet (29.03.21).

Larsen. Bramslev. Hammer. (2011). *Fra C til A* (ISBN 978-82-998837-0-2).
<https://byggalliansen.no/wp-content/uploads/2018/11/Ca-til-A-en-veileder-for-byggherrer-med-energiambisjoner.pdf>

Norsk klimaservicesenter. (2021). *Klimaprofil Troms*.
<https://klimaservicesenter.no/kss/klimaprofiler/troms> Hentet (23.02.21).

Norconsult Informasjonssystemer AS. (2020). *Norsk prisbok 2020*.

NVE. (2020). *Langsiktig kraftmarkedsanalyse 2020-2040*. (978-82-410-2072-8). Norges vassdrags- og energidirektorat.
https://publikasjoner.nve.no/rapport/2020/rapport2020_37.pdf?fbclid=IwAR0RHF4KSBwgG4JKzu6tVBLsYEHk0FPirtUUfatsjt-9xAVG-FFNLhH-Bo

NOVAP a. (2020). *Luft-til-luft-varmepumpe*.
<https://www.varmepumpeinfo.no/varmepumpetyper/luft-til-luft-varmepumpe>
Hentet (17.02.21).

NOVAP b. (2020). *Luft-til-vann-varmepumpe*.
<https://www.varmepumpeinfo.no/varmepumpetyper/luft-til-vann-varmepumpe>
Hentet (17.02.21).

NOVAP c. (2020). *Luft-til-væske-varmepumpe*
<https://www.varmepumpeinfo.no/varmepumpetyper/vaske-til-vann-varmepumpe>
Hentet (17.02.21).

Norsk Energi Johan Grinrød. (2014). *Varmebasert kjøling – et nytt markedssegment*.
<https://www.energi.no/docman/diverse/242-varmebasert-kjoling-fjernvarmedagene-2014/file> Hentet (24.03.21).

Norsk fjernvarme (u.å). *Fjernvarme*.
<https://www.fjernvarme.no/fakta/fjernvarme> Hentet (15.02.21).

Norsk fjernvarme (u.å). *Harstad*. <https://www.fjernkontrollen.no/harstad/> Hentet

(16.02.21).

Norsk fjernvarme (u.å). *Om energikildene.*

<https://www.fjernkontrollen.no/content/om-energikildene/> Hentet (23.02.21).

Regjeringen a. (17.08.2020). *Klima og miljø.*

<https://www.regjeringen.no/no/tema/klima-og-miljo/klima/innsiktsartikler-klima/klimaendringer/id2076641/> Hentet (01.02.21).

Regjeringen. (11.11.2020). *Det grønne skiftet i Norge.*

<https://www.regjeringen.no/no/tema/klima-og-miljo/klima/innsiktsartikler-klima/gront-skifte/id2076832/> Hentet (01.02.21).

Regjeringen b. (11.11.2020). *Klimaendringer og norsk klimapolitikk.*

<https://www.regjeringen.no/no/tema/klima-og-miljo/innsiktsartikler-klima-miljo/klimaendringer-og-norsk-klimapolitikk/id2636812/> Hentet (01.02.21).

Regjeringen c. (2020). *Hva sier FNs klimapanel om klimaendringer.*

<https://www.regjeringen.no/no/tema/klima-og-miljo/klima/innsiktsartikler-klima/klimaendringer/id2076641/> Hentet (01.02.21).

Regjeringen d. (29.06.2018). *Forbud mot bruk av mineralolje til oppvarming av bygninger fra 2020 vedtatt.*

<https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/forbud-mot-bruk-av-mineralolje-til-oppvarming-av-bygninger-fra-2020-vedtatt/id2606491/> Hentet (02.02.21).

SIMIEN Wiki. (2020). *Generelt om bruk av programmet.*

<https://www.programbyggerne.no/SIMIEN/bruk> Hentet (13.03.21).

Statistisk sentralbyrå a. (2020). *Kommune Harstad.*

<https://www.ssb.no/kommunefakta/harstad-harsttak> Hentet (23.02.21).

Statistisk sentralbyrå b. (2020). *Stadig mer bruk av fjernvarme.*

<https://www.ssb.no/energi-og-industri/artikler-og-publikasjoner/stadig-mer-bruk-av-fjernvarme> Hentet (15.02.21).

Statistisk sentralbyrå. (2019). *Næringens økonomiske utvikling.*

<https://www.ssb.no/statbank/table/12817/tableViewLayout1/> Hentet (02.02.21).

Sintef. (2018). *Beregning av U-verdier etter NS-EN ISO 6946.*

https://www.byggforsk.no/dokument/208/beregning_av_u-verdier_etter_ns-en_iso_6946#i8 Hentet (17.03.21).

Sintef. (2014). *Luftlekkasjemåling av bygninger. Hensikt og vurdering.*

https://www.byggforsk.no/dokument/4126/luftlekkasjemaaling_av_bygninger_hensikt_og_vurdering Hentet (18.03.21)

Sintef. (2013). *Lufttetting av bygninger. 520.401 Framgangsmåte for å oppnå lavt lekkasjetall.*

https://www.byggforsk.no/dokument/4110/lufttetting_av_bygninger_framgangsmaate_.....for_aa_oppnaa_lavt_lekkasjetall hentet (18.03.21)

Statistisk sentralbyrå. (2015). *Fjernvarme og fjernkjøling.*

<https://www.ssb.no/energi-ogindustri/statistikker/fjernvarme/aar/2016-05-13?fane=om>
Hentet (15.02.21).

Statkraft a. (u.å). *Fjernvarme.*

<https://www.statkraft.no/var-virksomhet/fjernvarme/> Hentet (15.02.21).

Statkraft b. (u.å). *Harstad fjernvarme.*

<https://www.statkraftvarme.se/no/om-statkraftvarme/vare-anlegg/norge/harstad2/>
Hentet (23.02.21).

Statkraft c. (u.å). *Harstad.*

<https://statkraft.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=a68c000c382941e29efaefd12974c9c9&extent=555517.7984%2C7628254.8128%2C570482.6616%2C7635430.3272%2C32633> Hentet (23.02.21).

Standard Norge. (2019). *Livsløpskostnader (LCC) og levetid.*

<https://www.standard.no/fagomrader/bygg-anlegg-og-eiendom/fasilitetsstyring/livsløpskostnader-lcc-og-levetid/> Hentet (15.03.21).

Statkraft d. (u.å). *Sorptiv kjøling basert på fjernvarme.*

<https://www.statkraftvarme.se/no/produkter-og-tjenester/kjoling/sorptiv-kjoling/> Hentet (24.03.21).

Polar Energi. (2020). *Air-to-Water Heat Pump Systems for R410A and R32 Technical Manual.*

Pedersen.B. (2020). *Termodynamikk.*

<https://snl.no/termodynamikk> Hentet (16.02.21).

Prosjektutvikling Midt-Norge AS. (2019). *Energiberegningsrapport for Quality Hotel Harstad.*

Polar Energi. (2018). *Teknologien.* <https://www.polarenergi.com/> Hentet (19.02.21).

Sundby, P.A. (2013). *Lokalklimaanalyse – Vind & Snødrift rundt KU Sjøkanten Senter.* (Rapport 117-13 Rev 1). Outdoor Environment Technology AS.

Vedlegg

Innholdsfortegnelse

Vedlegg A – Energiberegninger i SIMIEN	2
<i>A.1. Hotellets prosjekterte verdier</i>	<i>2</i>
<i>A.2 Økt isolasjonstykkelse i vegger</i>	<i>5</i>
<i>A.3 Økt isolasjonstykkelse i tak</i>	<i>9</i>
<i>A.4 Forbedret lekkasjetall i klimaskjerm</i>	<i>13</i>
<i>A.5 Forbedret virkningsgrad på varmegjenvinnere.....</i>	<i>15</i>
<i>A.6 Kombinasjon av tiltak.....</i>	<i>17</i>
<i>A.7 Varmepumpeløsning fra Polar Energi.....</i>	<i>25</i>
Vedlegg B – Lønnsomhetsanalyse.....	32
<i>B.1 Lønnsomhetsanalyse av tiltak.....</i>	<i>32</i>
<i>B.2 Nåverdi og inntjeningstid av tiltak.....</i>	<i>33</i>
<i>B.3 Lønnsomhetsanalyse sammensatte tiltak.....</i>	<i>36</i>
<i>B.4 Lønnsomhetsanalyse av Systemløsning fra Polar Energi.....</i>	<i>37</i>
<i>B.5 Nåverdi og inntjeningstid på de 3 prisanslagene.....</i>	<i>37</i>
Vedlegg C.1 - Materialkostnader isolasjon	38
Vedlegg D.1 - Prisanslag på de 3 tilbudene gitt fra Polar Energi.....	39
Vedlegg - E.1 Effektytelser Varmepumpe fra Polar Energi.....	45

Vedlegg A – Energiberegninger i SIMIEN

A.1. Hotelllets prosjekterte verdier

SIMIEN simuleringer prosjekterte Verdier



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 09:26 6/4-2021
Programversjon: 6.016
Simuleringsansvarlig: Jonas Kjær
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: C:\Users\Jonas Kjær\Desktop\Quality Harstad hotell (1).smi
Prosjekt: Hotellbygning Quality Harstad hotell
Sone: Hotellbygning

Inndata bygning	
Beskrivelse	Verdi
Bygningskategori	Hoteller
Simuleringsansvarlig	Jonas Kjær
Kommentar	

Inndata klima	
Beskrivelse	Verdi
Klimasted	Narvik
Breddegrad	68° 16'
Lengdegrad	17° 15'
Tidssone	GMT + 1
Årsmiddeltemperatur	3,8 °C
Midlere solstråling horisontal flate	77 W/m ²
Midlere vindhastighet	4,4 m/s

Dokumentasjon av sentrale inndata (1)		
Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Areal yttervegger [m ²]:	4091	
Areal tak [m ²]:	1433	
Areal gulv [m ²]:	1468	
Areal vinduer og ytterdører [m ²]:	445	
Oppvarmet bruksareal (BRA) [m ²]:	7840	
Oppvarmet luftvolum [m ³]:	24724	
U-verdi yttervegger [W/m ² K]	0,18	
U-verdi tak [W/m ² K]	0,13	
U-verdi gulv [W/m ² K]	0,08	
U-verdi vinduer og ytterdører [W/m ² K]	0,81	
Areal vinduer og dører delt på bruksareal [%]	5,7	
Normalisert kuldebroverdi [W/m ² K]:	0,09	
Normalisert varmekapasitet [Wh/m ² K]	56	
Lekkasjetall (n50) [1/h]:	1,50	
Temperaturvirkningsgr. varmegjenvinner [%]:	80	

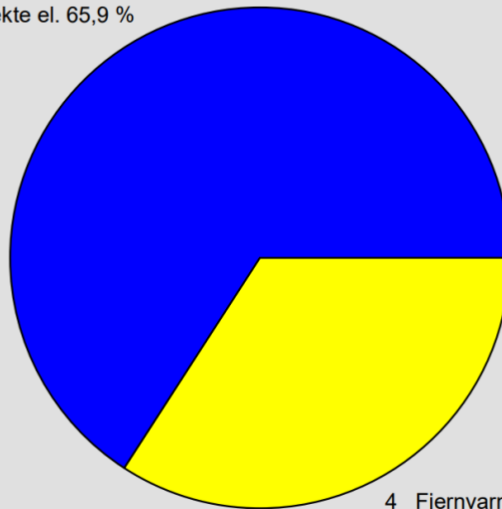
Inndata energiforsyning	
Beskrivelse	Verdi
1a Direkte el.	Systemvirkningsgrad romoppv.: 0,81 Systemvirkningsgrad varmtvann: 0,98 Systemvirkningsgrad varmebatterier: 0,88 Kjølefaktor romkjøling: 2,50 Kjølefaktor kjølebatterier: 2,50 Energipris: 0,80 kr/kWh CO2-utslipp: 130 g/kWh Andel romoppvarming: 0,0% Andel oppv, tappevann: 80,0% Andel varmebatteri: 0,0 % Andel kjølebatteri: 100,0 % Andel romkjøling: 100,0 % Andel el, spesifikt: 100,0 %
4 Fjernvarme	Systemvirkningsgrad romoppv.: 0,83 Systemvirkningsgrad varmtvann: 0,98 Systemvirkningsgrad varmebatterier: 0,90 Kjølefaktor romkjøling: 2,50 Kjølefaktor kjølebatterier: 2,50 Energipris: 0,75 kr/kWh CO2-utslipp: 75 g/kWh Andel romoppvarming: 100,0% Andel oppv, tappevann: 20,0% Andel varmebatteri: 100,0 % Andel kjølebatteri: 0,0 % Andel romkjøling: 0,0 % Andel el, spesifikt: 0,0 %

Energibudsjett		
Energipost	Energibehov	Spesifikt energibehov
1a Romoppvarming	170594 kWh	21,8 kWh/m ²
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	173924 kWh	22,2 kWh/m ²
2 Varmtvann (tappevann)	233387 kWh	29,8 kWh/m ²
3a Vifter	249867 kWh	31,9 kWh/m ²
3b Pumper	4497 kWh	0,6 kWh/m ²
4 Belysning	366285 kWh	46,7 kWh/m ²
5 Teknisk utstyr	45786 kWh	5,8 kWh/m ²
6a Romkjøling	0 kWh	0,0 kWh/m ²
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	9865 kWh	1,3 kWh/m ²
Totalt netto energibehov, sum 1-6	1254205 kWh	160,0 kWh/m ²

Levert energi til bygningen (beregnet)		
Energivare	Levert energi	Spesifikk levert energi
1a Direkte el.	860901 kWh	109,8 kWh/m ²
1b El. til varmepumpesystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
1c El. til solfangersystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
2 Olje	0 kWh	0,0 kWh/m ²
3 Gass	0 kWh	0,0 kWh/m ²
4 Fjernvarme	446414 kWh	56,9 kWh/m ²
5 Biobrensel	0 kWh	0,0 kWh/m ²
6. Annen energikilde	0 kWh	0,0 kWh/m ²
7. Solstrøm til egenbruk	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Totalt levert energi, sum 1-7	1307315 kWh	166,7 kWh/m ²
Solstrøm til eksport	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Netto levert energi	1307315 kWh	166,7 kWh/m ²

Levert energi til bygningen (beregnet)

1a Direkte el. 65,9 %



4 Fjernvarme 34,1 %

Varmetapsbudsjett (varmetapstall)

Varmetap kuldebroer 10,9 %

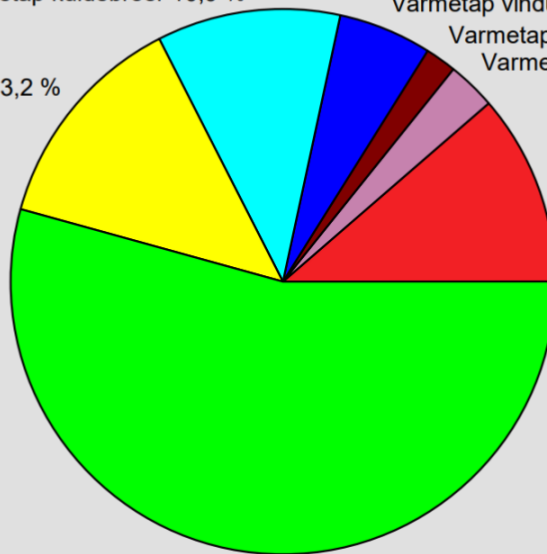
Varmetap vinduer/dører 5,6 %

Varmetap gulv 1,8 %

Varmetap tak 2,9 %

Varmetap infiltrasjon 13,2 %

Varmetap yttervegger 11,4 %

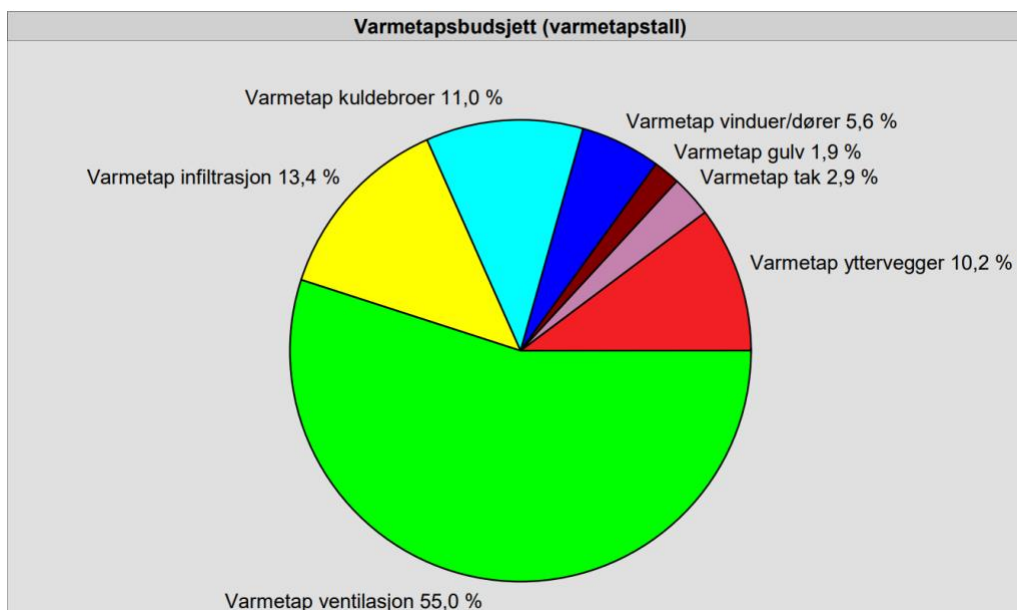
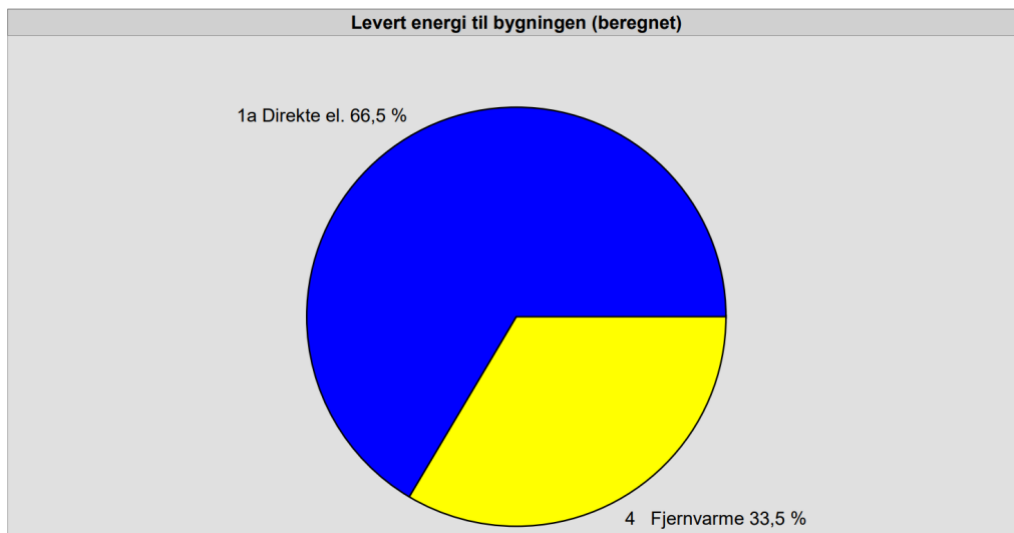


