

Fakultet for ingeniørvitenskap og teknologi

Energieffektive glasskonstruksjoner

Energy-efficient glass constructions

—

Marina Sokolova

Masteroppgave i Integreert bygningsteknologi Mai 2017

<i>Tittel:</i> Energieffektive glasskonstruksjoner Energy-efficient glass constructions		<i>Dato:</i> 14.05.2017
		<i>Gradering:</i> Fortrolig
<i>Forfatter:</i> Marina Sokolova		<i>Antall sider:</i> 47
		<i>Vedlegg:</i> 56
<i>Fakultet:</i> Ingeniørvitenskap og teknologi	<i>Institutt:</i> Bygg, energi og materialteknologi - Master Integrrert bygningsteknologi	
<i>Veileder:</i> Per-Arne Sundsbø		
<i>Oppdragsgiver:</i> Rubicon AS	<i>Oppdragsgiver kontaktperson:</i> Ali El Hajj	
<i>Sammendrag:</i> Rapporten tar for seg vurdering av hvor stort varmetapet gjennom vinduene kan bli ved ulike vindustyper, og hvordan forskjellige vindusløsninger påvirker boligens energibehov. Det teoretiske grunnlaget tar for seg former for varmetransport, energioverføring gjennom glasset og glassruter, samt måter å forbedre varmeisolasjonsevnen på.		
<i>Abstract:</i> This report contains research of how different types of window can affect heat loss through the windows and how different window solutions affect the energy requirements of the house. The theoretical part includes forms of heat transport, energy transfer through the glass and glazing, as well as ways to improve thermal insulation.		

MASTEROPPGAVE

for

Marina Sokolova

(Studentnummer 530782)

Vår 2017

Energieffektive glasskonstruksjoner

(Energy-efficient glass constructions)

Bakgrunn

I Norge går ca. 40 % av energiforbruket til drift av bygninger, derfor er energieffektivisering i bygg et viktig bidrag til at landet kan utvikle et bærekraftig energisystem.

Når det gjelder private boliger, brukes 50-60 % av energien til oppvarming. Samtidig glasskonstruksjoner, altså glassfasader, vinduer, glassdører og glasstak, står ofte for over 40 % av varmetapet i boligene. Satsingen på innovasjon og nye løsninger for å minke varmetapet er en naturlig vei å gå.

Opgaven går ut på å analysere ulike løsninger for å øke energieffektivisering av glasskonstruksjoner i boligene.

Arbeidet skal omfatte (men nødvendigvis ikke begrenses til):

1. Innledende arbeid/litteraturstudium med avgrensninger og definisjoner.
2. Energisimulering av bygning med forskjellige typer glasskonstruksjoner (case study).
3. Med bakgrunn i simuleringer, analysere ulike løsninger for å øke energieffektivisering av glasskonstruksjoner.
4. Konklusjon og anbefalinger på basis av resultatet.

Samarbeidspartner

Opgaven gjennomføres i samarbeid med fasadeentreprenør Rubicon AS.

Generelt

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

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

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

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

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

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

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

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

Utleveringsdato:	09.01.2015
Innleveringsdato:	15.05.2017
Kontaktperson bedrift:	Rubicon AS Ali El Hajj Telefon: 982 93 012 E-post: ali@rubiconas.no
Veileder UiT - IVT:	Tittel og navn Per-Arne Sundsbø, professor Telefon: 76966257 E-post: per-arne.sundsbo@uit.no

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

Faglig ansvarlig/veileder

Forord

Masteroppgaven ble fullført våren 2017 ved Universitetet i Tromsø, Campus Narvik (UiT), fakultet for ingeniørvitenskap og teknologi.

Forutsetningen for valg av tema for masteroppgaven var min store interesse til glasskonstruksjoner. Oppgavens tema er utarbeidet av Rubicon AS, som er min nåværende arbeidsgiver, og meg selv slik at den skal være både spennende for meg å jobbe med, og ikke minst aktuell å undersøke for Rubicon. Som et resultat av dette ble temaet «Energieffektive glasskonstruksjoner». Hensikten med oppgaven er å vurdere i hvor stor grad ulike vindusløsninger påvirker boligens energibalanse.

Det rettes en stor takk til min veileder Ali El Hajj, prosjekteringsingeniør ved Rubicon AS, for faglig veiledning og bidrag med innspill gjennom hele arbeidet med oppgaven.

Vil også gjerne takke min samboer Timurhan Pipilos som har vært min største støtte under denne krevende, men lærerike prosessen.

Orstad, 14. mai 2017

Marina Sokolova

Innholdsfortegnelse

Forord.....	i
Figurliste.....	iii
Tabelloversikt.....	iv
Definisjonsliste.....	v
Sammendrag.....	vi
Abstract.....	vii
1 Innledning	1
1.1 Bakgrunn og motivasjon.....	1
1.2 Mål.....	1
1.3 Struktur.....	1
1.4 Begrensninger.....	2
2 Bakgrunnsteori.....	3
2.1 Klimaet i Norge.....	3
2.1.1 Klimaet i Stavanger	4
2.1.2 Klimaet i Hammerfest	4
2.2 Former for varmetransport.....	5
2.2.1 Varmeledning	5
2.2.2 Konveksjon	5
2.2.3 Stråling	6
2.2.4 Solstråling	7
2.3 Glass som byggemateriale.....	8
2.4 Energioverføring gjennom glasset	8
2.4.1 Transmisjon, refleksjon og absorpsjon i glass	8
2.5 Isolerruter.....	10
2.5.1 Typer av isolerruter	10
2.5.2 Lys- og varmetekniske egenskaper	11
2.5.3 Prinsipper for forbedring av varmeisolasjonsevnen	13
2.6 Aluminiumsvinduer.....	15
2.6.1 Aluminium	15
2.6.2 Ramme- og karmprofiler av aluminium	15

2.6.3	U-verdi for hele vinduet.....	17
3	Metode og modell.....	19
3.1	Modell av referansebolig.....	19
3.2	Anvendt metode.....	20
3.2.1	Valg av vindustyper.....	20
3.2.2	Beregningsteknikk.....	21
4	Resultater.....	23
5	Diskusjon.....	26
5.1	Vindusløsninger.....	26
5.2	Energisimuleringer.....	26
6	Konklusjon.....	28
7	Videre arbeid.....	29
	Litteraturliste.....	30
	Vedlegg A – Vindusskjema.....	
	Vedlegg B – Resultater fra beregninger i Pilkington Spectrum.....	
	Vedlegg C - Resultater fra beregninger i SchueCal 2016 R2.....	
	Vedlegg D – Resultater fra simuleringer i Simien.....	

Figurliste

Figur 1 - Klimasoner i Norge (Størkersen, 2016).....	3
Figur 2 - Lokalisering av Hammerfest og Stavanger på Norgeskart (basert på Statens kartverk, 2014).....	4
Figur 3 - Vinter i Hammerfest (Bertelsen, 2015).....	4
Figur 4 - Varmestrøm gjennom materialet (Bohne, 2011).....	5
Figur 5 - Det elektromagnetiske spektrum (Ingrid Vee, 2012).....	6
Figur 6 - Typer solstråling.....	7
Figur 7 - Den spektrale energifordelingen (Boriskina, 2012).....	7
Figur 8 - Produksjon av floatglass (Pilkington Floatglas AB, 2014).....	8
Figur 9 - Transmisjon som funksjon av bølgelengde for ulike typer glass (basert på Boriskina, 2012).....	9
Figur 10 - Skjematisk fremstilling av solstrålingstransmisjonen gjennom glassrute (basert på NTNU-SINTEF, 2014).....	9
Figur 11 - Oppbygning av tolagsrute (Bugten, 2015).....	10