Varmetap ventilasjon 54,3 %

A.2 Økt isolasjonstykkelse i vegger

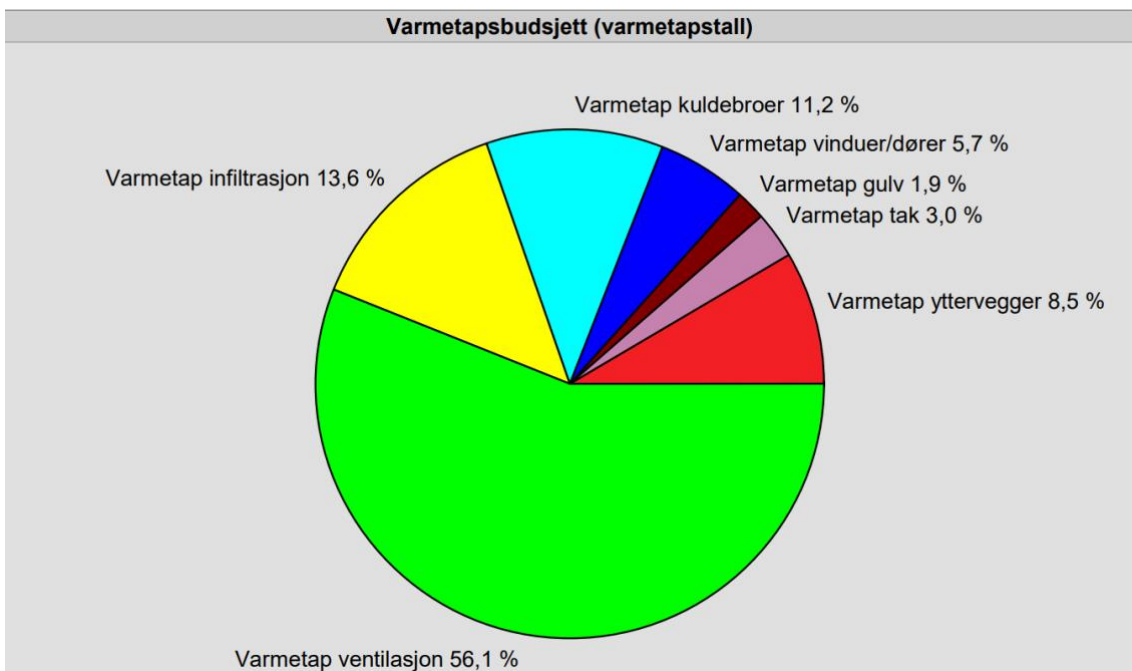
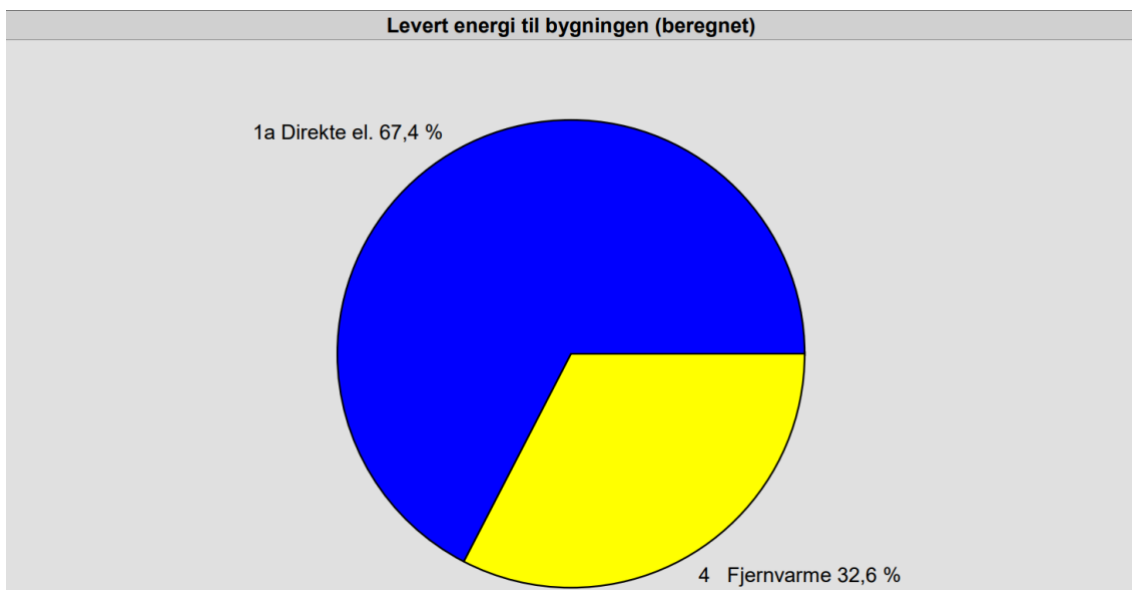
Yttervegger U-verdi = 0,16: Tilsvarende ca. 300 mm isolasjonstykkelse.

Levert energi til bygningen (beregnet)		
Energivare	Levert energi	Spesifikk levert energi
1a Direkte el.	860901 kWh	109,8 kWh/m ²
1b El. til varmepumpesystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
1c El. til solfangersystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
2 Olje	0 kWh	0,0 kWh/m ²
3 Gass	0 kWh	0,0 kWh/m ²
4 Fjernvarme	434225 kWh	55,4 kWh/m ²
5 Biobrensel	0 kWh	0,0 kWh/m ²
6. Annen energikilde	0 kWh	0,0 kWh/m ²
7. Solstrøm til egenbruk	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Totalt levert energi, sum 1-7	1295125 kWh	165,2 kWh/m ²
Solstrøm til eksport	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Netto levert energi	1295125 kWh	165,2 kWh/m ²



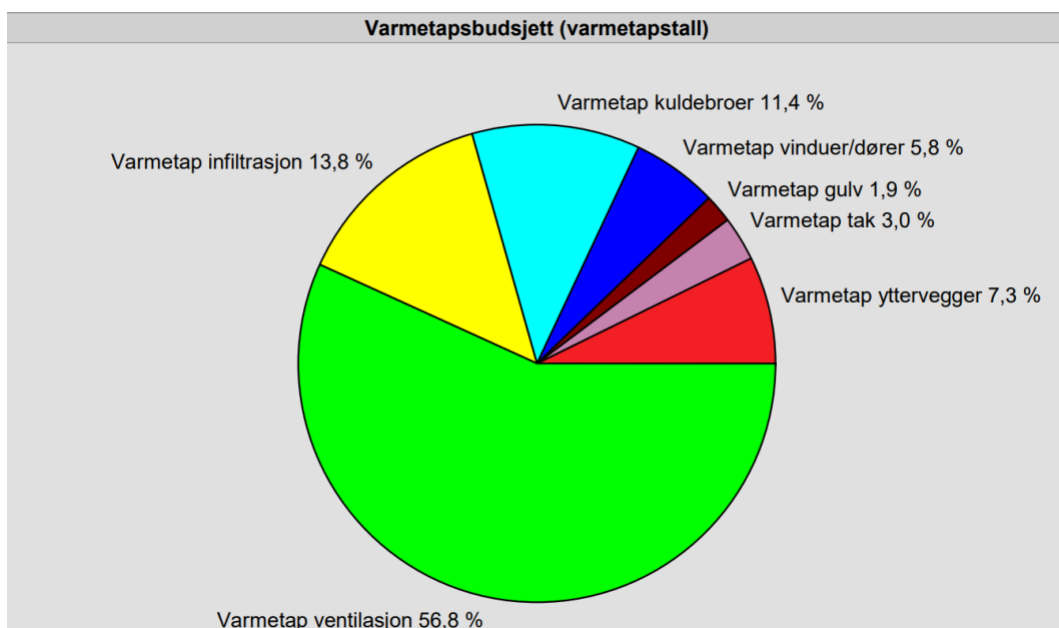
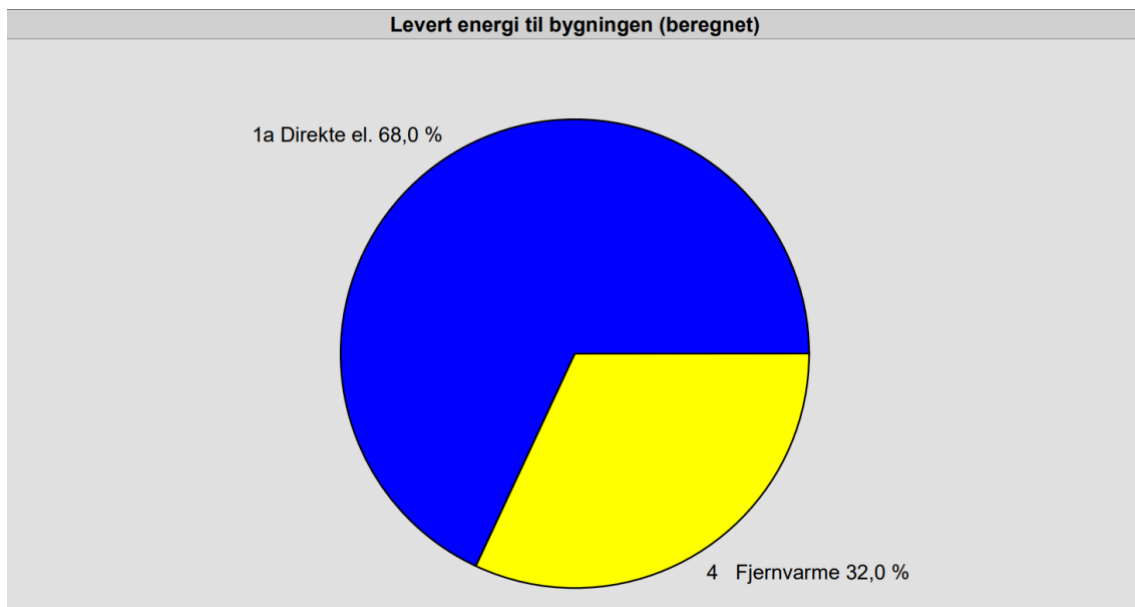
Yttervegger U-verdi = 0,13: Tilsvarende ca. 350 mm isolasjonstykkelse

Levert energi til bygningen (beregnet)		
Energivare	Levert energi	Spesifikk levert energi
1a Direkte el.	860901 kWh	109,8 kWh/m ²
1b El. til varmepumpesystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
1c El. til solfangersystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
2 Olje	0 kWh	0,0 kWh/m ²
3 Gass	0 kWh	0,0 kWh/m ²
4 Fjernvarme	416128 kWh	53,1 kWh/m ²
5 Biobrensel	0 kWh	0,0 kWh/m ²
6. Annen energikilde	0 kWh	0,0 kWh/m ²
7. Solstrøm til egenbruk	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Totalt levert energi, sum 1-7	1277029 kWh	162,9 kWh/m ²
Solstrøm til eksport	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Netto levert energi	1277029 kWh	162,9 kWh/m ²



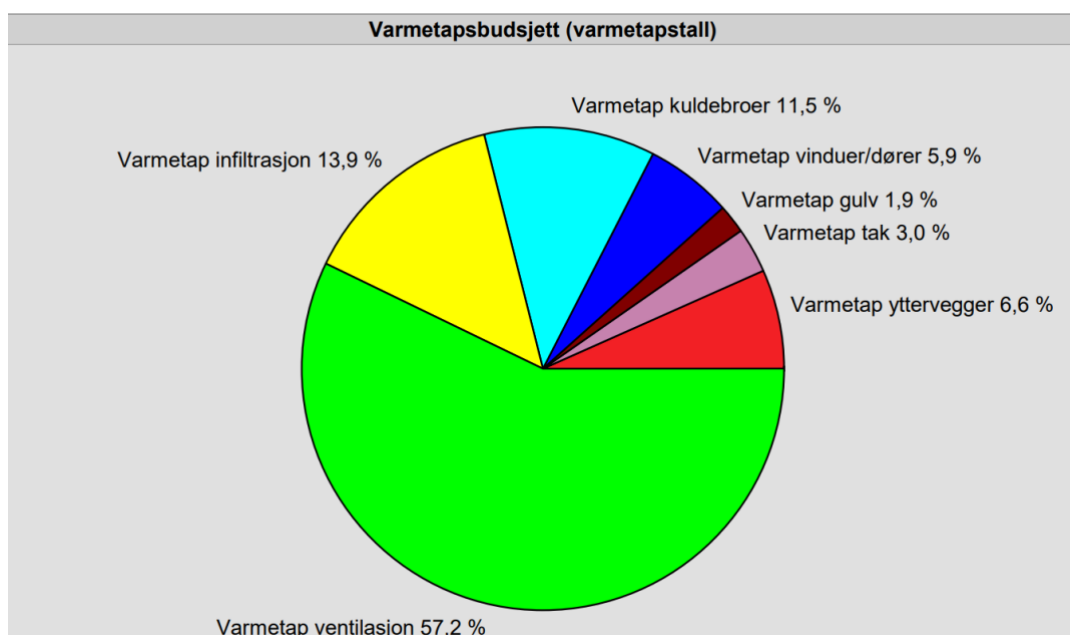
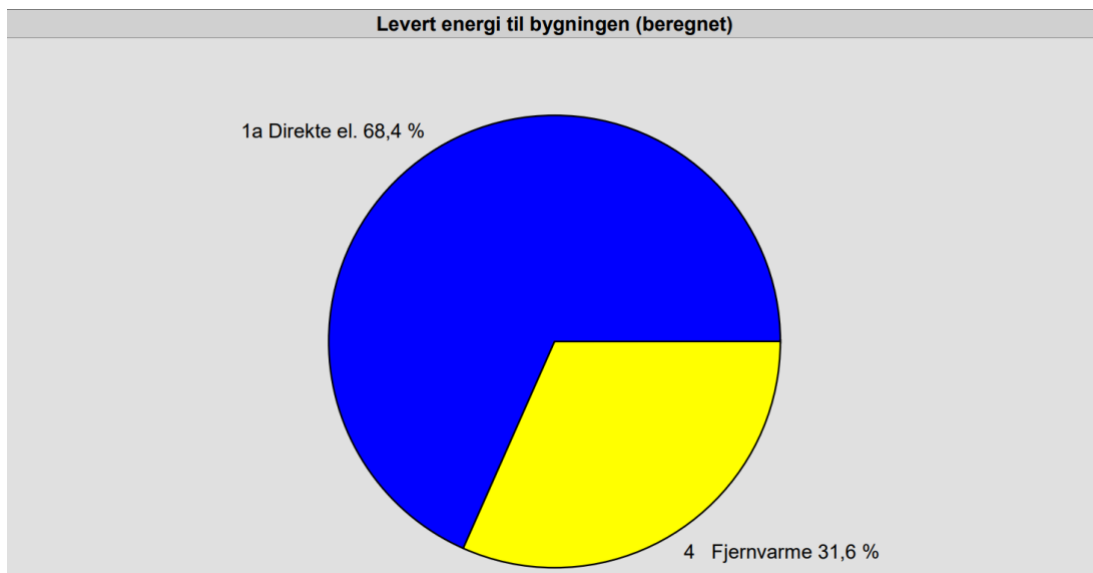
Yttervegger U-verdi = 0,11: Tilsvarende ca. 400 mm isolasjonstykkelse.

Levert energi til bygningen (beregnet)		
Energivare	Levert energi	Spesifikk levert energi
1a Direkte el.	860901 kWh	109,8 kWh/m ²
1b El. til varmepumpesystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
1c El. til solfangersystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
2 Olje	0 kWh	0,0 kWh/m ²
3 Gass	0 kWh	0,0 kWh/m ²
4 Fjernvarme	404216 kWh	51,6 kWh/m ²
5 Biobrensel	0 kWh	0,0 kWh/m ²
6. Annen energikilde	0 kWh	0,0 kWh/m ²
7. Solstrøm til egenbruk	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Totalt levert energi, sum 1-7	1265117 kWh	161,4 kWh/m ²
Solstrøm til eksport	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Netto levert energi	1265117 kWh	161,4 kWh/m ²



Yttervegger U-verdi = 0,10: Tilsvarer ca. 450 mm isolasjonstykkelse.

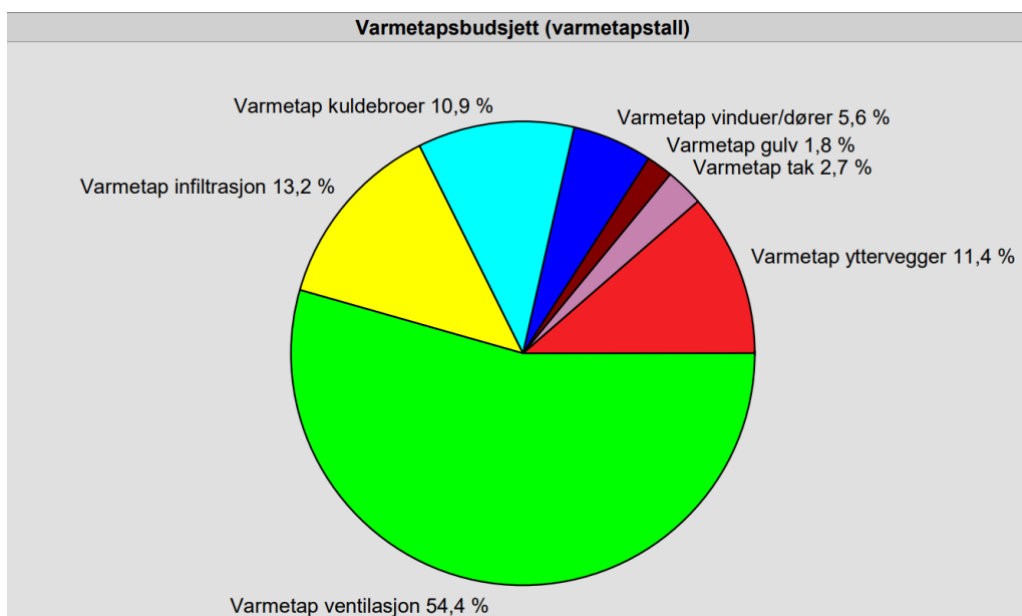
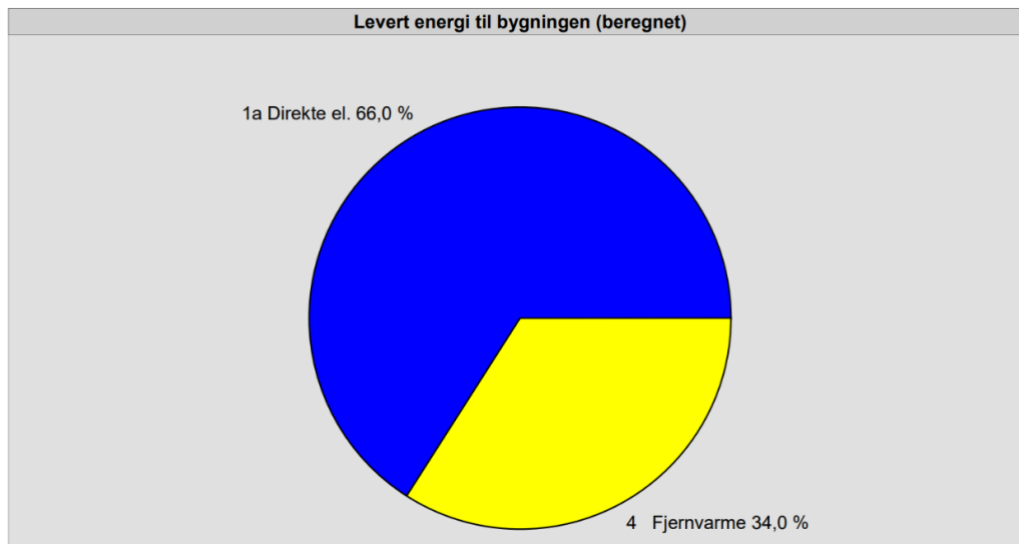
Levert energi til bygningen (beregnet)		
Energivare	Levert energi	Spesifikk levert energi
1a Direkte el.	860901 kWh	109,8 kWh/m ²
1b El. til varmepumpesystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
1c El. til solfangersystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
2 Olje	0 kWh	0,0 kWh/m ²
3 Gass	0 kWh	0,0 kWh/m ²
4 Fjernvarme	398302 kWh	50,8 kWh/m ²
5 Biobrensel	0 kWh	0,0 kWh/m ²
6. Annen energikilde	0 kWh	0,0 kWh/m ²
7. Solstrøm til egenbruk	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Totalt levert energi, sum 1-7	1259202 kWh	160,6 kWh/m ²
Solstrøm til eksport	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Netto levert energi	1259202 kWh	160,6 kWh/m ²