Figur 12 - Oppbygning av trelagsrute med enkel forsegling med elastisk fugemasse (Bugden, 2015).....	10
Figur 13 - Oppbygning av trelagsrute med dobbel forsegling med elastisk og plastisk fugemasse (Bugden, 2015)	10
Figur 14 - Oppbygning av trelagsrute med dobbel forsegling med elastisk fugemasse og diffusjonssperre (Bugden, 2015)	10
Figur 15 - Fremstilling av former for varmetransport gjennom glassrute (basert på Guardian glass, 2017).....	13
Figur 16 - Eksempel på flersjikts vakuumbelagt lavemisjonsglass (basert på Hugdal, 1992)	14
Figur 17 - Snitt av aluminiumsvindu (Bugten, 2013)	15
Figur 18 - Oppbygning av aluminiumsvinduer (Bugten, 2013)	15
Figur 19 - Fremstilling av varmeisolering av aluminiumsprofil (Bugten, 2013)	16
Figur 20 - Tetning mellom ramme og glass (Bugten, 2013)	16
Figur 21 - Tetning mellom karm og ramme (Bugten, 2013).....	16
Figur 22 - Nord-vest fasade (ProgramByggerne, 2016)	19
Figur 23 - Nord-øst fasade (ProgramByggerne, 2016)	19
Figur 24 - Sør-øst fasade (ProgramByggerne, 2016)	19
Figur 25 - Sør-vest fasade (ProgramByggerne, 2016).....	19
Figur 26 - Fremstilling av glassoverflater (nummerering) (Guardian Glass, 2017)	21
Figur 27 - Aluminiumsprofiler: 1 - AWS 50; 2 - AWS 90. SI +; 3 - AWS 120 CC. SI (Schuco, 2017)	21
Figur 28 - Fremgangsmåte til casestudien	22
Figur 29 - Diagram over beregnede U-verdier for midtarealet av ruten og for hele vinduet	24

Tabelloversikt

Tabell 1 - Utvikling i krav til U-verdi for vinduer i boliger (Norgesvinduet, 2017)	18
Tabell 2 - Beregningsforutsetninger for referanseboligen	19
Tabell 3 - Vindustyper for simuleringene	20
Tabell 4 - Beregnede nøkkelverdier for valgte rutekombinasjoner.....	23
Tabell 5 - Vinduets U-verdier	24
Tabell 6 - Beregnet varmetapstall og energibehov for referanseboligen	25

Definisjonsliste

Varmegjennomgangskoeffisient, U-verdi ($W/(m^2K)$), angir en bygningsdels varmeisolerende evne, eller med andre ord, hvor stor varmemengde (W) som strømmer gjennom en kvadratmeter av konstruksjonens overflate ved en temperaturforskjell på en grad Celsius (eller en grad Kelvin).

Solfaktor angir hvor stor andel av solvarme som passerer gjennom glasset.

Dagslysfaktor er et forhold mellom horisontal belysningsstyrke innendørs og horisontal belysningsstyrke utendørs.

Lystransmisjon angir hvor stor andel av solstrålingen i den synlige delen av spektralfordelingen som slipper gjennom glasset.

Lysrefleksjon angir hvor stor andel av solstrålingen i den synlige delen av spektralfordelingen som sendes ut igjen fra overflaten i stedet for å bli absorbert.

Energibehov er det beregnede eller antatt energimengde for å drive en bygning.

Varmeabsorpsjon angir hvor stor andel av solvarme som fester seg i glasset.

Emisjonsfaktor viser materialets evne til å absorbere varme.

Varmestråling er varmeoverføring via infrarød stråling til eller fra et system.

Ledning er varmeoverføring mellom atomer og molekyler som skyldes temperaturforskjell.

Konveksjon er varmeoverføring fra et sted til et annet ved hjelp av veske eller gass.

Diffusjonssperre et tynt lag av materialet som brukes for å hindre diffusjon.

Katodeforstøvning er langsom avvirkning av katodematerialet med lavt gasstrykk. Avvirkningen skyldes støt fra positive ioner som treffer katoden med stor hastighet og derved slår løs atomer fra overflaten.

Kuldebro er et felt i en bygningskonstruksjon der isolasjonen er betydelig dårligere enn i konstruksjonen generelt. Det kan være for eksempel gjennomgående metallprofiler i en vinduskarm.

Sammendrag

Vinduene i en vanlig bolig utgjør kun 5-10% av boligens ytterflate, mens varmetapet gjennom vinduene er omtrent like stort som gjennom gulv, vegger og tak til sammen. Samtidig brukes ca. 50-60 % av energien til romoppvarming. Derfor er tendensen å redusere varmetapet gjennom vinduene en veldig viktig del av boligens energieffektivisering.

I denne rapporten er det fokusert på aluminiumsvinduer og vinduenes egenskaper som har betydning for boligens energibehov og inneklima. Hensikten med oppgaven var å vurdere hvor stort varmetapet gjennom vinduene kan bli ved ulike vindustyper, og hvordan forskjellige vindusløsninger påvirker boligens energibehov. Lys- og varmetekniske egenskapene til 12 ulike vindustyper har blitt vurdert på grunnlag av beregnede U-verdier og andre nøkkelderier. For beregningene ble det benyttet programvarene Pilkington Spectrum og SchueCal 2016 R2. Det ble også utført energisimuleringer for referansebolig i ulike scenarier for å se om energibehovet blir redusert ved å bruke vinduer med forbedret varmeisolasjonsevner. For simuleringene ble det brukt klimadata av en sørlig norsk by (Stavanger) og en nordlig norsk by (Hammerfest) for å se hvordan resultatene varierer under ulike klimatiske forhold. Basert på resultatene ble det gitt anbefalinger om optimale vindusløsninger.

Resultatene fra energisimuleringene har vist seg at det å bytte vinduer med vanlig karm/rammeprofil og trelagsrute til vinduer med forbedret karm/rammeprofil og trelagsrute med lavemisjonsbelegg og argonfylling, reduserer årlig energibehov med 13,3 % for Stavanger og 16,7 % for Hammerfest. Når det gjelder energibehovet for romoppvarming, så reduseres dette med 11,5 % for Stavanger og 13,6 % for Hammerfest. Varmetapet gjennom vinduene reduseres med 19,6% i dette tilfellet. Resultatene viser at vinduer med forbedret karm/rammeprofil og trelagsrute med LE-belegg og argonfylling er en optimal løsning for både Stavanger- og Hammerfest sine klimatiske forhold.

Det kan konkluderes med at utskifting av gamle vinduer til vinduer med forbedret varmeisolasjonsevne reduserer energibehovet betydelig. Bedre isolerte vinduer gir mindre kaldras og eliminerer trekk, noe som sikrer en jevnere og mer behagelig innetemperatur. I tillegg til at en bedre isolasjonsverdi gjør det mulig å bruke større vindusflater, og dermed få mer dagslys inn i boligen.

Abstract

The windows in a typical house only comprise 5-10% of the enclosures of the building, while the heat loss through the windows is approximately as large as through floors, walls and ceiling. At the same time approximately 50-60% of the energy is used for room heating. Therefore, the tendency to reduce heat loss through the windows is a very important part of the energy optimization of the house.

This report focuses on aluminum windows and windows properties that affect the energy requirements and indoor climate. The purpose of the report was to assess how much heat loss occurs through different types of windows and how different window solutions affect the energy requirements of the house. Properties of 12 different window types have been evaluated on the basis of calculation of U-values and other key values. Two software programs, Pilkington Spectrum and SchueCal 2016 R2, were used for calculations. Energy simulations were also performed for reference housing in different scenarios to see if energy requirements are reduced by using windows with improved thermal insulation properties. Climate data from a southern norwegian city (Stavanger) and a northern norwegian city (Hammerfest) was used for the simulations in order to see how the results vary under different climatic conditions. Recommendations for optimal window solutions were made on the basis of the results.

The results of the energy simulations have shown that changing windows with standard frame profiles and double-glazing to windows with improved frame profiles and triple-glazing with low-emission coating and argon filling reduces annual energy requirements by 13,3 % for Stavanger and 16,7 % for Hammerfest. Regarding the energy requirement for heating, this reduces by 11,5% for Stavanger and 13,6% for Hammerfest. The heat loss through the windows is reduced by 19,6% in this case. The results show that windows with improved frame profiles and triple-glazing with low-emission coating and argon filling are an optimal solution for both climatic conditions of Stavanger and Hammerfest.

It can be concluded that replacement of old windows for windows with improved thermal insulation significantly reduces energy requirements. Better insulated windows provide less cold and eliminate drafts, ensuring a smoother and more comfortable indoor temperature. In addition to a better insulation value, it makes it possible to use larger windows, thus bringing more daylight into the house.