A.3 Økt isolasjonstykkelse i tak

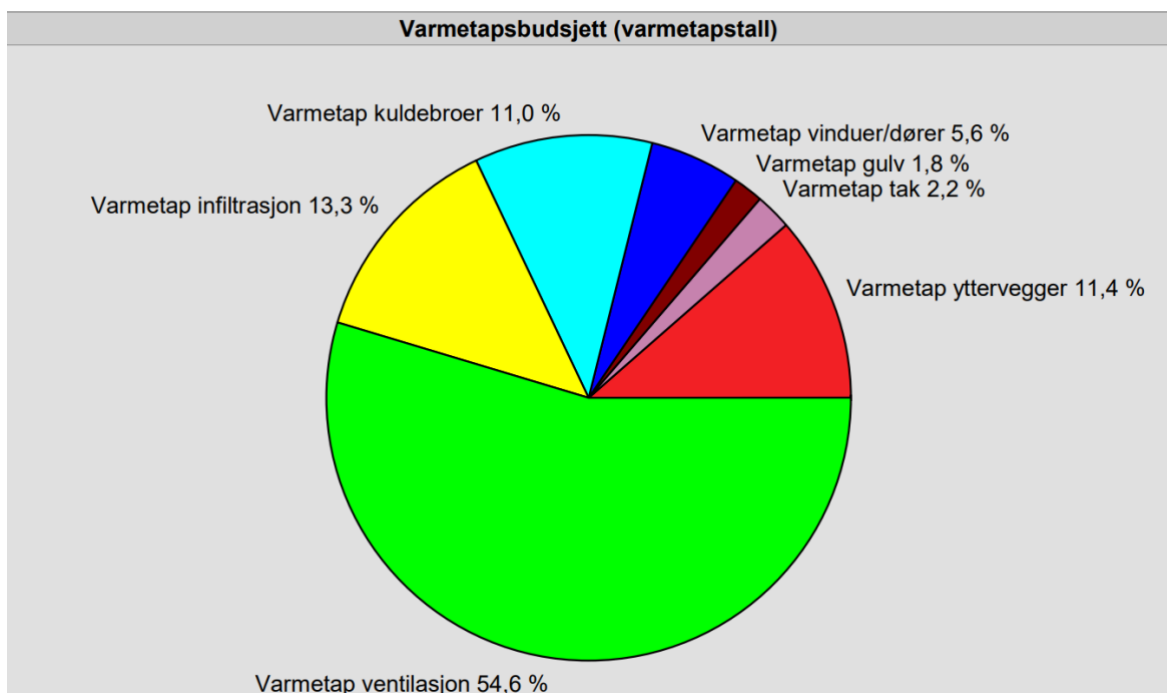
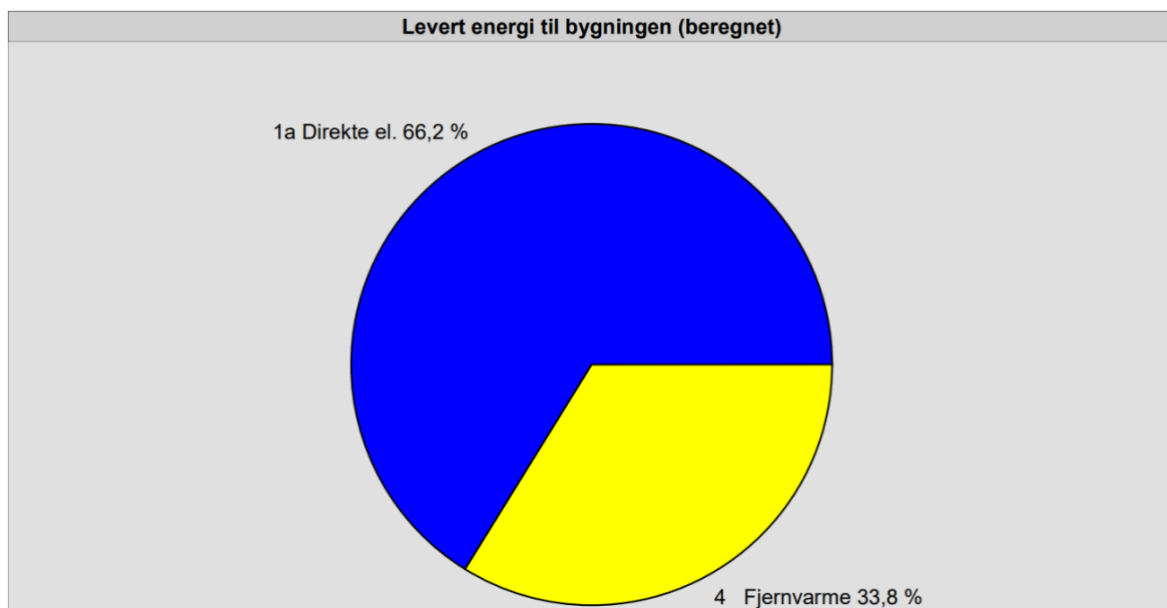
Tak U-verdi 0,12: Tilsvarer ca. 350 mm isolasjonstykkelse.

Levert energi til bygningen (beregnet)		
Energivare	Levert energi	Spesifikk levert energi
1a Direkte el.	860901 kWh	109,8 kWh/m ²
1b El. til varmepumpesystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
1c El. til solfangersystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
2 Olje	0 kWh	0,0 kWh/m ²
3 Gass	0 kWh	0,0 kWh/m ²
4 Fjernvarme	444324 kWh	56,7 kWh/m ²
5 Biobrensel	0 kWh	0,0 kWh/m ²
6. Annen energikilde	0 kWh	0,0 kWh/m ²
7. Solstrøm til egenbruk	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Totalt levert energi, sum 1-7	1305224 kWh	166,5 kWh/m ²
Solstrøm til eksport	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Netto levert energi	1305224 kWh	166,5 kWh/m ²



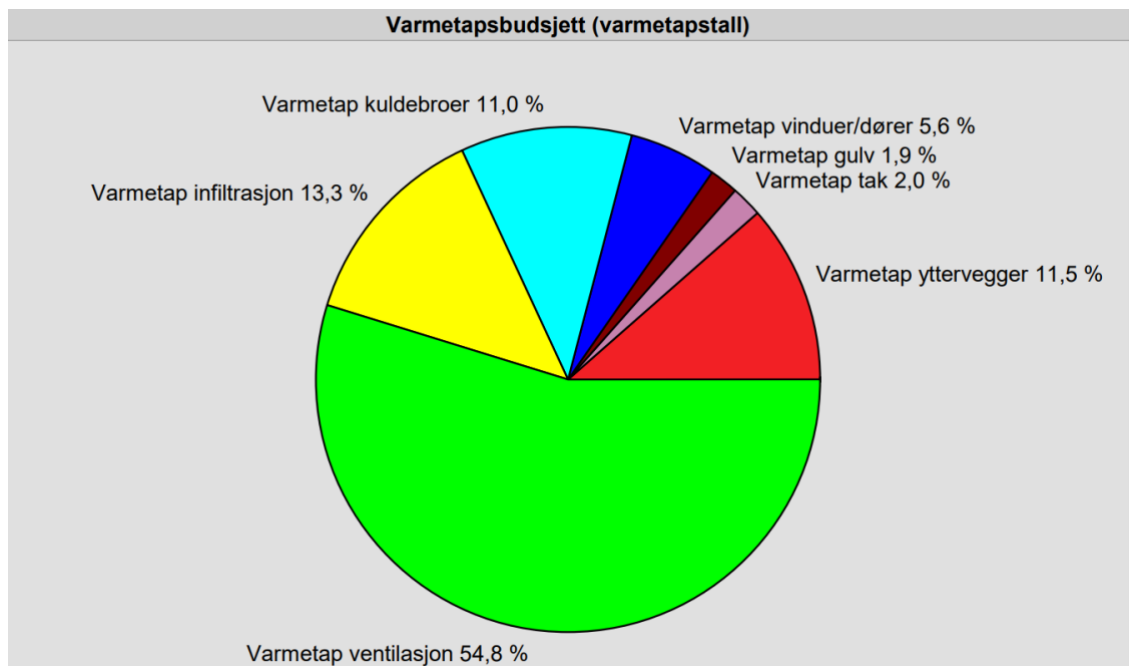
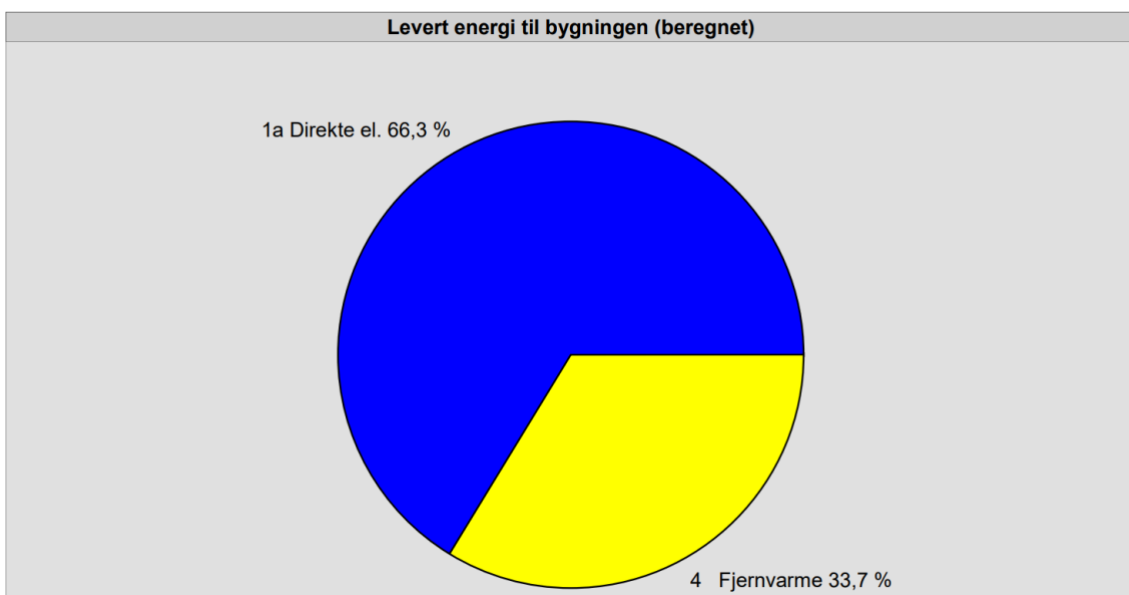
Tak U-verdi 0,10: Tilsvarende ca. 400 mm isolasjonstykkelse.

Levert energi til bygningen (beregnet)		
Energivare	Levert energi	Spesifikk levert energi
1a Direkte el.	860901 kWh	109,8 kWh/m ²
1b El. til varmepumpesystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
1c El. til solfangersystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
2 Olje	0 kWh	0,0 kWh/m ²
3 Gass	0 kWh	0,0 kWh/m ²
4 Fjernvarme	440168 kWh	56,1 kWh/m ²
5 Biobrensel	0 kWh	0,0 kWh/m ²
6. Annen energikilde	0 kWh	0,0 kWh/m ²
7. Solstrøm til egenbruk	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Totalt levert energi, sum 1-7	1301069 kWh	166,0 kWh/m ²
Solstrøm til eksport	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Netto levert energi	1301069 kWh	166,0 kWh/m ²



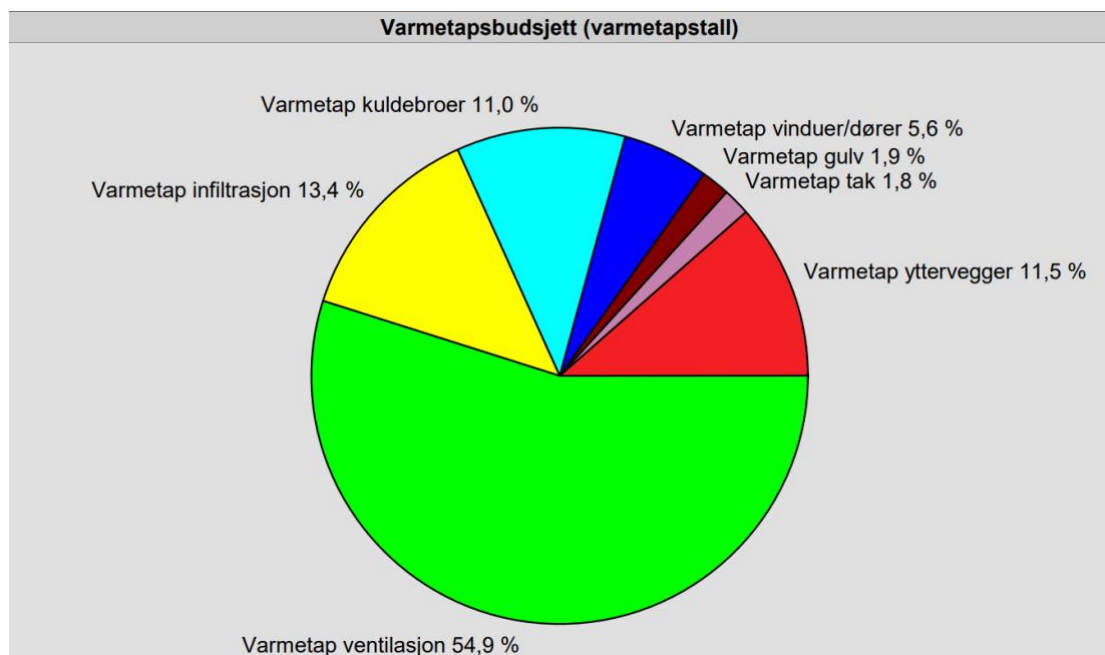
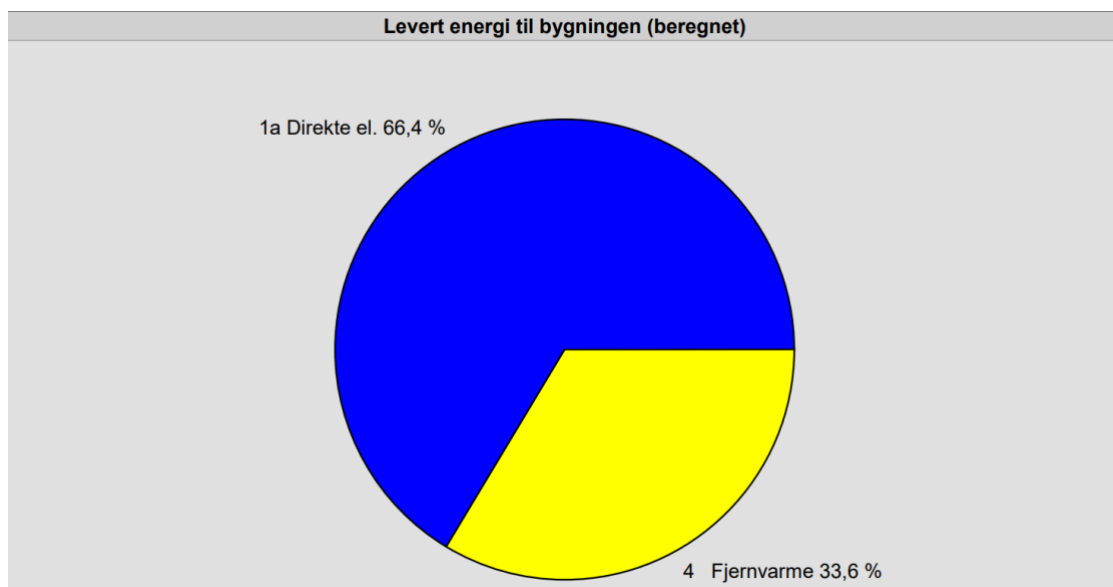
Tak U-verdi 0,09: Tilsvarende ca. 450 mm isolasjonstykkelse.

Levert energi til bygningen (beregnet)		
Energivare	Levert energi	Spesifikk levert energi
1a Direkte el.	860901 kWh	109,8 kWh/m ²
1b El. til varmepumpesystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
1c El. til solfangersystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
2 Olje	0 kWh	0,0 kWh/m ²
3 Gass	0 kWh	0,0 kWh/m ²
4 Fjernvarme	438106 kWh	55,9 kWh/m ²
5 Biobrensel	0 kWh	0,0 kWh/m ²
6. Annen energikilde	0 kWh	0,0 kWh/m ²
7. Solstrøm til egenbruk	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Totalt levert energi, sum 1-7	1299006 kWh	165,7 kWh/m ²
Solstrøm til eksport	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Netto levert energi	1299006 kWh	165,7 kWh/m ²



Tak U-verdi 0,08: Tilsvarende ca. 500 mm isolasjonstykkelse.

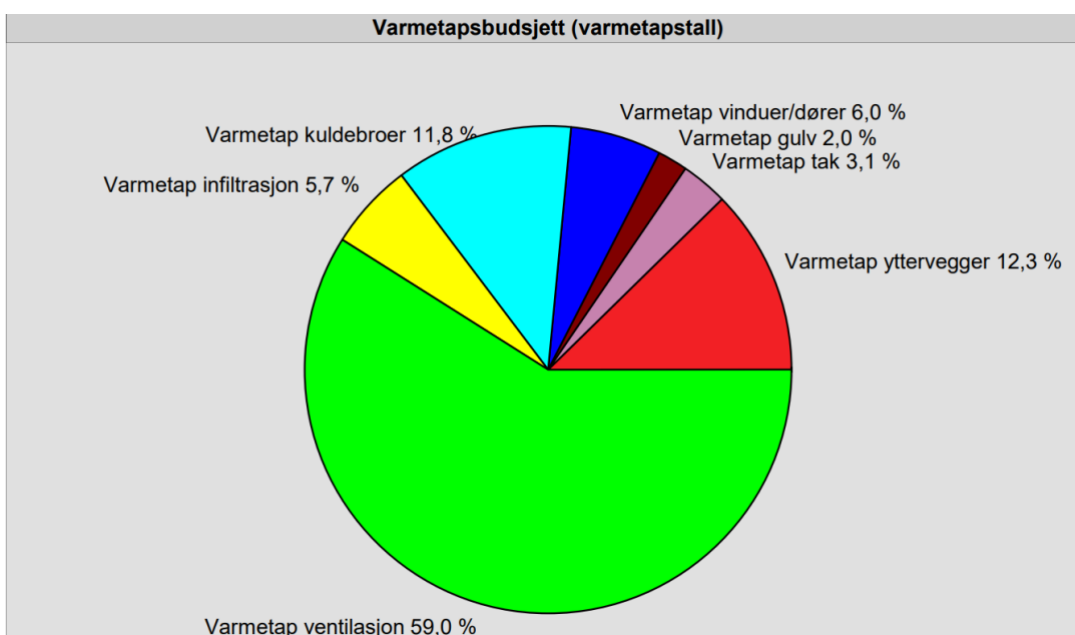
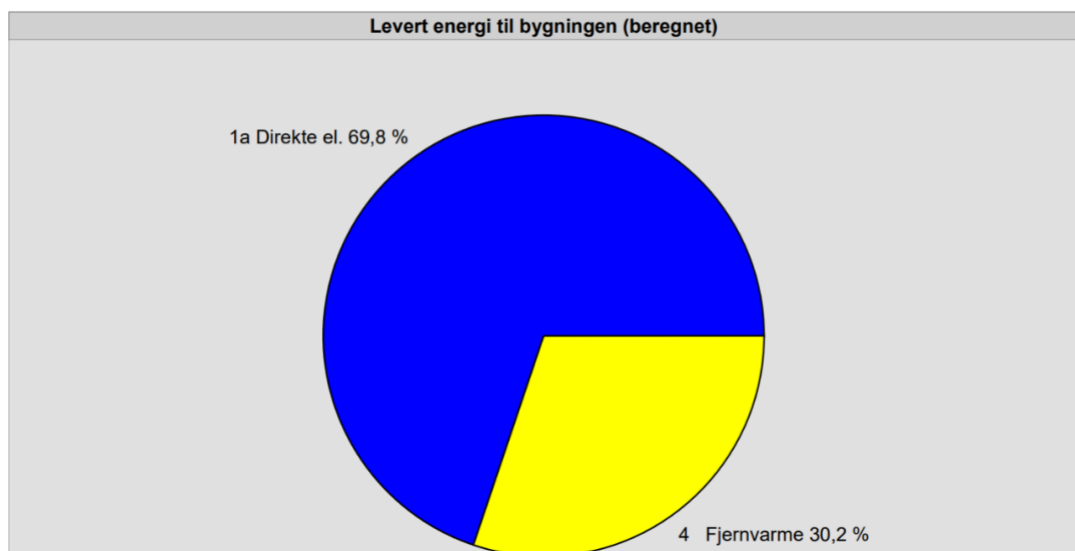
Leverert energi til bygningen (beregnet)		
Energivare	Leverert energi	Spesifikk leverert energi
1a Direkte el.	860901 kWh	109,8 kWh/m ²
1b El. til varmepumpesystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
1c El. til solfangersystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
2 Olje	0 kWh	0,0 kWh/m ²
3 Gass	0 kWh	0,0 kWh/m ²
4 Fjernvarme	436050 kWh	55,6 kWh/m ²
5 Biobrensel	0 kWh	0,0 kWh/m ²
6. Annen energikilde	0 kWh	0,0 kWh/m ²
7. Solstrøm til egenbruk	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Totalt leverert energi, sum 1-7	1296951 kWh	165,4 kWh/m ²
Solstrøm til eksport	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Netto leverert energi	1296951 kWh	165,4 kWh/m ²



A.4 Forbedret lekkasjetall i klimaskjerm

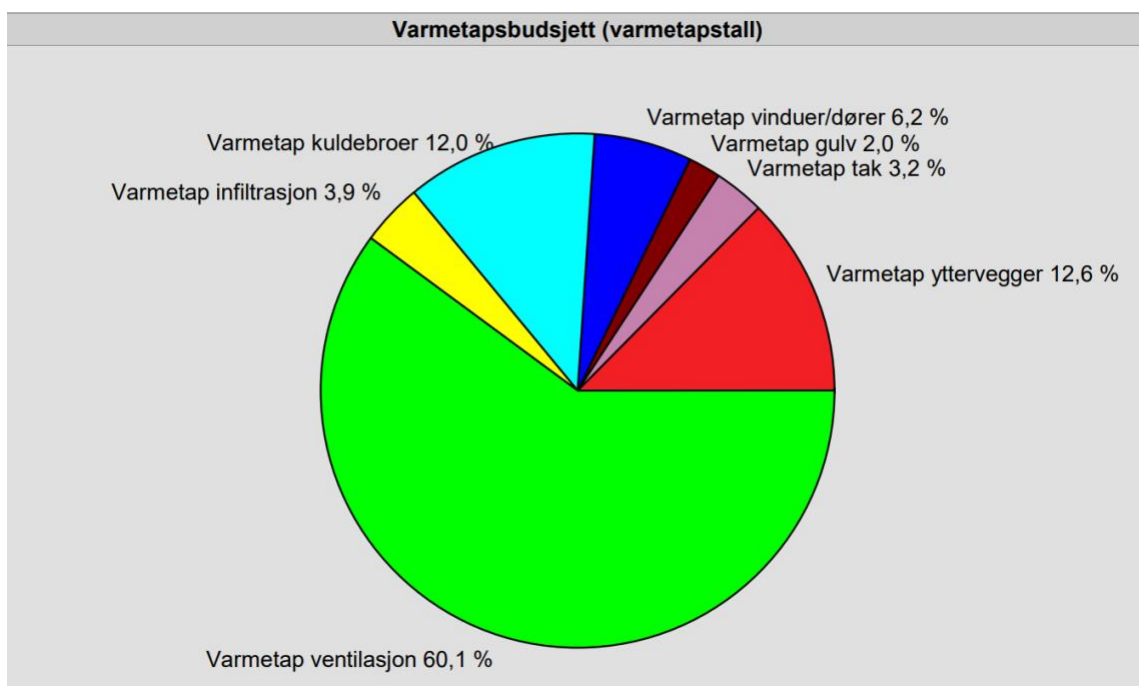
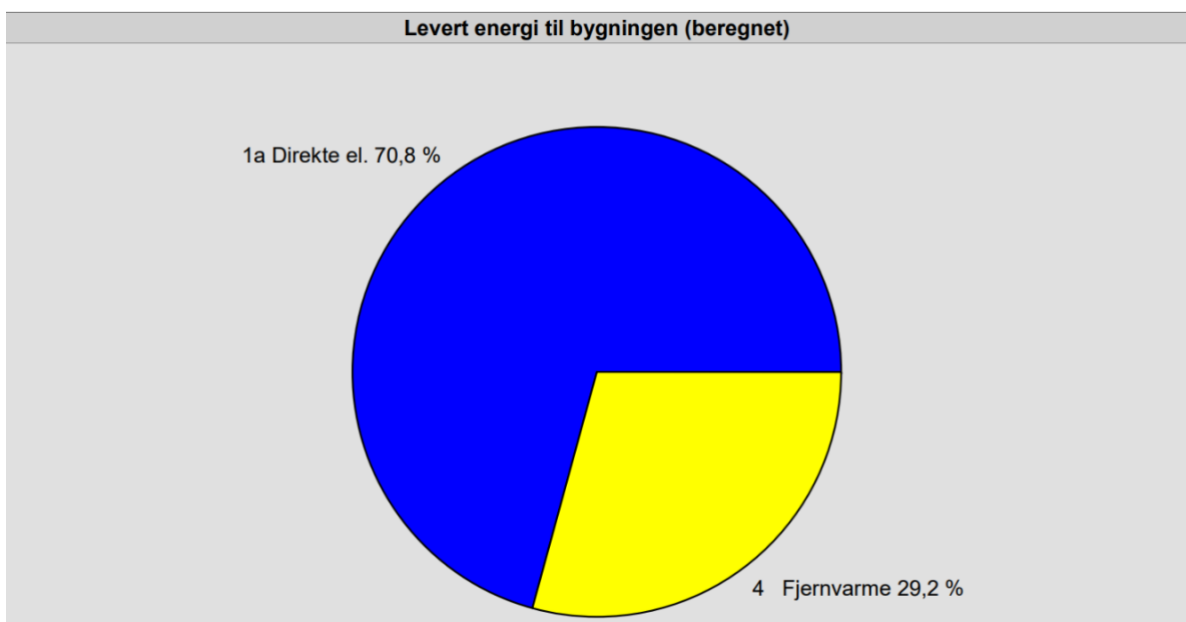
Lekkasjetall 0,6 [h⁻¹]

Levert energi til bygningen (beregnet)		
Energivare	Levert energi	Spesifikk levert energi
1a Direkte el.	860901 kWh	109,8 kWh/m ²
1b El. til varmepumpesystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
1c El. til solfangersystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
2 Olje	0 kWh	0,0 kWh/m ²
3 Gass	0 kWh	0,0 kWh/m ²
4 Fjernvarme	371958 kWh	47,4 kWh/m ²
5 Biobrensel	0 kWh	0,0 kWh/m ²
6. Annen energikilde	0 kWh	0,0 kWh/m ²
7. Solstrøm til egenbruk	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Totalt levert energi, sum 1-7	1232858 kWh	157,3 kWh/m ²
Solstrøm til eksport	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Netto levert energi	1232858 kWh	157,3 kWh/m ²



Lekkasjetall 0,4 [h⁻¹]

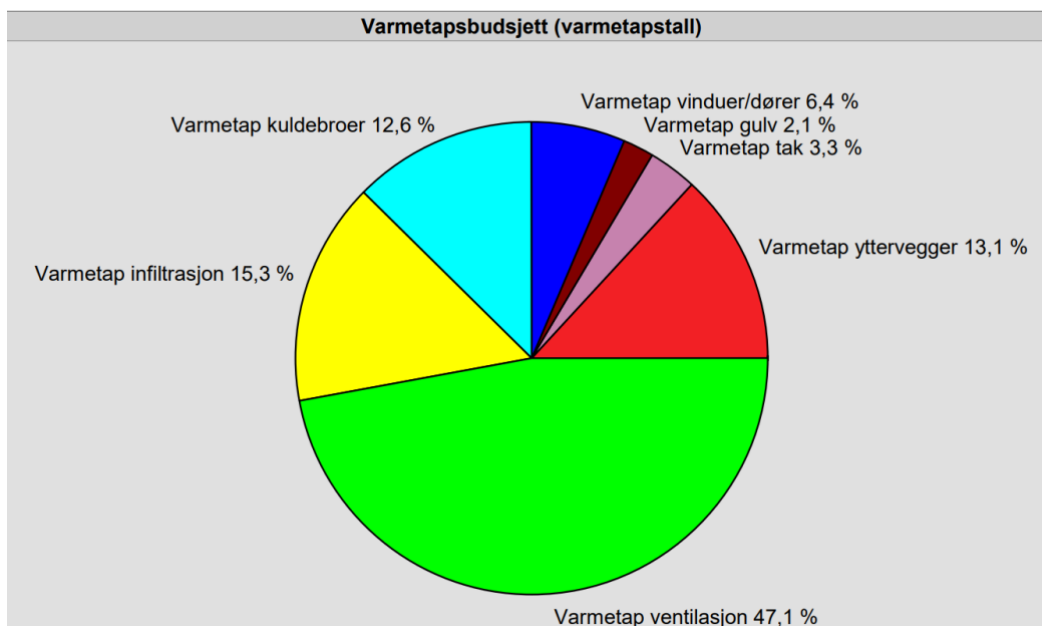
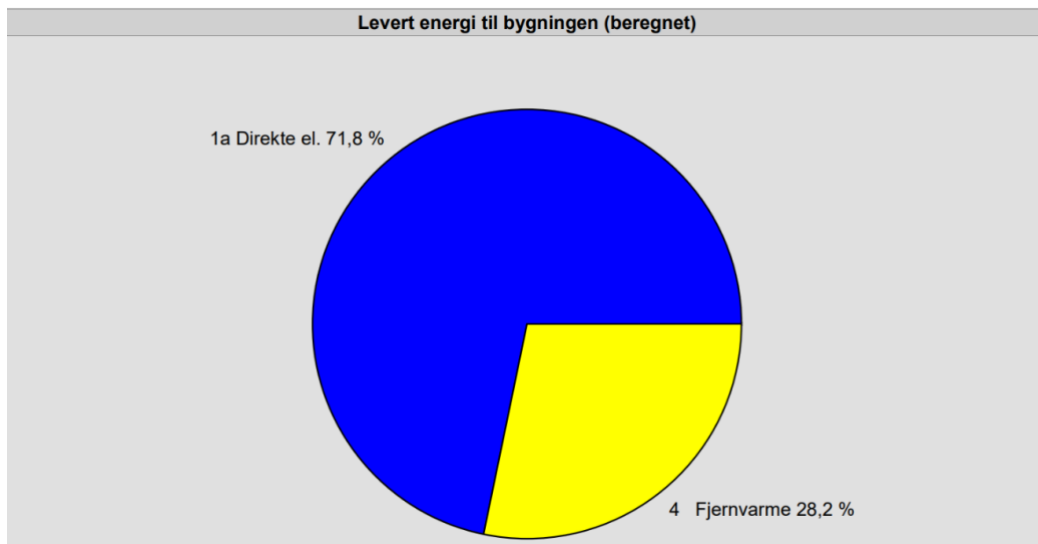
Levert energi til bygningen (beregnet)		
Energivare	Levert energi	Spesifikk levert energi
1a Direkte el.	860890 kWh	109,8 kWh/m ²
1b El. til varmepumpesystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
1c El. til solfangersystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
2 Olje	0 kWh	0,0 kWh/m ²
3 Gass	0 kWh	0,0 kWh/m ²
4 Fjernvarme	355856 kWh	45,4 kWh/m ²
5 Biobrensel	0 kWh	0,0 kWh/m ²
6. Annen energikilde	0 kWh	0,0 kWh/m ²
7. Solstrøm til egenbruk	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Totalt levert energi, sum 1-7	1216746 kWh	155,2 kWh/m ²
Solstrøm til eksport	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Netto levert energi	1216746 kWh	155,2 kWh/m ²



A.5 Forbedret virkningsgrad på varmegjenvinnere

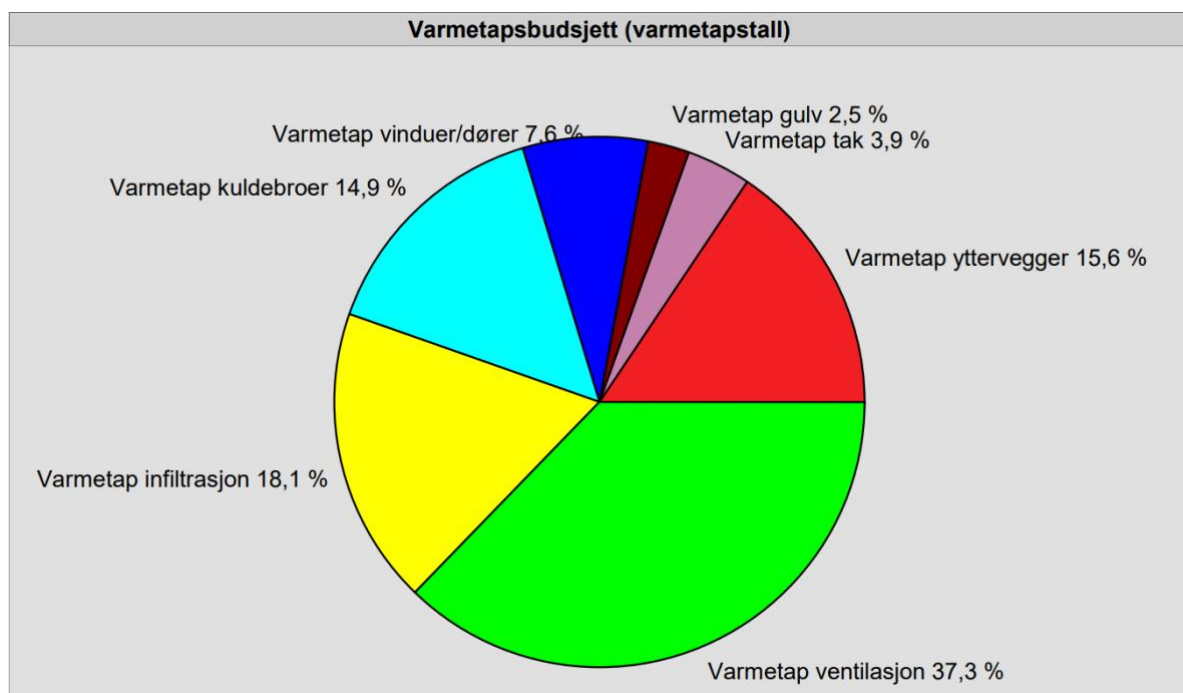
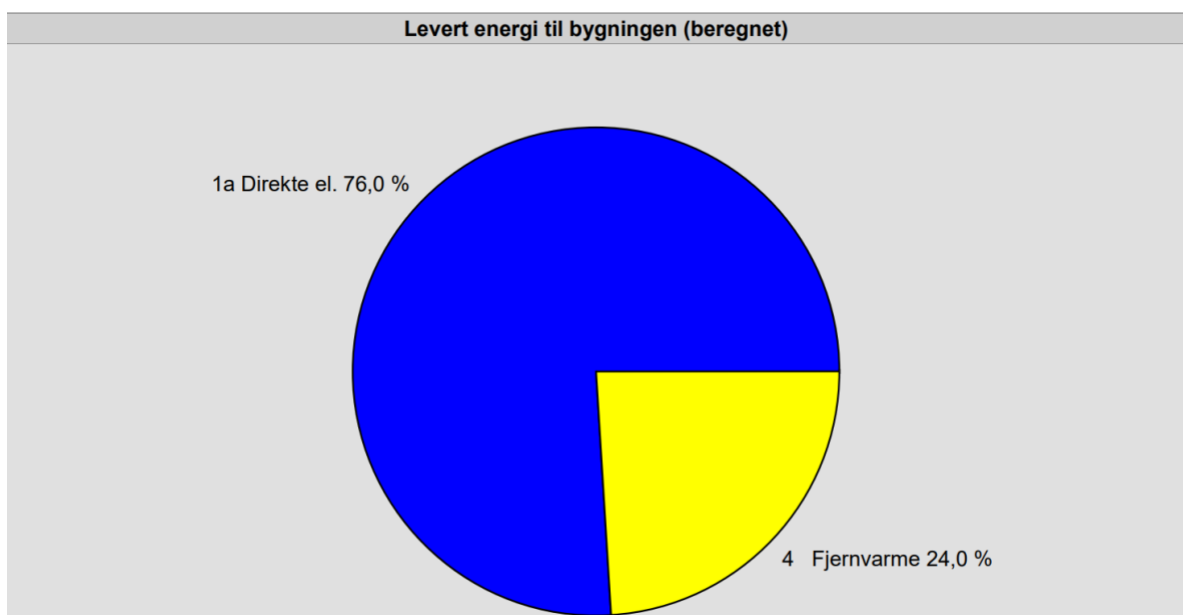
85% virkningsgrad på varmegjenvinner

Levert energi til bygningen (beregnet)		
Energivare	Levert energi	Spesifikk levert energi
1a Direkte el.	860526 kWh	109,8 kWh/m ²
1b El. til varmepumpesystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
1c El. til solfangersystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
2 Olje	0 kWh	0,0 kWh/m ²
3 Gass	0 kWh	0,0 kWh/m ²
4 Fjernvarme	338700 kWh	43,2 kWh/m ²
5 Biobrensel	0 kWh	0,0 kWh/m ²
6. Annen energikilde	0 kWh	0,0 kWh/m ²
7. Solstrøm til egenbruk	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Totalt levert energi, sum 1-7	1199225 kWh	153,0 kWh/m ²
Solstrøm til eksport	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Netto levert energi	1199225 kWh	153,0 kWh/m ²



90% Virkningsgrad på varmegjenvinner

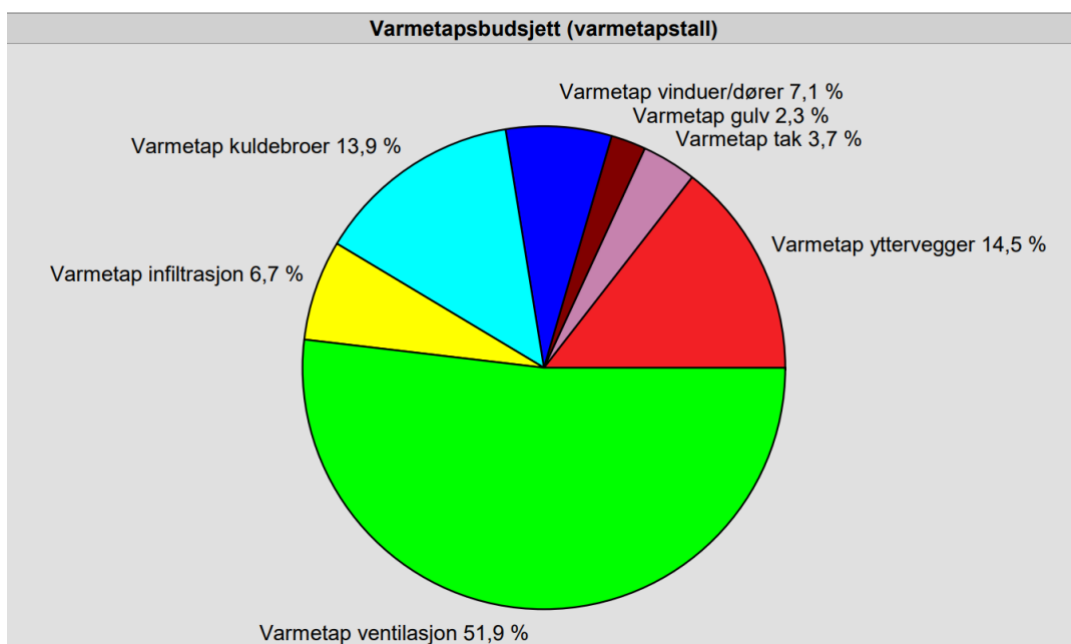
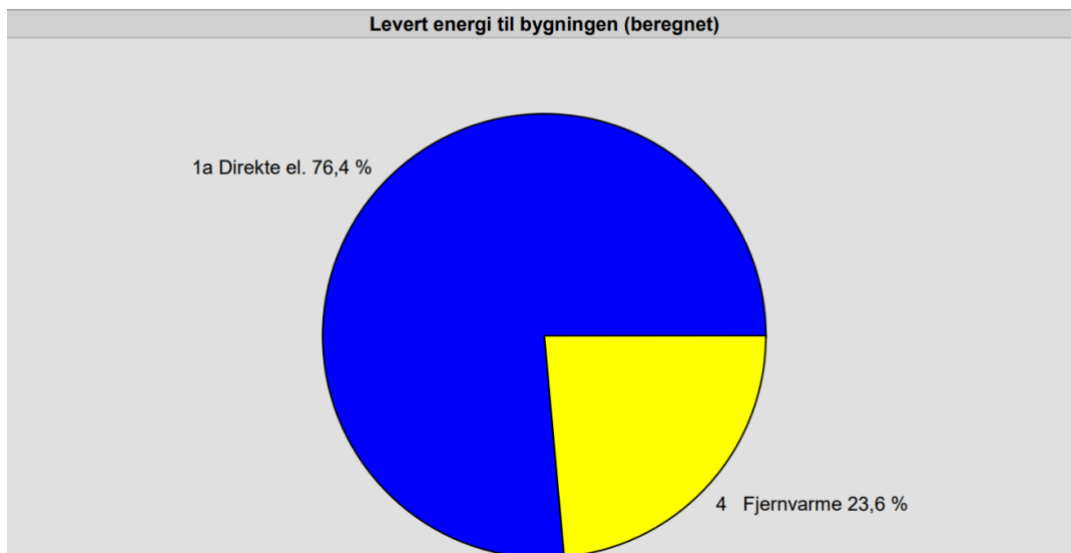
Levert energi til bygningen (beregnet)		
Energivare	Levert energi	Spesifikk levert energi
1a Direkte el.	860003 kWh	109,7 kWh/m ²
1b El. til varmepumpesystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
1c El. til solfangersystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
2 Olje	0 kWh	0,0 kWh/m ²
3 Gass	0 kWh	0,0 kWh/m ²
4 Fjernvarme	271681 kWh	34,7 kWh/m ²
5 Biobrensel	0 kWh	0,0 kWh/m ²
6. Annen energikilde	0 kWh	0,0 kWh/m ²
7. Solstrøm til egenbruk	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Totalt levert energi, sum 1-7	1131684 kWh	144,3 kWh/m ²
Solstrøm til eksport	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Netto levert energi	1131684 kWh	144,3 kWh/m ²