1 Innledning

1.1 Bakgrunn og motivasjon

I Norge går ca. 40 % av energiforbruket til drift av bygninger. Derfor er energieffektivisering i bygg et viktig bidrag til at landet kan utvikle et bærekraftig energisystem.

Når det gjelder private boliger, brukes mellom 50-60 % av energien til oppvarming. I tillegg står glasskonstruksjoner, altså glassfasader, vinduer, glassdører og glasstak ofte for over 40 % av varmetapet i boligene. Sammenlignet med vanlige veggkonstruksjoner, kan varmetapet gjennom et vanlig dobbeltvindu bli 7 ganger større enn varmetap gjennom en tilsvarende veggflate. Satsingen på innovasjon, og nye løsninger for å minke varmetapet gjennom glasskonstruksjoner er en naturlig vei å gå.

1.2 Mål

Hovedmålet med oppgaven er å vurdere i hvor stor grad en forbedret vindusløsning kan påvirke boligens energibalanse. Resultatene fra oppgaven vil forhåpentligvis kunne bidra til at forbedring av vinduer blir et enklere valg, og boligene blir mer energieffektive og får bedre inn klima.

Opgaven skal omfatte:

- valg av vindusløsninger
- beregning av nøkkelverdier for å sammenligne lys- og de varmetekniske egenskapene til de valgte vindustypene
- simulering av energibehovet for referansebolig i ulike scenarier for å se hvordan energiforbruket blir påvirket ved å bruke vinduer med forbedret varmeisolasjonsevne, og hvordan resultatene endrer seg under ulike klimatiske forhold.

1.3 Struktur

Rapporten er delt opp i to hoveddeler, en litteraturstudie, som er presentert i kapittel 2, og en casestudie, som er presentert i kapittel 3-4.

Litteraturstudiet starter i delkapittel 2.1, med en oversikt over klimaet i Norge, med en beskrivelse av klimaet i Stavanger og klimaet i Hammerfest. Delkapittel 2.2 handler om former for varmetransport: varmeledning, konveksjon og stråling. Det er også her sett på solstråling. Delkapitler 2.3 og 2.4 tar for seg glass, både generell informasjon om glass som byggemateriale og hvordan energioverføring skjer gjennom glasset. Delkapittel 2.5 presenterer isolerruter. Her er det vist ulike typer av isolerruter, samt beskrevet lys- og varmetekniske egenskaper og prinsipper for forbedring av rutenes varmeisolasjonsevne. Delkapittel 2.6 handler om ombygging og varmetekniske egenskaper til aluminiumsvinduene. Her er det også opplyst beregningsmetodikker for beregning av U-verdi for hele vinduet.

Delkapittel 3.1 tar for seg beskrivelse av referanseboligens modell for casestudien. I delkapittel 3.2 er det presentert valgte til casen vindusløsninger, samt redegjort for benyttet beregningsteknikken.

I kapittel 4 vil resultatene fra beregningene og simuleringene bli presentert for å se hvordan energibehovet for en standard bolig påvirkes av forandringene i ulike vindusløsninger og klimatiske forhold.

Kapittel 5 og kapittel 6 gir en diskusjon og konklusjon på de resultatene som ble funnet. Til slutt i oppgaven kommer anbefalinger og videre arbeid.

1.4 Begrensninger

Rapporten er avgrenset til å vurdere i hvor stor grad vindusløsninger påvirker boligens energibalanse. Påvirkning av andre typer glasskonstruksjoner, som er glasstak, glassfasader, vinterhager med mer, er ikke tatt med i denne oppgaven. Selv om dette var opprinnelig planlagt å ha med. Årsaken til dette er tidsbegrensningen.

I oppgaven er det fokusert på aluminiumsvinduer, siden denne typen vinduer er mest aktuelt for Rubicon AS, som prosjektet ble utført i samarbeid med.

Når det gjelder energisimuleringene, så det ble valgt fire hovedscenarier som modellen simuleres etter. Dette er ulike vindustype og ulike klimatiske forhold.

Grunnet tidsbegrensninger vil det ikke bli gjort en økonomisk analyse for å se om det lønner seg med forbedret vindusløsning.

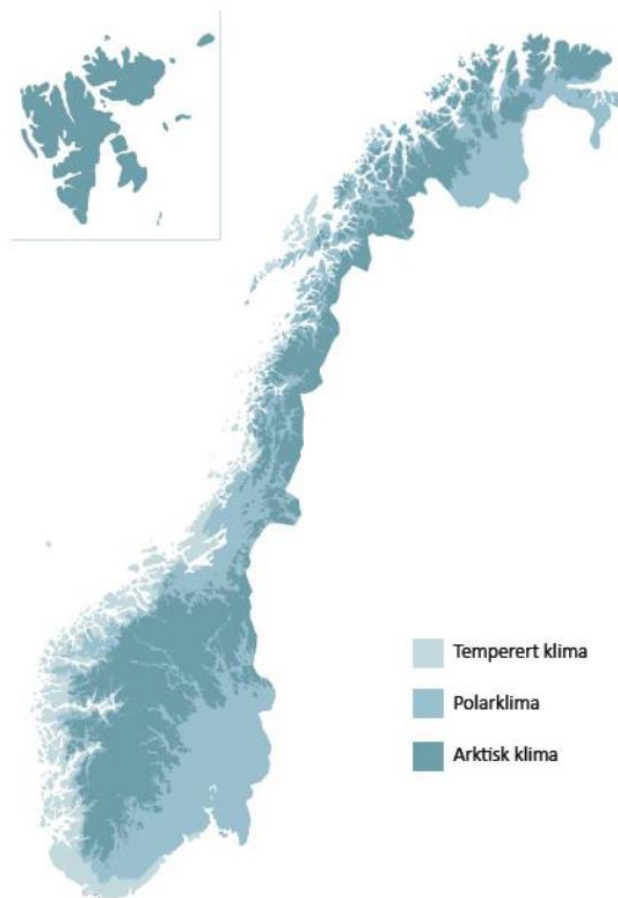
2 Bakgrunnsteori

2.1 Klimaet i Norge

Klimaet i Norge er mye varmere enn det man kunne forventet seg, på grunn av den geografiske plasseringen av landet. Dette er stort sett på grunn av varmen som kommer fra Golfstrømmen, som også påvirker klimaet. Dermed kan kystklimaet i Norge variere drastisk i forhold til det klimaet man finner innlands. Kystregionene har et klima som er relativt mildt på vinteren og litt kjøligere på sommeren. Innlandsområdet har på sin side et kontinentalt klima med kalde vintre og varme somre. Norge har et klima som lett svinger fra år til år, særlig i de nordligste delene.

Ifølge Koppens klimaklassifisering deles Norges klima inn i tre grupper (Lisø & Kvande, 2007):

- temperert kystklima;
- polarklima på innlandet;
- arktisk klima på Svalbard og høyfjellet.



Figur 1 - Klimasoner i Norge (Størkersen, 2016)

2.1.1 Klimaet i Stavanger

Stavanger har et varmt og temperert klima med en betydelig andel nedbør året rundt. Den gjennomsnittlige temperaturen i Stavanger er 7,2 °C. Den varmeste måneden i Stavanger er august med 14,4 °C i gjennomsnitt. Temperaturen i den kaldeste måneden (februar) er rundt 0,6 °C (Climate-Data, 2017).

2.1.2 Klimaet i Hammerfest

Hammerfest ligger på 70,7 grader nord over polarsirkelen, og er verdens nordligste by (Hagen, 2009). Byen har et kaldt og arktisk klima med store nedbørsmengder. Den gjennomsnittlige årlige temperaturen er -1,3 °C. Temperaturen i den varmeste måneden (juli) er ca. 11,6 °C, og den kaldeste (januar) er -12,6 °C (Climate-Data, 2017). Mørketiden i Hammerfest varer fra 22.november til 20. januar (NordNorsk Reiseliv AS, 2017).