A.6 Kombinasjon av tiltak

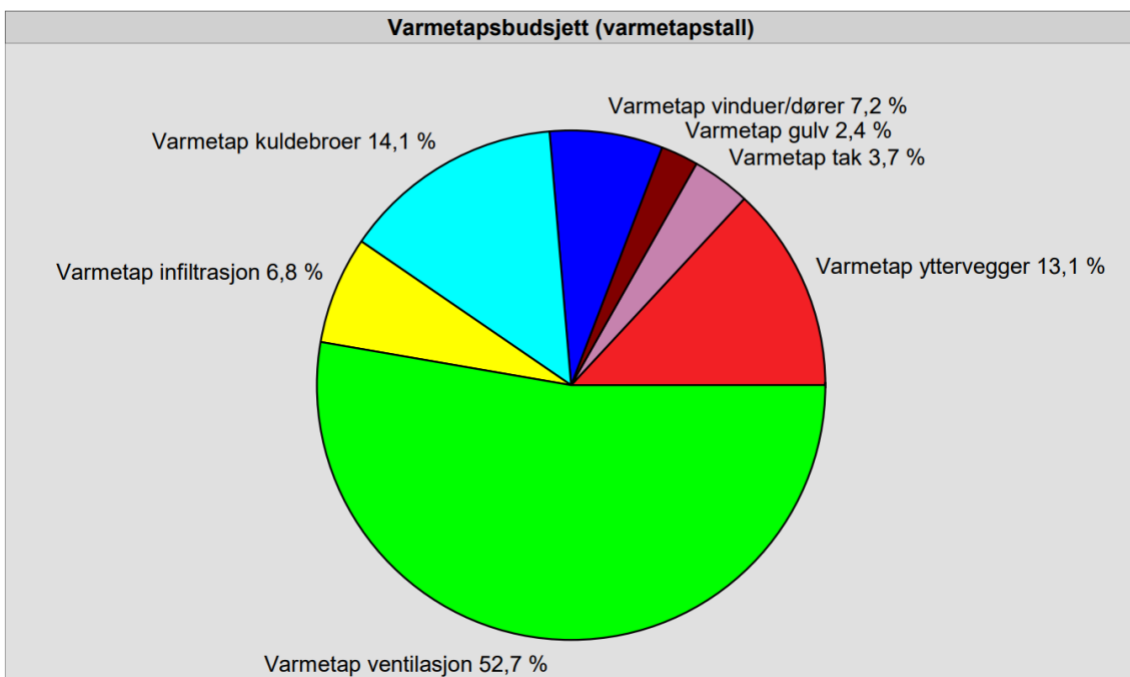
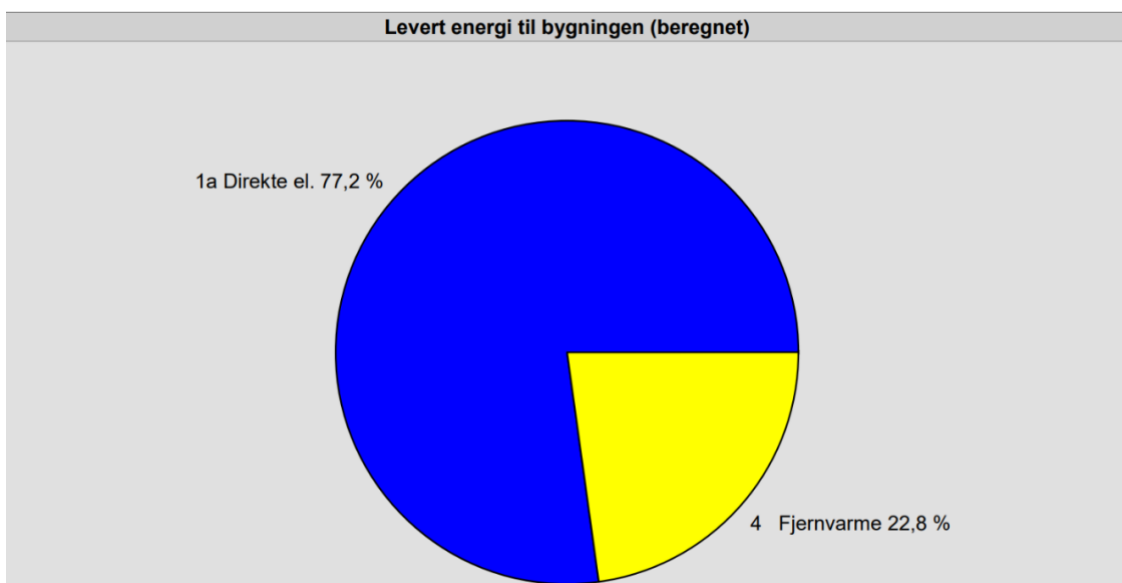
Alternativ 1:

Levert energi til bygningen (beregnet)		
Energivare	Levert energi	Spesifikk levert energi
1a Direkte el.	860363 kWh	109,7 kWh/m ²
1b El. til varmepumpesystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
1c El. til solfangersystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
2 Olje	0 kWh	0,0 kWh/m ²
3 Gass	0 kWh	0,0 kWh/m ²
4 Fjernvarme	265493 kWh	33,9 kWh/m ²
5 Biobrensel	0 kWh	0,0 kWh/m ²
6. Annen energikilde	0 kWh	0,0 kWh/m ²
7. Solstrøm til egenbruk	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Totalt levert energi, sum 1-7	1125855 kWh	143,6 kWh/m ²
Solstrøm til eksport	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Netto levert energi	1125855 kWh	143,6 kWh/m ²



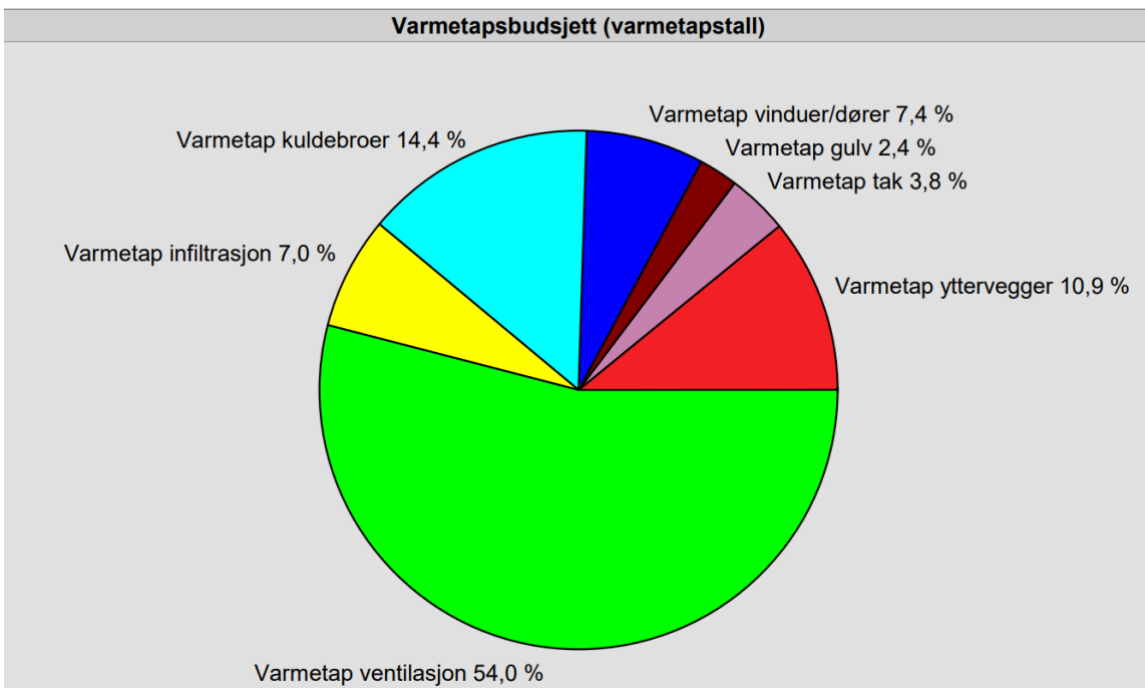
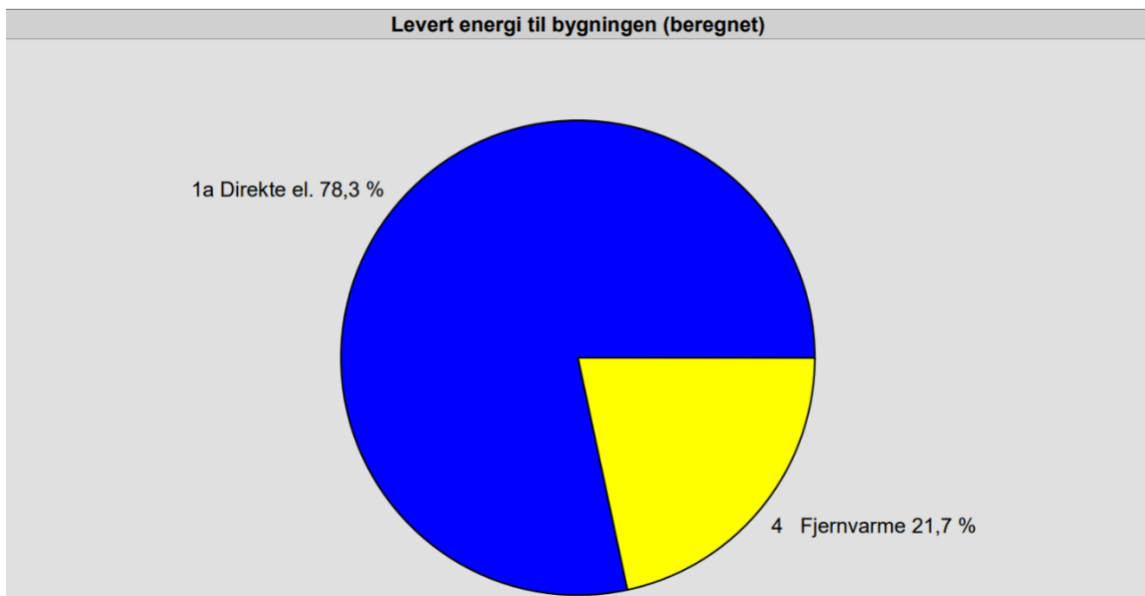
Alternativ 2:

Levert energi til bygningen (beregnet)		
Energivare	Levert energi	Spesifikk levert energi
1a Direkte el.	860361 kWh	109,7 kWh/m ²
1b El. til varmepumpesystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
1c El. til solfangersystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
2 Olje	0 kWh	0,0 kWh/m ²
3 Gass	0 kWh	0,0 kWh/m ²
4 Fjernvarme	254232 kWh	32,4 kWh/m ²
5 Biobrensel	0 kWh	0,0 kWh/m ²
6. Annen energikilde	0 kWh	0,0 kWh/m ²
7. Solstrøm til egenbruk	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Totalt levert energi, sum 1-7	1114593 kWh	142,2 kWh/m ²
Solstrøm til eksport	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Netto levert energi	1114593 kWh	142,2 kWh/m ²



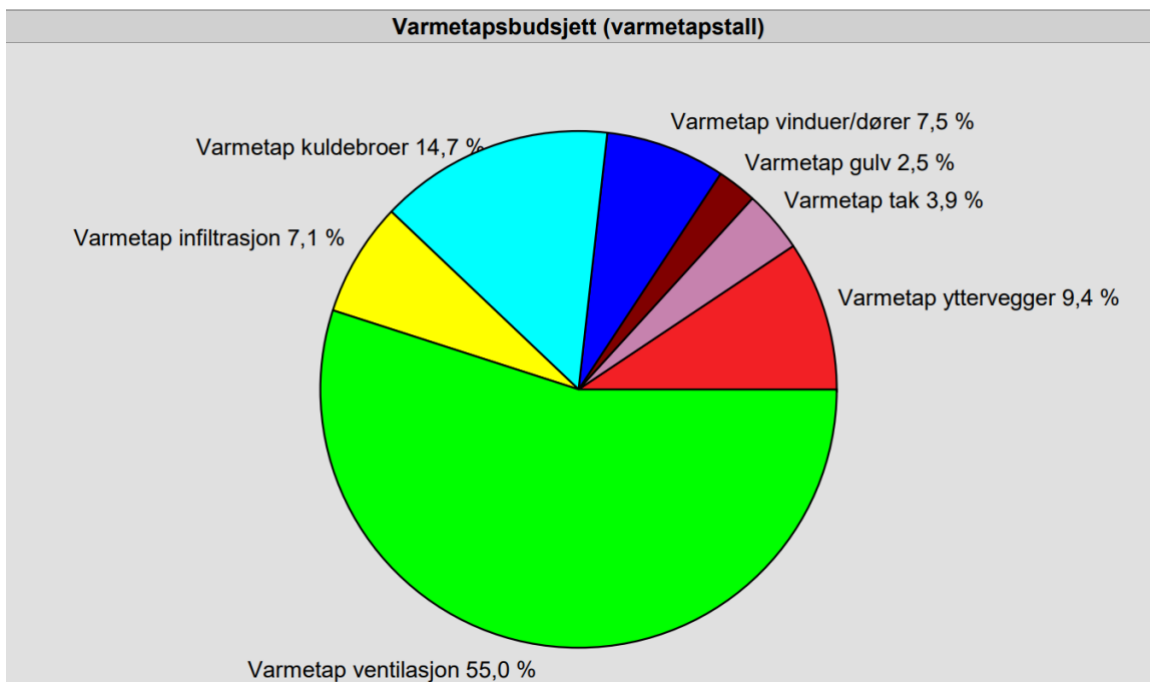
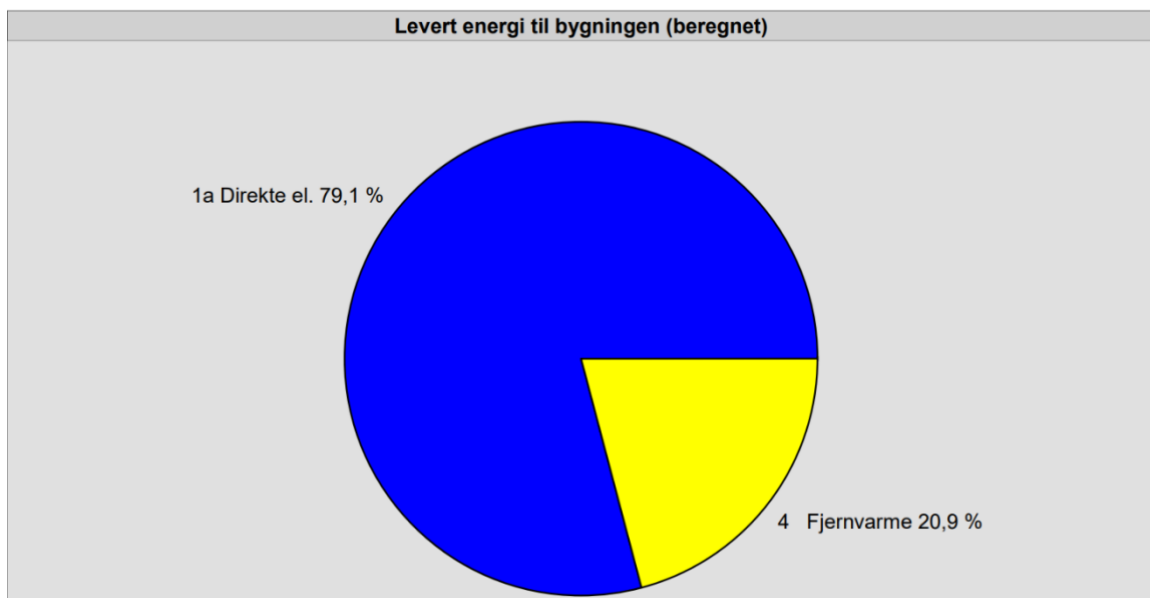
Alternativ 3:

Levert energi til bygningen (beregnet)		
Energivare	Levert energi	Spesifikk levert energi
1a Direkte el.	860338 kWh	109,7 kWh/m ²
1b El. til varmepumpesystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
1c El. til solfangersystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
2 Olje	0 kWh	0,0 kWh/m ²
3 Gass	0 kWh	0,0 kWh/m ²
4 Fjernvarme	237741 kWh	30,3 kWh/m ²
5 Biobrensel	0 kWh	0,0 kWh/m ²
6. Annen energikilde	0 kWh	0,0 kWh/m ²
7. Solstrøm til egenbruk	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Totalt levert energi, sum 1-7	1098079 kWh	140,1 kWh/m ²
Solstrøm til eksport	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Netto levert energi	1098079 kWh	140,1 kWh/m ²



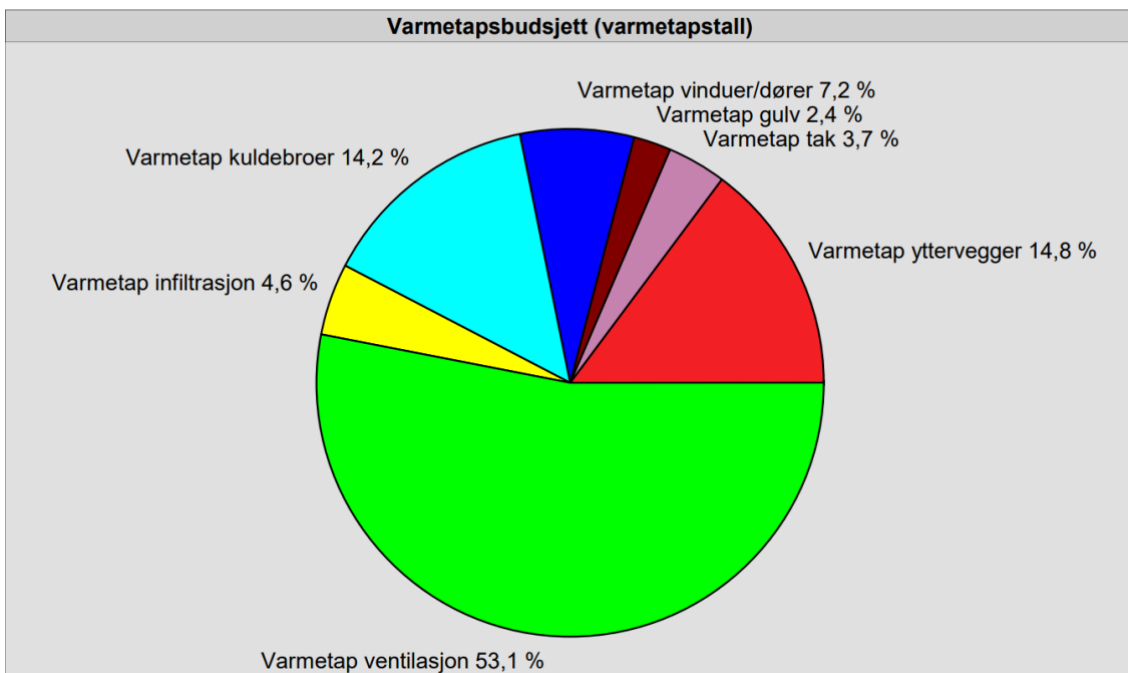
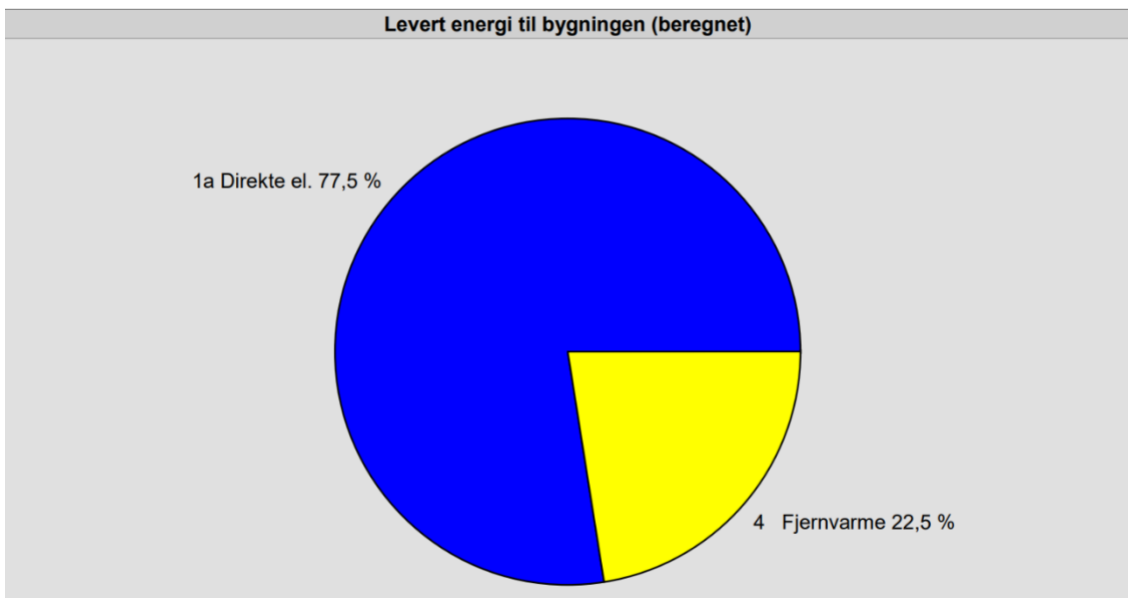
Alternativ 4:

Levert energi til bygningen (beregnet)		
Energivare	Levert energi	Spesifikk levert energi
1a Direkte el.	860323 kWh	109,7 kWh/m ²
1b El. til varmepumpesystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
1c El. til solfangersystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
2 Olje	0 kWh	0,0 kWh/m ²
3 Gass	0 kWh	0,0 kWh/m ²
4 Fjernvarme	227051 kWh	29,0 kWh/m ²
5 Biobrensel	0 kWh	0,0 kWh/m ²
6. Annen energikilde	0 kWh	0,0 kWh/m ²
7. Solstrøm til egenbruk	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Totalt levert energi, sum 1-7	1087374 kWh	138,7 kWh/m ²
Solstrøm til eksport	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Netto levert energi	1087374 kWh	138,7 kWh/m ²



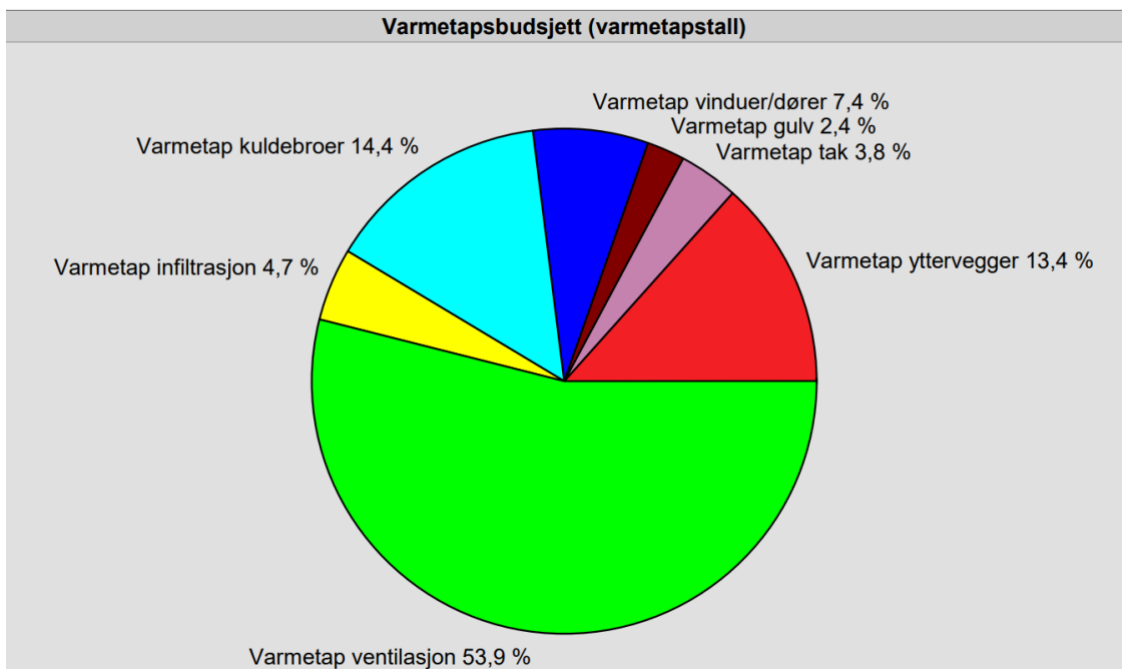
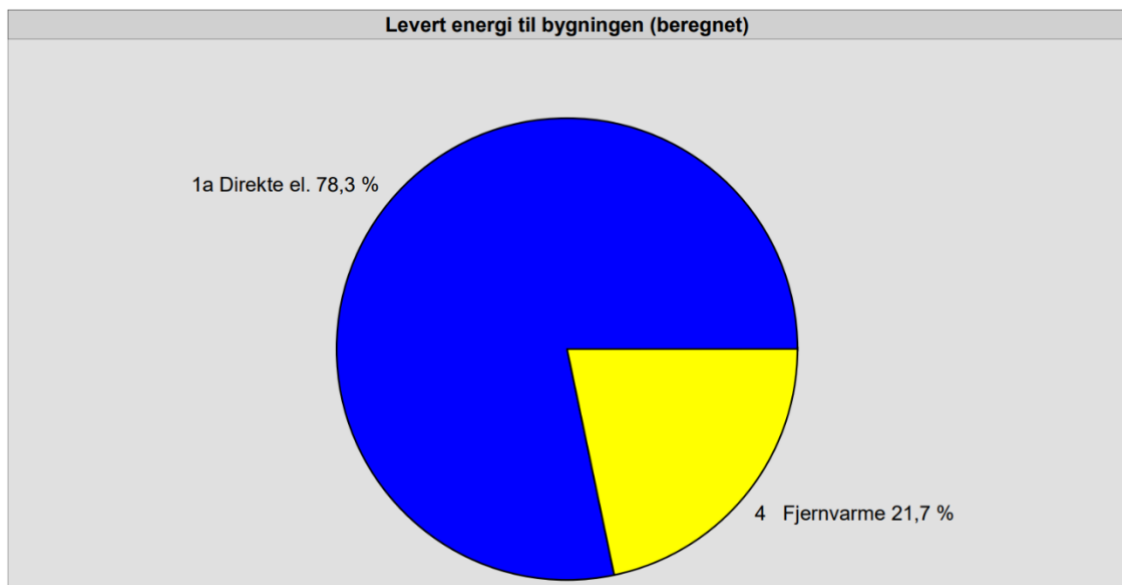
Alternativ 5:

Levert energi til bygningen (beregnet)		
Energivare	Levert energi	Spesifikk levert energi
1a Direkte el.	860353 kWh	109,7 kWh/m ²
1b El. til varmepumpesystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
1c El. til solfangersystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
2 Olje	0 kWh	0,0 kWh/m ²
3 Gass	0 kWh	0,0 kWh/m ²
4 Fjernvarme	249786 kWh	31,9 kWh/m ²
5 Biobrensel	0 kWh	0,0 kWh/m ²
6. Annen energikilde	0 kWh	0,0 kWh/m ²
7. Solstrøm til egenbruk	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Totalt levert energi, sum 1-7	1110139 kWh	141,6 kWh/m ²
Solstrøm til eksport	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Netto levert energi	1110139 kWh	141,6 kWh/m ²



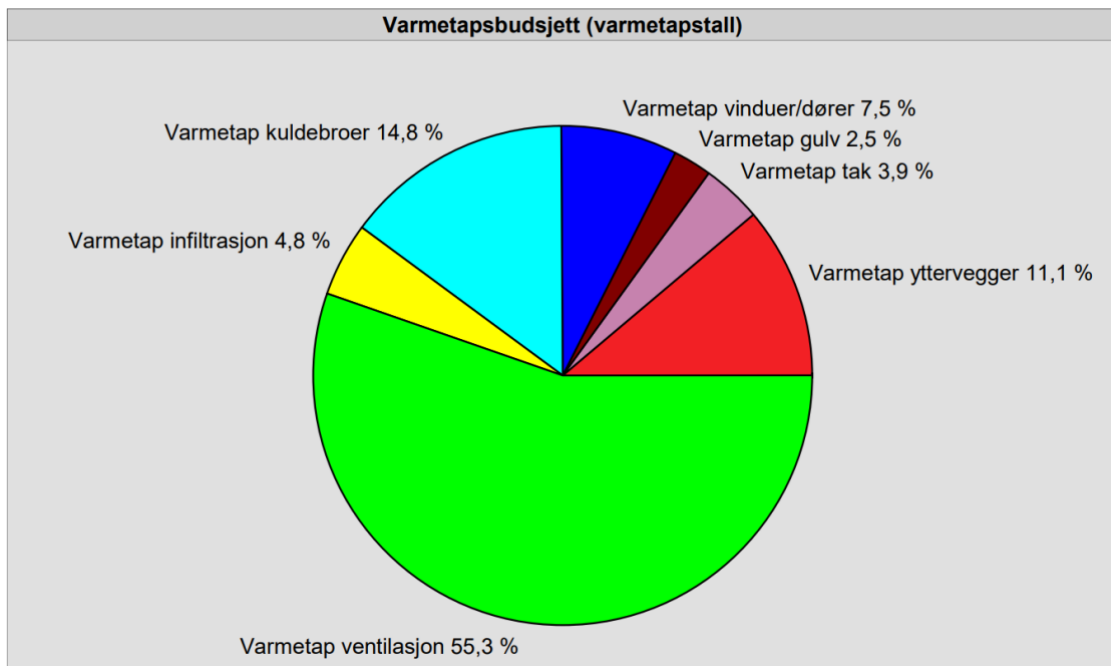
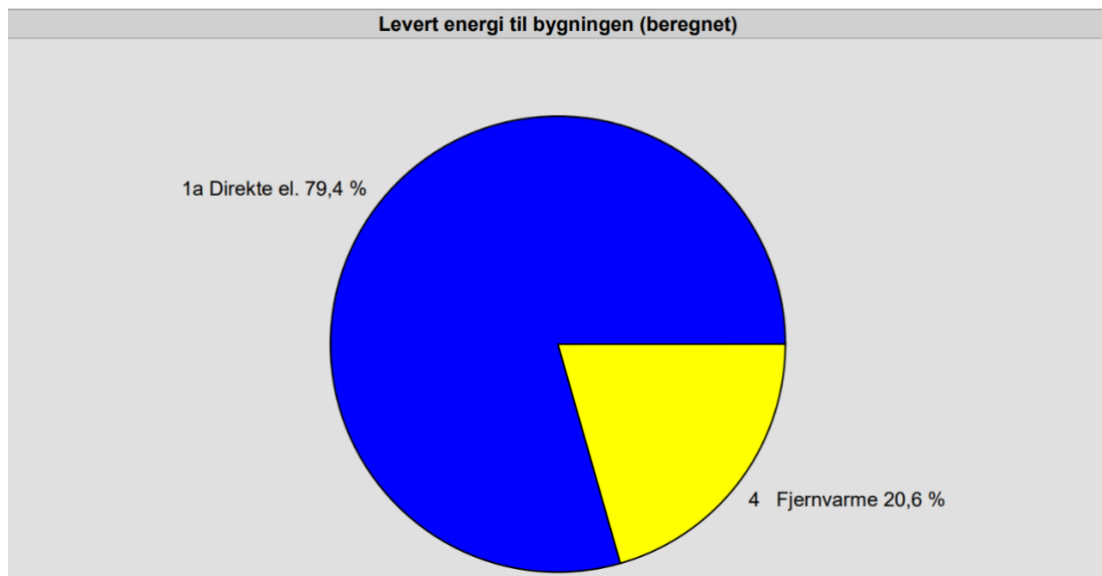
Alternativ 6:

Levert energi til bygningen (beregnet)		
Energivare	Levert energi	Spesifikk levert energi
1a Direkte el.	860338 kWh	109,7 kWh/m ²
1b El. til varmepumpesystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
1c El. til solfangersystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
2 Olje	0 kWh	0,0 kWh/m ²
3 Gass	0 kWh	0,0 kWh/m ²
4 Fjernvarme	238794 kWh	30,5 kWh/m ²
5 Biobrensel	0 kWh	0,0 kWh/m ²
6. Annen energikilde	0 kWh	0,0 kWh/m ²
7. Solstrøm til egenbruk	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Totalt levert energi, sum 1-7	1099132 kWh	140,2 kWh/m ²
Solstrøm til eksport	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Netto levert energi	1099132 kWh	140,2 kWh/m ²



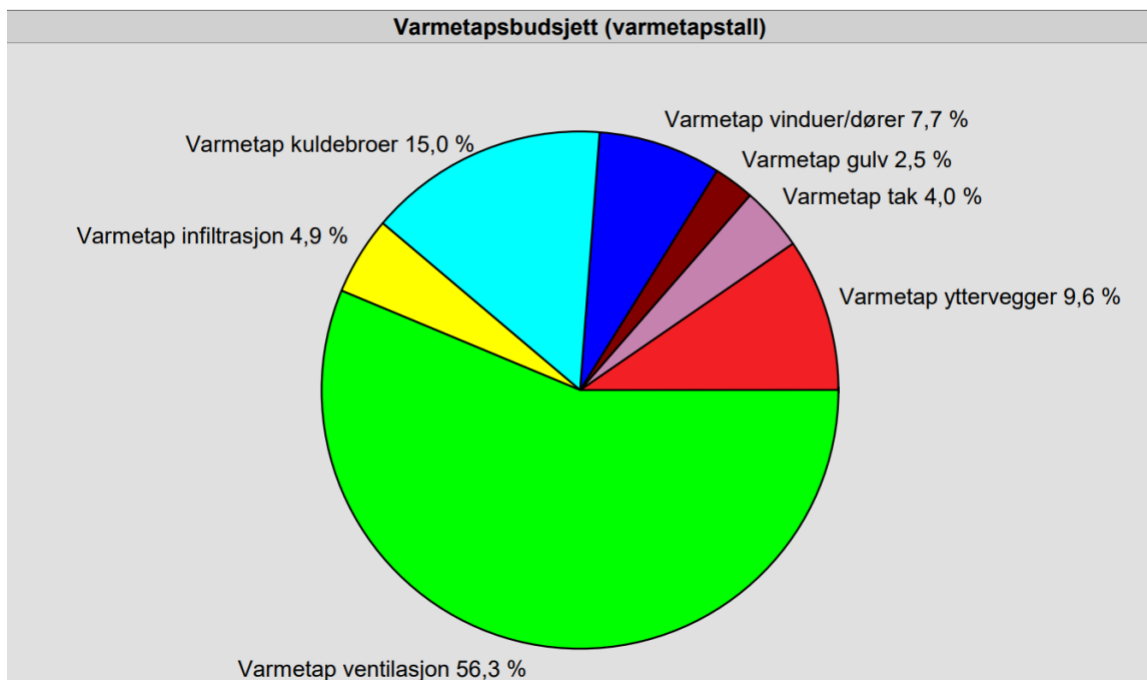
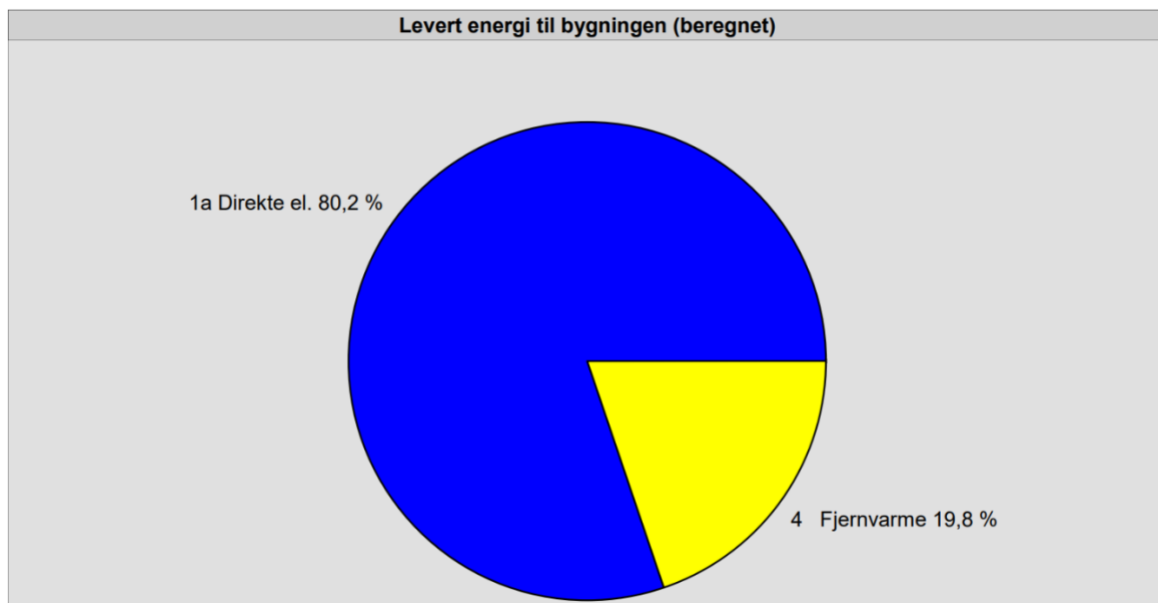
Alternativ 7:

Levert energi til bygningen (beregnet)		
Energivare	Levert energi	Spesifikk levert energi
1a Direkte el.	860315 kWh	109,7 kWh/m ²
1b El. til varmepumpesystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
1c El. til solfangersystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
2 Olje	0 kWh	0,0 kWh/m ²
3 Gass	0 kWh	0,0 kWh/m ²
4 Fjernvarme	222772 kWh	28,4 kWh/m ²
5 Biobrensel	0 kWh	0,0 kWh/m ²
6. Annen energikilde	0 kWh	0,0 kWh/m ²
7. Solstrøm til egenbruk	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Totalt levert energi, sum 1-7	1083088 kWh	138,1 kWh/m²
Solstrøm til eksport	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Netto levert energi	1083088 kWh	138,1 kWh/m²



Alternativ 8:

Levert energi til bygningen (beregnet)		
Energivare	Levert energi	Spesifikk levert energi
1a Direkte el.	860300 kWh	109,7 kWh/m ²
1b El. til varmepumpesystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
1c El. til solfangersystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
2 Olje	0 kWh	0,0 kWh/m ²
3 Gass	0 kWh	0,0 kWh/m ²
4 Fjernvarme	212406 kWh	27,1 kWh/m ²
5 Biobrensel	0 kWh	0,0 kWh/m ²
6. Annen energikilde	0 kWh	0,0 kWh/m ²
7. Solstrøm til egenbruk	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Totalt levert energi, sum 1-7	1072706 kWh	136,8 kWh/m ²
Solstrøm til eksport	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Netto levert energi	1072706 kWh	136,8 kWh/m ²



A.7 Varmepumpeløsning fra Polar Energi



SIMIEN

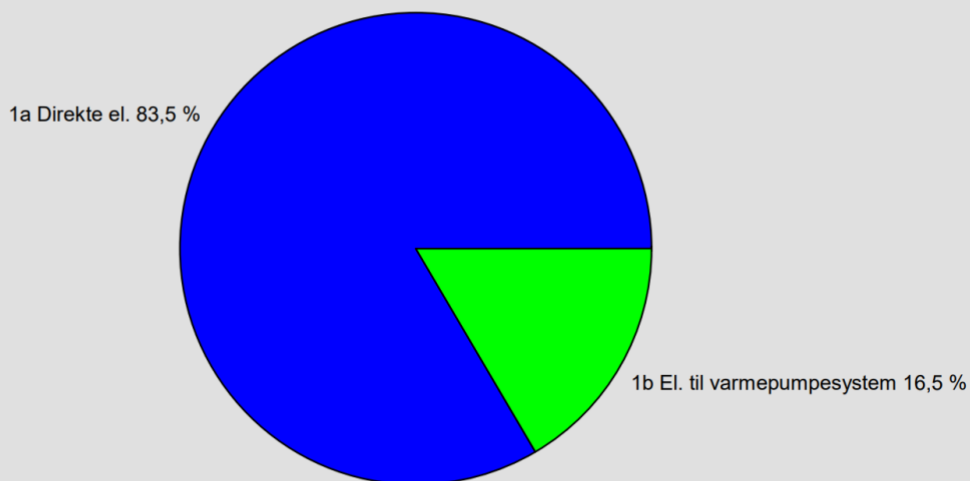
Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering, VP Polar Energi
Tid/dato simulering: 09:54 13/4-2021
Programversjon: 6.016
Simuleringsansvarlig: Jonas Kjær
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: C:\Users\Jonas Kjær\Desktop\Quality Harstad hotell.smi
Prosjekt: Hotellbygning Quality Harstad hotell
Sone: Hotellbygning

Energibudsjett		
Energipost	Energibehov	Spesifikt energibehov
1a Romoppvarming	170594 kWh	21,8 kWh/m ²
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	173924 kWh	22,2 kWh/m ²
2 Varmtvann (tappevann)	233387 kWh	29,8 kWh/m ²
3a Vifter	249867 kWh	31,9 kWh/m ²
3b Pumper	4497 kWh	0,6 kWh/m ²
4 Belysning	366285 kWh	46,7 kWh/m ²
5 Teknisk utstyr	45786 kWh	5,8 kWh/m ²
6a Romkjøling	0 kWh	0,0 kWh/m ²
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	9865 kWh	1,3 kWh/m ²
Totalt netto energibehov, sum 1-6	1254205 kWh	160,0 kWh/m ²

Levert energi til bygningen (beregnet)		
Energivare	Levert energi	Spesifikk levert energi
1a Direkte el.	670380 kWh	85,5 kWh/m ²
1b El. til varmepumpesystem	132807 kWh	16,9 kWh/m ²
1c El. til solfangersystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
2 Olje	0 kWh	0,0 kWh/m ²
3 Gass	0 kWh	0,0 kWh/m ²
4 Fjernvarme	0 kWh	0,0 kWh/m ²
5 Biobrensel	0 kWh	0,0 kWh/m ²
6. Annen energikilde	0 kWh	0,0 kWh/m ²
7. Solstrøm til egenbruk	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Totalt levert energi, sum 1-7	803187 kWh	102,4 kWh/m ²
Solstrøm til eksport	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Netto levert energi	803187 kWh	102,4 kWh/m ²

Levert energi til bygningen (beregnet)

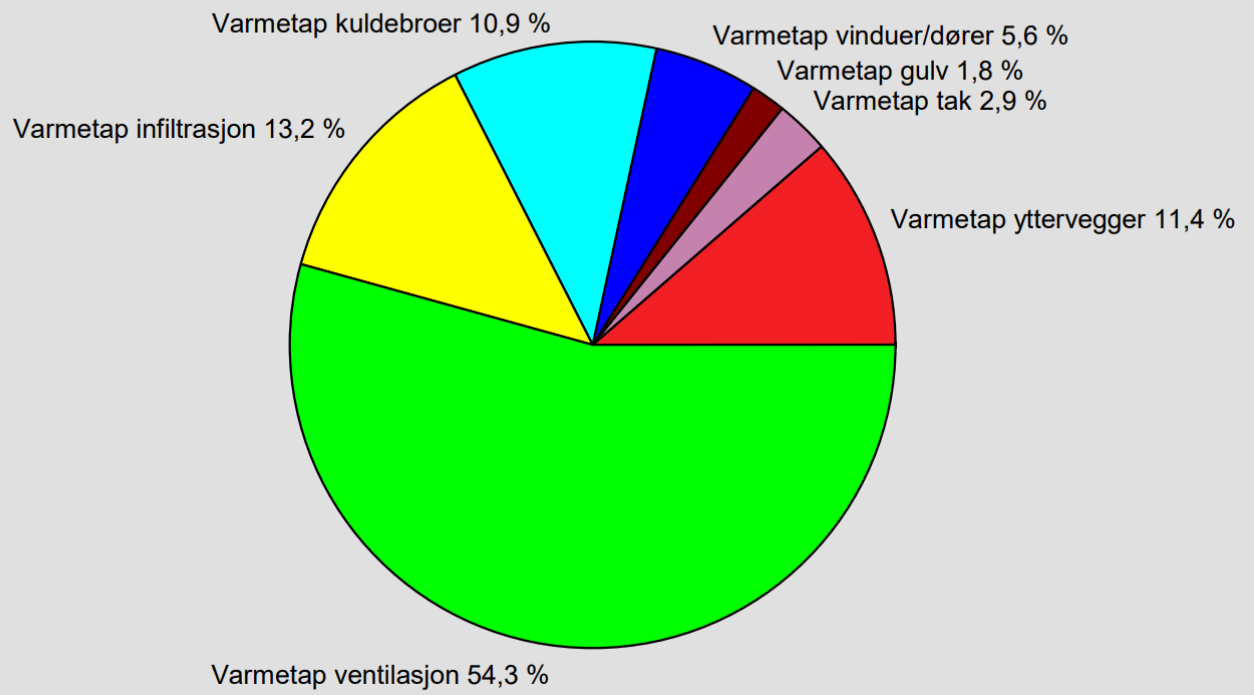


1a Direkte el.	670380 kWt
1b El. til varmepumpesystem	132807 kWt
1c El. til solfangersystem	0 kWt
2 Olje	0 kWt
3 Gass	0 kWt
4 Fjernvarme	0 kWt
5 Biobrensel	0 kWt
6. Annen energikilde	0 kWt
Totalt levert energi, sum 1-7	803187 kWt

Inndata energiforsyning

Beskrivelse	Verdi
1a Direkte el.	Systemvirkningsgrad romoppv.: 0,81 Systemvirkningsgrad varmtvann: 0,98 Systemvirkningsgrad varmebatterier: 0,88 Kjølefaktor romkjøling: 2,50 Kjølefaktor kjølebatterier: 2,50 Energipris: 0,80 kr/kWh CO2-utslipp: 130 g/kWh Andel romoppvarming: 0,0% Andel oppv, tappevann: 0,0% Andel varmebatteri: 0,0 % Andel kjølebatteri: 100,0 % Andel romkjøling: 100,0 % Andel el, spesifikt: 100,0 %
1b El. til varmepumpesystem	Systemvirkningsgrad romoppv.: 4,00 Systemvirkningsgrad varmtvann: 5,00 Systemvirkningsgrad varmebatterier: 4,00 Kjølefaktor romkjøling: 2,50 Kjølefaktor kjølebatterier: 2,50 Energipris: 0,80 kr/kWh CO2-utslipp: 130 g/kWh Andel romoppvarming: 100,0% Andel oppv, tappevann: 100,0% Andel varmebatteri: 100,0 % Andel kjølebatteri: 0,0 % Andel romkjøling: 0,0 % Andel el, spesifikt: 0,0 %

Varmetapsbudsjett (varmetapstall)



Vedlegg A.8 Energimerkeevaluering av QHH med fjernvarme



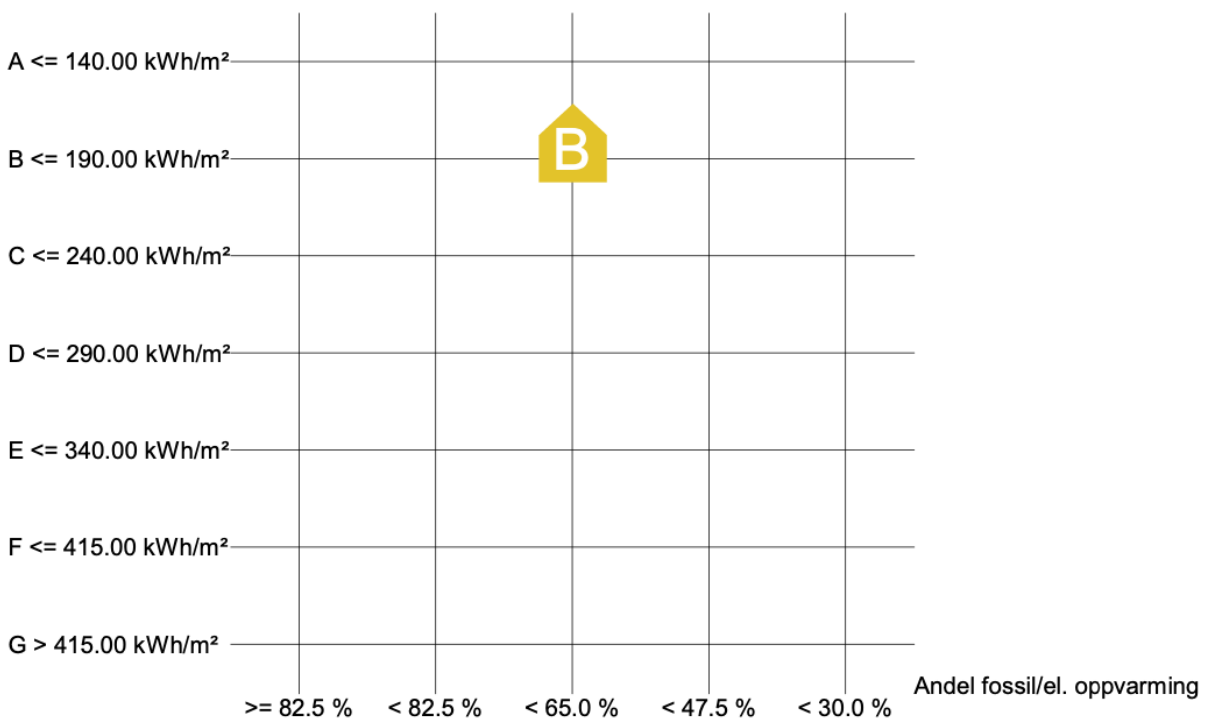
SIMIEN

Energimerke

Simuleringsnavn: Energimerke
Tid/dato simulering: 15:16 3/5-2021
Programversjon: 6.016
Simuleringsansvarlig: Jonas Kjær
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: C:\Users\Jonas Kjær\Desktop\Quality Harstad hotell (2).smi
Prosjekt: Hotellbygning Quality Harstad hotell
Sone: Hotellbygning;

Energikarakter

ENERGIMERKE



Beregnet levert energi normalisert klima: 161.78 kWh/m²
Sum andel el/olje/gass av netto oppvarmingsbehov: 48.8 %

Beregnet levert energi	
Beskrivelse	Verdi
Energibruk normalisert klima	162 kWh/m ²
Energibruk lokalt klima	167 kWh/m ²

Vedlegg A.8 Energimerkeevaluering av QHH med Varmepumpeløsning fra Polar Energi



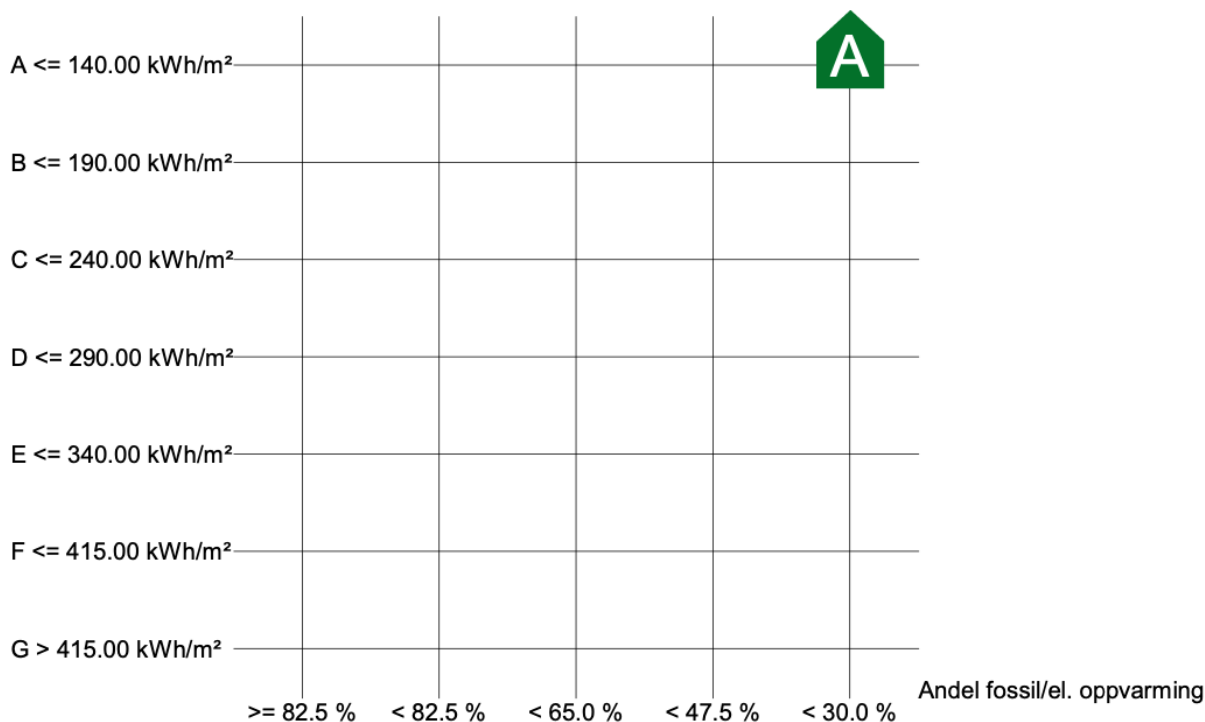
SIMIEN

Energimerke

Simuleringsnavn: Energimerke
Tid/dato simulering: 15:03 3/5-2021
Programversjon: 6.016
Simuleringsansvarlig: Jonas Kjær
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: C:\Users\Jonas Kjær\Desktop\Quality Harstad hotell.smi
Prosjekt: Hotellbygning Quality Harstad hotell
Sone: Hotellbygning;

Energikarakter

ENERGIMERKE



Beregnet levert energi normalisert klima: 104.37 kWh/m²
Sum andel el/olje/gass av netto oppvarmingsbehov: 22.8 %

Beregnet levert energi	
Beskrivelse	Verdi
Energibruk normalisert klima	104 kWh/m ²
Energibruk lokalt klima	102 kWh/m ²

Innholdsfortegnelse

Vedlegg A – Energiberegninger i SIMIEN	2
<i>A.1. Hotellets prosjekterte verdier</i>	<i>2</i>
<i>A.2 Økt isolasjonstykkelse i vegger</i>	<i>5</i>
<i>A.3 Økt isolasjonstykkelse i tak</i>	<i>9</i>
<i>A.4 Forbedret lekkasjetall i klimaskjerm</i>	<i>13</i>
<i>A.5 Forbedret virkningsgrad på varmegjenvinnere.....</i>	<i>15</i>
<i>A.6 Kombinasjon av tiltak.....</i>	<i>17</i>
<i>A.7 Varmepumpeløsning fra Polar Energi.....</i>	<i>25</i>
Vedlegg B – Kostnadsoverslag	32
<i>B.1 Lønnsomhetsanalyse av tiltak.....</i>	<i>32</i>
<i>B.3 Lønnsomhetsanalyse sammensatte tiltak.....</i>	<i>36</i>
B.4 Lønnsomhetsanalyse av Systemløsning fra Polar Energi	37
<i>C.1 Prisanslag på de 3 tilbudene gitt fra Polar Energi.....</i>	<i>39</i>
<i>D.1 Effektytelser Varmepumpe fra Polar Energi</i>	<i>45</i>

Vedlegg B – Lønnsomhetsanalyse

B.1 Lønnsomhetsanalyse av tiltak

Excel beregninger alle byggetekniske tiltak samlet.

De grønne radene viser Quality Hotel Harstad sine prosjekterte ytelser.

Verdier for levert energi er hentet fra energiberegninger utført i SIMIEN.												
Hotelllets prosjekterte verdier*		Hotelllets BRA [m ²]	Strømpris [kr/kWh]			Fjernvarmepris [kr/kWh]						
		7840	0,8			0,75						
Tiltak		Spesifikk Levert energi [kWh/m ²]	Årlig levert energi [kWh]	Direkte el. andel	Kostnad direkte el.	Fjernvarme andel	Kostnad fjernvarme	Årlig enerikostnad	Årlig energibesparelse [kWh/m ²]	Årlig besparelse	Investeringskostnad	
Isolasjon yttervegger [mm]	U-verdi											
	250	0,18	166,7	1306928	65,9 %	kr 689 012	34,1 %	kr 334 247	kr 1 023 259		kr -	kr -
	+50	0,16	165,2	1295168	66,5 %	kr 689 029	33,5 %	kr 325 411	kr 1 014 440	1,5	kr 8 819	kr 176 139
	+100	0,13	162,9	1277136	67,4 %	kr 688 632	32,6 %	kr 312 260	kr 1 000 891	3,8	kr 22 368	kr 324 878
	+150	0,11	161,4	1265376	68 %	kr 688 365	32 %	kr 303 690	kr 992 055	5,3	kr 31 204	kr 493 188
	+200	0,1	160,6	1259104	68,4 %	kr 688 982	31,6 %	kr 298 408	kr 987 389	6,1	kr 35 870	kr 614 528
Isolasjon tak [mm]	U-verdi											
	300	0,13	166,7	1306928	65,9 %	kr 689 012	34,1 %	kr 334 247	kr 1 023 259			
	+50	0,12	166,5	1305360	66 %	kr 689 230	34 %	kr 332 867	kr 1 022 097	0,2	kr 1 162	kr 273 993
	+100	0,1	166	1301440	66,2 %	kr 689 243	33,8 %	kr 329 915	kr 1 019 158	0,7	kr 4 102	kr 320 964
	+150	0,09	165,7	1299088	66,3 %	kr 689 036	33,7 %	kr 328 344	kr 1 017 381	1,0	kr 5 879	kr 594 957
	+200	0,08	165,4	1296736	66,4 %	kr 688 826	33,6 %	kr 326 777	kr 1 015 604	1,3	kr 7 656	kr 618 442
Tetthet klimaskjerm	Lekkasjetall [h ⁻¹]											
	1,5	166,7	1306928	65,9 %	kr 689 012	34,1 %	kr 334 247	kr 1 023 259				
	0,6	157,3	1233232	69,8 %	kr 688 637	30,2 %	kr 279 327	kr 967 964	9,4	kr 55 295		
	0,4	155,2	1216768	70,8 %	kr 689 177	29,2 %	kr 266 472	kr 955 650	11,5	kr 67 610		
Varmegjenvinner	Virkningsgrad											
	80 %	166,7	1306928	65,9 %	kr 689 012	34,1 %	kr 334 247	kr 1 023 259				
	85 %	153	1199520	71,8 %	kr 689 004	28,2 %	kr 253 698	kr 942 703	13,7	kr 80 557	kr 400 000	
	90 %	144,3	1131312	76 %	kr 687 838	24 %	kr 203 636	kr 891 474	22,4	kr 131 785		

B.2 Nåverdi og inntjeningstid av tiltak

Kalkulasjonsrente:	4 %			
Isolasjon vegger	50mm	100mm	150mm	200mm
Investering [I]	kr 176 139	kr 324 878	kr 493 188	kr 614 528
Besparelse [B]	kr 8 819	kr 22 368	kr 31 204	kr 35 870
Kalkulasjonsrente [r]	4 %	4 %	4 %	4 %
Salgsverdi [S]	0	0	0	0
Levetid [N] år	60	60	60	60
Nåverdi [NOK]	kr 23 377	kr 181 160	kr 212 767	kr 196 975
Inntjeningstid [år]	40,9	22,2	25,5	29,5

Isolasjon i tak	50mm	100 mm	150mm	200mm
Investering [I]	kr 273 993	kr 320 964	kr 594 957	kr 618 442
Besparelse [B]	kr 1 162	kr 4 102	kr 5 879	kr 7 656
Kalkulasjonsrente [r]	4 %	4 %	4 %	4 %
Salgsverdi [S]	0	0	0	0
Levetid [N] år	60	60	60	60
Nåverdi	-kr 247 696	-kr 461 964	-kr 445 245	-kr 445 245
Inntjeningstid	-	-	-	-

Tetthet klimaskjerm	0,6 [h⁻¹]	0,4 [h⁻¹]
Investering [I]	kr -	kr -
Besparelse [B]	kr 55 295	kr 67 609,69
Kalkulasjonsrente [r]	4 %	4 %
Salgsverdi [S]	0	0
Levetid [N] år	60	60
Nåverdi	kr 1 250 977	kr 1 529 567
Inntjeningstid	-	-

Varmegjenvinner	85 %	90 %
Investering [I]	kr 400 000	
Besparelse [B]	kr 80 557	kr 131 785
Kalkulasjonsrente [r]	4 %	4 %
Salgsverdi [S]	0	0
Levetid [N] år	15	15
Nåverdi	kr 495 658	kr 1 465 241
Inntjeningstid	5,6 år	-

B.3 Lønnsomhetsanalyse sammensatte tiltak

Excel beregninger sammensatte tiltak

Verdier for levert energi er hentet fra energiberegninger utført i SIMIEN.									
Hotelllets prosjekterte verdier*									
Hotelllets BRA [m ²]		Strømpris [kr/kWh]		Fjernvarmepris [kr/kWh]					
7840		0,8		0,75					
Kombinerete tiltak	Spesifikk levert energi [kWh/m ²]	Årlig levert energi [kWh]	Direkte el. andel	Kostnad direkte el.	Fjernvarme andel	Kostnad fjernvarme	Årlig energikostnad	Årlig energibesparelse [kWh/m ²]	Årlig besparelse
	166,7	1306928	65,9 %	kr 689 012	34,1 %	kr 334 247	kr 1 023 259		kr -
Alternativ 1	143,6	1125824	76,4 %	kr 688 104	23,6 %	kr 199 271	kr 887 374	23,1	kr 135 885
Alternativ 2	142,2	1114848	77,2 %	kr 688 530	22,8 %	kr 190 639	kr 879 169	24,5	kr 144 090
Alternativ 3	140,1	1098384	78,3 %	kr 688 028	21,7 %	kr 178 762	kr 866 790	26,6	kr 156 470
Alternativ 4	138,7	1087408	79,1 %	kr 688 112	20,9 %	kr 170 451	kr 858 563	28	kr 164 696
Alternativ 5	141,6	1110144	77,5 %	kr 688 289	22,5 %	kr 187 337	kr 875 626	25,1	kr 147 633
Alternativ 6	140,2	1099168	78,3 %	kr 688 519	21,7 %	kr 178 890	kr 867 408	26,5	kr 155 851
Alternativ 7	138,1	1082704	79,4 %	kr 687 734	20,6 %	kr 167 278	kr 855 011	28,6	kr 168 248
Alternativ 8	136,8	1072512	80,2 %	kr 688 124	19,8 %	kr 159 268	kr 847 392	29,9	kr 175 868
Alternativ 1-8 er sammensatt av flere tiltak som forbedrer Quality Hotell Harstads prosjekterte ytelser. Forbedringene er gjort ut i fra QHH prosjekterte ytelser som henholdsvis er satt med: Isolasjonstykkelse i vegger 250mm, tetthet i klimaskjerm [1,5h ⁻¹] og temperaturvirkningsgrad på 80% på varmegjenvinnere.									
Alternativ 1	Forbedring av lekkasjetall til 0,6 [h ⁻¹] og virkningsgrad til 85%.								
Alternativ 2	Forbedring av lekkasjetall til 0,6 [h ⁻¹], virkningsgrad til 85% & isolasjonstykkelse i vegger +50 mm.								
Alternativ 3	Forbedring av lekkasjetall til 0,6 [h ⁻¹], virkningsgrad til 85% & isolasjonstykkelse i vegger +100 mm.								
Alternativ 4	Forbedring av lekkasjetall til 0,6 [h ⁻¹], virkningsgrad til 85% & isolasjonstykkelse i vegger +150 mm.								
Alternativ 5	Forbedring av lekkasjetall til 0,4 [h ⁻¹], virkningsgrad til 85%.								
Alternativ 6	Forbedring av lekkasjetall til 0,4 [h ⁻¹], virkningsgrad til 85% & isolasjonstykkelse i vegger +50 mm.								
Alternativ 7	Forbedring av lekkasjetall til 0,4 [h ⁻¹], virkningsgrad til 85% & isolasjonstykkelse i vegger +100 mm.								
Alternativ 8	Forbedring av lekkasjetall til 0,4 [h ⁻¹], virkningsgrad til 85% & isolasjonstykkelse i vegger +150 mm.								