Figur 2 - Lokalisering av Hammerfest og Stavanger på Norgeskart (basert på Statens kartverk, 2014)



Figur 3 - Vinter i Hammerfest (Bertelsen, 2015)

2.2 Former for varmetransport

2.2.1 Varmedledning

Varmedledning skjer ved overføring av varme ved direkte kontakt av legemer med forskjellige temperaturer. Energien overføres fra en partikkel til en annen som et resultat av partiklenes bevegelser og direkte kollisjon av molekylene. Faste stoffer har en ordnet molekylstruktur, noe som gjør at hovedformen for varmetransport skjer via varmedledning. I gasser og væsker vil varmetransporten i tillegg skje ved konveksjon og stråling. Dette er på grunn av partiklenes raske og kaotiske bevegelser.

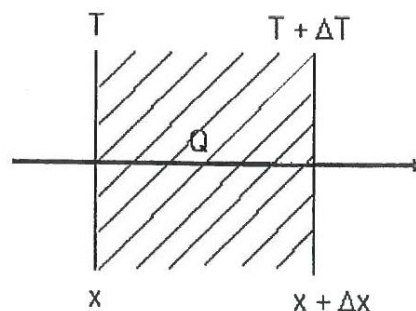
Varmedledning kan beskrives med Fouriers lov:

$$q_x = -\lambda \frac{\partial T}{\partial x} [W/m^2], \quad (1)$$

hvor q_x er varmestrømtettheten [W/m^2], som vil si varmestrøm per flateenhet i en gitt retning (x-retning).

λ er varmekonduktivitet. Denne angir hvor fort varmeoverføringen vil skje i et materiale.

$\frac{\partial T}{\partial x}$ er temperaturgradient, som angir endring av temperatur i x-retning.



Figur 4 - Varmestrøm gjennom materialet (Bohne, 2011)

2.2.2 Konveksjon

Varmetransport mellom legemets overflate og et omkringliggende medium skjer ved varmedledning og konveksjon samtidig. Væsker og gasser i bevegelse kalles fluid.

Konveksjon klassifiseres som fri og tvungen. Fri konveksjon er overføring av væske- eller gasspartiklene grunnet forskjell av partiklenes tetthet. Hastigheten til den frie konveksjonen avhenger av de fysiske egenskapene til fluidet, temperaturforskjellen mellom partiklene, og volum, hvor prosessen foregår.

Tvungen konveksjon oppstår ved innvirkning av ytre krefter som for eksempel en pumpe, vifte eller lignende. Den bestemmes av de fysiske egenskapene til mediet, dens bevegelseshastighet, form og dimensjoner av strømningskanalen i bevegelse (Bohne, 2011). Varmeoverføringen ved tvungen konveksjon er mer intensiv enn ved fri konveksjon.

Varmeoverføring mellom et fast stoffs overflate og et fluid kan beskrives med følgende formel:

$$q_c = h \times (T_s - T_\infty) [W/m^2], \quad (2)$$

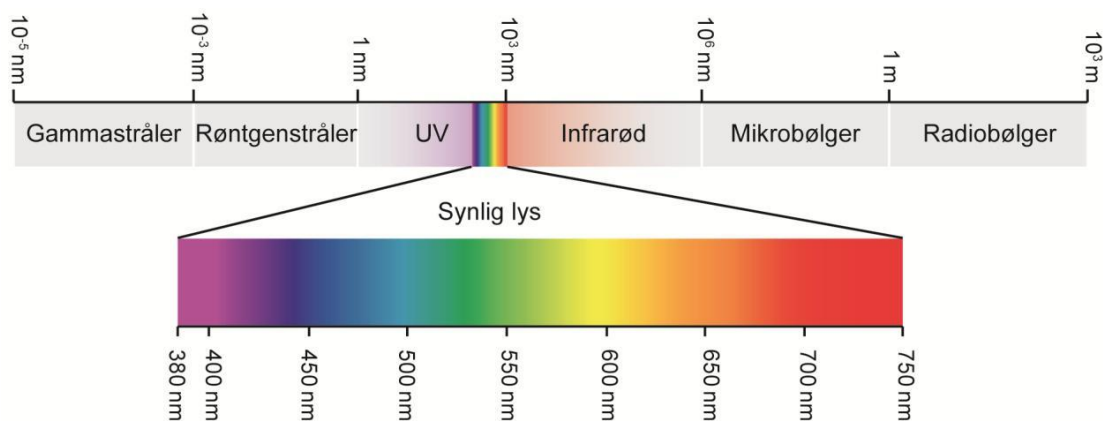
der T_s er overflatetemperaturen.