B.4 Lønnsomhetsanalyse av Systemløsning fra Polar Energi

Hotelllets prosjekterte verdier*		Hotelllets BRA [m ²]		Strømpris [kr/kWh]		Fjernvarmepris [kr/kWh]				
		7840		0,8		0,75				
Energiløsning	Spesifikk levert energi [kWh/m ²]	Årlig levert energi [kWh]	Direkte el. andel	Kostnad direkte el.	Fjernvarme andel	Kostnad fjernvarme	Årlig energikostnad	Årlig energibesparelse [kWh/m ²]	Årlig besparelse	Investering
Fjernvarme	166,7	1306928	65,9 %	kr 689 012	34,1 %	kr 334 247	kr 1 023 259	0	kr -	
VP Polar Energi 1243	102,4	802816		kr 642 253		kr -	kr 642 253	64,3	kr 381 006	kr 1 991 719
VP Polar Energi 1244	102,4	802816		kr 642 253		kr -	kr 642 253	64,3	kr 381 006	kr 2 536 719
VP Polar Energi 1245	102,4	802816		kr 642 253		kr -	kr 642 253	64,3	kr 381 006	kr 3 476 000

B.5 Nåverdi og inntjeningstid på de 3 prisanslagene

Alternativ: 1243		Alternativ: 1244		Alternativ: 1245	
Investering [I]	kr 1 991 719	Investering [I]	kr 2 536 719	Investering [I]	kr 3 476 000
Besparelse [B]	kr 381 006	Besparelse [B]	kr 381 006	Besparelse [B]	kr 381 006
Kalkulasjonsrente [r]	4 %	Kalkulasjonsrente [r]	4 %	Kalkulasjonsrente [r]	4 %
Salgsverdi [S]	0	Salgsverdi [S]	0	Salgsverdi [S]	0
Levetid [N] år	14	Levetid [N] år	14	Levetid [N] år	14
Nåverdi	kr 2 032 899	Nåverdi	kr 1 487 899	Nåverdi	kr 548 619
Investering [I]	kr 1 991 718,96	Investering [I]	kr 2 536 718,96	Investering [I]	kr 3 475 999,59
Netto årlig fortjeneste [B]	kr 381 006,48	Netto årlig fortjeneste [B]	kr 381 006,48	Netto årlig fortjeneste [B]	kr 381 006,48
Kalkulasjonsrente [r]	4 %	Kalkulasjonsrente [r]	4 %	Kalkulasjonsrente [r]	4 %
Inntjeningstid år	6,0	Inntjeningstid år	7,9	Inntjeningstid år	11,6

Vedlegg C.1 - Materialkostnader isolasjon

Priser hentet fra Norsk prisbok 2020:		Mineraull i klimavegg				
Material pris inkl. 12% påslag**		Alle prise eksl. Mva.				
Mineralull tykkelse[mm]	**Pris pr.m ²	Påslag Nord-Norge priser	Material kostnad inkl. Påslag	Areal yttervegg [m ²]	Total pris	
50	kr 45,0	9 %	kr 49,05	3591	kr	176 139
100	kr 83,00	9 %	kr 90,47	3591	kr	324 878
150	kr 126,00	9 %	kr 137,34	3591	kr	493 188
200	kr 157,00	9 %	kr 171,13	3591	kr	614 528
250	kr 189,00	9 %	kr 206,01	3591	kr	739 782
300	kr 220,00	9 %	kr 239,80	3591	kr	861 122

Priser hentet fra Norsk prisbok 2020:		Isolasjon på tak, mineralull				
Material pris inkl. 12% påslag**		Alle prise eksl. Mva.				
Mineralull tykkelse[mm]	**Pris pr.m ²	Påslag Nord-Norge priser	Material kostnad inkl. påslag	Areal yttervegg [m ²]	Total pris	
50	kr 70	9 %	kr 76	3591	kr	273 993
100	kr 82	9 %	kr 89	3591	kr	320 964
200	kr 158	9 %	kr 172	3591	kr	618 442
300	kr 236	9 %	kr 257	3591	kr	923 749

Vedlegg D.1 - Prisanslag på de 3 tilbudene gitt fra Polar Energi

Polar Energi AS
Postboks 117
9450 Hamnvik, Norway
Tel: +47 770 29 222
post@polarenergi.com
www.polarenergi.com
911 685 655 MVA



Jonas Kjær
Granittveien 20
8270 DRAG

Tilbud 1243

Side 1
Kundenr. 30253
Prosjekt
Avdeling
Leveringsform
Lev.betingelser Ex. Works, Frogner, Norway
Valuta NOK
Tilbudsdato
Bet. betingelser Net 14 days
Gyldig t.o.m.

Vår ref. Tor Nordli Mathisen
Deres ref. Jonas Kjær
Referanse Prisanslag Choice Hotel Harstad

Produktnr.	Produktbeskrivelse	Antall	Enhetspris	Rabatt	Sum
	Prisanslag Choice Hotel Harstad iht avtale, Alternativ 1 (samme systemløsning som Thon Hotel Harstad)				
10100	VP 380L, Systemtank, Vannbåren varme eller kjøling <i>Varmepumpe split. Vannbåren oppvarming eller kjøling. PSHI patentert teknologi med 10 års garanti. Stor kapasitet, best egnet for industri og næringsbygg. Energi merke vannbåren varme ved 55 °C = A++. Spesielt tilpasset Panasonic PACi og ECOi utendørsenheter.</i>	10,00	49 047,00		490 470,00
20200	VP 380/440L, Forbruksvann og vannbåren varme <i>Varmepumpe som kombinerer oppvarming av varmt forbruksvann og vannbåren varme. PSHI patentert teknologi med 10 års garanti. Stor kapasitet, best egnet for industri og næring. Spesielt tilpasset Panasonic PACi og ECOi utendørsenheter.</i>	2,00	113 051,00		226 102,00
30150	VP-RTC5B ECOi Smart, kontrollboks med avansert fjernkontroll <i>Elektronisk kontroll og styringsenhet med integrert 3,5" display. Optimal ytelse og samspill mellom systemtank og ECOi utendørsenhet fra Panasonic.</i>	6,00	13 268,00		79 608,00
80262	Magnetventil kit med 4 utganger for MF3	3,00	59 444,00		178 332,00
80263	Thermoventil kit til MF3, 55 kW	3,00	7 705,00		23 115,00
80251	Tube 5/8 Ass'y (incl Strainer & MOV)	6,00	2 490,00		14 940,00
80261	Magnetic coil (MOV)	6,00	950,00		5 700,00
80130	PAW-RC2-MBS-4, MODBUS INTERFACE	1,00	5 780,00		5 780,00
60520	Panasonic Utedel, U-16MF3E8, ECOi, 3 Pipe, 3-fase, R410A <i>Inverterstyrt kompressor, R410A pre-load: 8.30 kg Max varmekapasitet 50 kW, Max Kjølekapasitet 40 kW</i>	3,00	219 712,00		659 136,00
60521	R410A miljøavgift U-16MF3E8, NOK 1233,71 x 8.3 kg	3,00	10 239,79		30 719,37
60522	Resirkuleringsavgift U-16MF3E8	3,00	49,53		148,59
80230	Gulv- og markstativ for U-18ME / U-20ME	3,00	8 136,00		24 408,00
80231	Kondenspanne m/varmekabel for U-18ME / U-20ME	3,00	6 300,00		18 900,00
90901	Kjøleteknisk montering, fast pris	1,00	255 000,00		255 000,00
	Tilbudet inkluderer ikke kran og/eller løftarbeid				
	Tilbudet inkluderer ikke rørteknisk og/eller elektrisk				

Polar Energi AS
Postboks 117
9450 Hamnvik, Norway
Tel: +47 770 29 222
post@polarenergi.com
www.polarenergi.com
911 685 655 MVA

Tilbud 1243

Side 2



Tilbudsdato
Bet. betingelser Net 14 days
Gyldig t.o.m.

Produktnr.	Produktbeskrivelse	Antall	Enhetspris	Rabatt	Sum
	arbeid og materiell.				
	.				
	Tilbudet inkluderer ikke fundament og byggverk tilpasset utedeler (varmepumper).				
	.				
	Tilbudet inkluderer ikke nødventilasjon og gassalarm i teknisk rom				
	.				
	Transport tilkommer (fritt levert Frogner i Akershus)				

Mva. %	Mva-grunnlag	Mva.
25,00 %	1 991 718,96	497 929,74

Netto	Rabatt	Mva.	Sum inkl. mva.
1 991 718,96	0,00	497 929,74	2 489 649,00

Polar Energi AS
 Postboks 117
 9450 Hamnvik, Norway
 Tel: +47 770 29 222
 post@polarenergi.com
 www.polarenergi.com
 911 685 655 MVA



Tilbud 1244

Side 1
 Kundenr. 30253
 Prosjekt
 Avdeling
 Leveringsform
 Lev.betingelser Ex. Works, Frogner, Norway
 Valuta NOK
 Tilbudsdato
 Bet. betingelser Net 14 days
 Gyldig t.o.m.

Jonas Kjær
 Granittveien 20
 8270 DRAG

Vår ref. Tor Nordli Mathisen
 Deres ref. Jonas Kjær
 Referanse Prisanslag Choice Hotel Harstad

Produktnr.	Produktbeskrivelse	Antall	Enhetspris	Rabatt	Sum
	Prisanslag Choice Hotel Harstad iht avtale, Alternativ 2 (samme systemløsning som Thon Hotel Harstad, men alt av teknisk utstyr ferdig installert og driftsklar i egen 40 " container)				
10100	VP 380L, Systemtank, Vannbåren varme eller kjøling <i>Varmepumpe split. Vannbåren oppvarming eller kjøling. PSHI patentert teknologi med 10 års garanti. Stor kapasitet, best egnet for industri og næringsbygg. Energi merke vannbåren varme ved 55 °C = A++. Spesielt tilpasset Panasonic PACi og ECOi utendørsenheter.</i>	10,00	49 047,00		490 470,00
20200	VP 380/440L, Forbruksvann og vannbåren varme <i>Varmepumpe som kombinerer oppvarming av varmt forbruksvann og vannbåren varme. PSHI patentert teknologi med 10 års garanti. Stor kapasitet, best egnet for industri og næring. Spesielt tilpasset Panasonic PACi og ECOi utendørsenheter.</i>	2,00	113 051,00		226 102,00
30150	VP-RTC5B ECOi Smart, kontrollboks med avansert fjernkontroll <i>Elektronisk kontroll og styringsenhet med integrert 3,5" display. Optimal ytelse og samspill mellom systemtank og ECOi utendørsenhet fra Panasonic.</i>	6,00	13 268,00		79 608,00
80262	Magnetventil kit med 4 utganger for MF3	3,00	59 444,00		178 332,00
80263	Thermoventil kit til MF3, 55 kW	3,00	7 705,00		23 115,00
80251	Tube 5/8 Ass'y (incl Strainer & MOV)	6,00	2 490,00		14 940,00
80261	Magnetic coil (MOV)	6,00	950,00		5 700,00
80130	PAW-RC2-MBS-4, MODBUS INTERFACE	1,00	5 780,00		5 780,00
60520	Panasonic Utedel, U-16MF3E8, ECOi, 3 Pipe, 3-fase, R410A <i>Inverterstyrt kompressor, R410A pre-load: 8.30 kg Max varmekapasitet 50 kW, Max Kjølekapasitet 40 kW</i>	3,00	219 712,00		659 136,00
60521	R410A miljøavgift U-16MF3E8, NOK 1233,71 x 8.3 kg	3,00	10 239,79		30 719,37
60522	Resirkuleringsavgift U-16MF3E8	3,00	49,53		148,59
80230	Gulv- og markstativ for U-18ME / U-20ME	3,00	8 136,00		24 408,00
80231	Kondenspanne m/varmekabel for U-18ME / U-20ME	3,00	6 300,00		18 900,00
90911	Spesialtilpasset container med kald og varm sone * ventilasjonsrister i kald sone	1,00	800 000,00		800 000,00

Polar Energi AS
 Postboks 117
 9450 Hamnvik, Norway
 Tel: +47 770 29 222
 post@polarenergi.com
 www.polarenergi.com
 911 685 655 MVA

Tilbud 1244



Side 2

Tilbudsdato
 Bet. betingelser Net 14 days
 Gyldig t.o.m.

Produktnr.	Produktbeskrivelse	Antall	Enhetspris	Rabatt	Sum
	* avkastrister i tak kald sone				
	* Kald sone fullstendig støyisolert i gulv, vegger og tak				
	* Varm sone fullstendig isolert i gulv, vegger og tak				
	* Alt av kjøleteknisk, rørteknisk og elektrisk arbeid ferdig bygget og klar for igangkjøring				
	* Gassalarm ferdig montert i container				
	.				
	Tilbudet inkluderer ikke kran og/eller løftearbeid				
	.				
	Tilbudet inkluderer ikke fundament og evt byggverk for plassering av container.				
	.				
	Transport tilkommer (fritt levert Frogner i Akershus)				

Mva. %	Mva-grunnlag	Mva.
25,00 %	2 536 718,96	634 179,74

Netto	Rabatt	Mva.	Sum inkl. mva.
2 536 718,96	0,00	634 179,74	3 170 899,00

Polar Energi AS
 Postboks 117
 9450 Hamnvik, Norway
 Tel: +47 770 29 222
 post@polarenergi.com
 www.polarenergi.com
 911 685 655 MVA



Tilbud 1245

Side 1
 Kundenr. 30253
 Prosjekt
 Avdeling
 Leveringsform
 Lev.betingelser Ex. Works, Frogner, Norway
 Valuta NOK
 Tilbudsdato
 Bet. betingelser Net 14 days
 Gyldig t.o.m.

Jonas Kjær
 Granittveien 20
 8270 DRAG

Vår ref. Tor Nordli Mathisen
 Deres ref. Jonas Kjær
 Referanse Prisanslag Choice Hotel Harstad

Produktnr.	Produktbeskrivelse	Antall	Enhetspris	Rabatt	Sum
	Prisanslag Choice Hotel Harstad iht avtale, Alternativ 3 (samme systemløsning som Thon Hotel Harstad, men alt av teknisk utstyr ferdig installert og driftsklar i egen 40 " container, men med kuldemedie R290 (Propan))				
10100	VP 380L, Systemtank, Vannbåren varme eller kjøling <i>Varmepumpe split. Vannbåren oppvarming eller kjøling. PSHI patentert teknologi med 10 års garanti. Stor kapasitet, best egnet for industri og næringsbygg. Energi merke vannbåren varme ved 55 °C = A++.</i> <i>Spesielt tilpasset Panasonic PACi og ECOi utendørsenheter.</i>	10,00	49 047,00		490 470,00
20200	VP 380/440L, Forbruksvann og vannbåren varme <i>Varmepumpe som kombinerer oppvarming av varmt forbruksvann og vannbåren varme. PSHI patentert teknologi med 10 års garanti. Stor kapasitet, best egnet for industri og næring.</i> <i>Spesielt tilpasset Panasonic PACi og ECOi utendørsenheter.</i>	2,00	113 051,00		226 102,00
30150	VP-RTC5B ECOi Smart, kontrollboks med avansert fjernkontroll <i>Elektronisk kontroll og styringsenhet med integrert 3,5" display.</i> <i>Optimal ytelse og samspill mellom systemtank og ECOi utendørsenhet fra Panasonic.</i>	6,00	13 268,00		79 608,00
80262	Magnetventil kit med 4 utganger for MF3	3,00	59 444,00		178 332,00
80263	Thermovenntil kit til MF3, 55 kW	3,00	7 705,00		23 115,00
80251	Tube 5/8 Ass'y (incl Strainer & MOV)	6,00	2 490,00		14 940,00
80261	Magnetic coil (MOV)	6,00	950,00		5 700,00
80130	PAW-RC2-MBS-4, MODBUS INTERFACE	1,00	5 780,00		5 780,00
60520	Panasonic Utedel, U-16MF3E8, ECOi, 3 Pipe, 3-fase, R410A <i>Inverterstyrt kompressor, R410A pre-load: 8.30 kg</i> <i>Max varmekapasitet 50 kW, Max Kjølekapasitet 40 kW</i>	3,00	219 712,00		659 136,00
60522	Resirkuleringsavgift U-16MF3E8	3,00	49,53		148,59
80230	Gulv- og markstativ for U-18ME / U-20ME	3,00	8 136,00		24 408,00
80231	Kondenspanne m/varmekabel for U-18ME / U-20ME	3,00	6 300,00		18 900,00
90911	Spesialtilpasset container med kald og varm sone NB! Kuldemedie R290 (Propan) * ventilasjonsrister i kald sone	1,00	1 770 000,00		1 770 000,00

Polar Energi AS
Postboks 117
9450 Hamnvik, Norway
Tel: +47 770 29 222
post@polarenergi.com
www.polarenergi.com
911 685 655 MVA



Tilbud 1245

Side 2

Tilbudsdato
Bet. betingelser Net 14 days
Gyldig t.o.m.

Produktnr.	Produktbeskrivelse	Antall	Enhetspris	Rabatt	Sum
------------	--------------------	--------	------------	--------	-----

- * avkastrister i tak kald sone
- * Kald sone fullstendig støyisolert i gulv, vegger og tak
- * Varm sone fullstendig isolert i gulv, vegger og tak
- * Alt av kjøleteknisk, rørteknisk og elektrisk arbeid ferdig bygget og klar for igangkjøring
- * Gassalarm ferdig montert i container

Tilbudet inkluderer ikke kran og/eller løftarbeid

Tilbudet inkluderer ikke fundament og evt byggverk for plassering av container.

Transport tilkommer (fritt levert Frogner i Akershus)

Mva. %	Mva-grunnlag	Mva.
25,00 %	3 475 999,59	868 999,90

<i>Netto</i>	<i>Rabatt</i>	<i>Mva.</i>	<i>Sum inkl. mva.</i>
3 475 999,59	0,00	868 999,90	4 345 000,00

Vedlegg - E.1 Effektytelser Varmepumpe fra Polar Energi

Performance Characteristic Tables

3.9 Heating capacity table 2xVP380/440L

Operation type: Heating capacity
 Outdoor unit type: U-18ME2E8
 Tank type: VP380/440L

Ambient temperature	Δt 10K	Heating capacity	Power Input	COP
	Water Outlet	[kW]	[kW]	[kW/kW]
+18°C	35°C	62.40	8.84	7.06
	45°C	53.40	7.80	6.85
	55°C	49.10	7.27	6.75
+15°C	35°C	62.40	9.96	6.27
	45°C	53.50	8.70	6.15
	55°C	49.10	8.09	6.07
+10°C	35°C	62.40	12.80	4.88
	45°C	53.50	12.02	4.45
	55°C	49.10	12.86	3.82
+7°C	35°C	62.40	15.40	4.05
	45°C	53.50	14.14	3.78
	55°C	49.10	13.76	3.56
+5°C	35°C	62.40	16.08	3.88
	45°C	53.50	14.70	3.63
	55°C	49.10	14.26	3.44
+2°C	35°C	59.60	16.83	3.54
	45°C	52.90	16.15	3.20
	55°C	49.10	15.81	3.10
0°C	35°C	56.20	16.54	3.40
	45°C	49.80	15.90	3.13
	55°C	46.40	15.71	2.95
-5°C	35°C	48.50	15.43	3.14
	45°C	43.00	15.01	2.86
	55°C	40.10	14.91	2.68
-10°C	35°C	41.70	14.36	2.90
	45°C	36.90	14.08	2.62
	55°C	34.40	14.07	2.44
-15°C	35°C	35.80	13.50	2.65
	45°C	31.60	13.35	2.36
	55°C			
-20°C	35°C	30.90	12.93	2.39
	45°C			
	55°C			
-25°C	35°C	26.40	12.53	2.11
	45°C			
	55°C			