T_∞ er temperaturen i fluidet.

h er konvektiv varmeovergangskoeffisient. Denne avhenger av overflate geometri, strømningsform og fluidegenskaper (Bohne, 2011).

2.2.3 Stråling

Alle gjenstander med temperatur høyere enn det absolutte nullpunkt ($0\text{ }^\circ\text{C}$), sender ut noe elektromagnetisk stråling. Strålingsenergi, som oppstår under denne prosessen, og bølgelengden av de utsendte bølgene er avhengig av gjenstandens temperatur. Luften som strålingen går gjennom vil nesten ikke oppvarmes.



Figur 5 - Det elektromagnetiske spektrum (Ingrid Vee, 2012)

Det skiller mellom to typer stråling, langbølget og kortbølget stråling (solstråling).

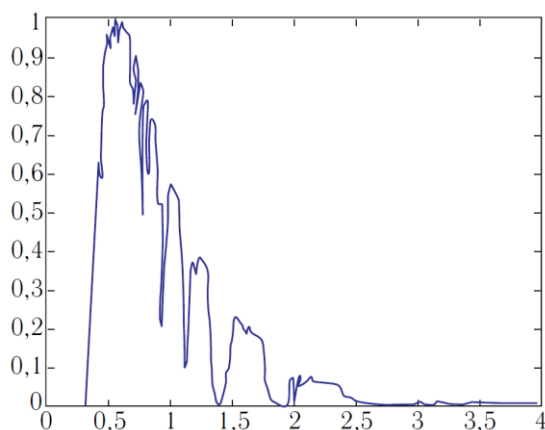
Grensene mellom nærstående typer elektromagnetisk stråling er ganske uklare. Kortbølget infrarød stråling fra solen, som ble oppdaget i 1800 av den engelske astronomen William Herschel, ligner veldig på synlig lys og kan til og med bli registrert med samme verktøy (Inge Bakke, 2017).

2.2.4 Solstråling

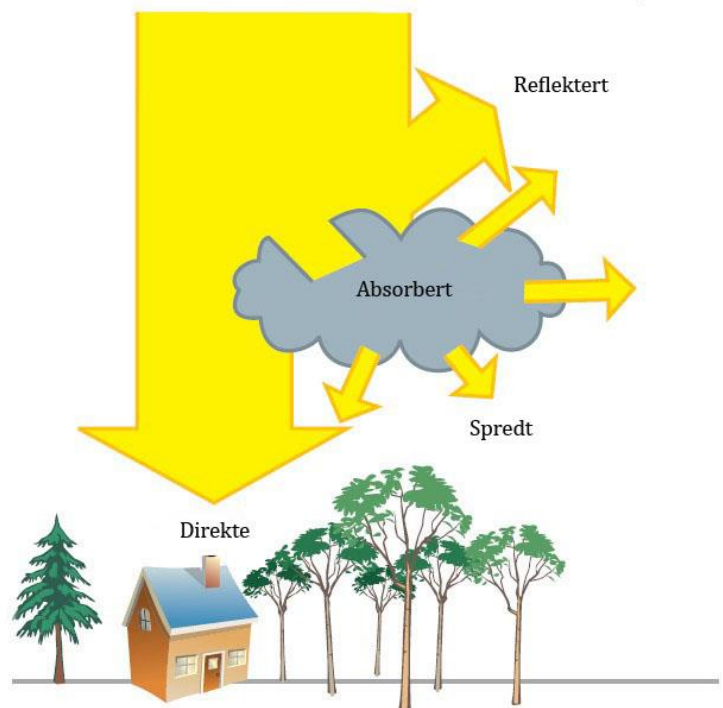
Solen er en stjerne med diameter på $1,39 \times 10^6$ km, som har en avstand til Jorden på ca. 150×10^6 km. Solens energiproduksjon ($3,86 \times 10^{23}$ kWt) skyldes termonukleær prosess, der flere små kjerner slås sammen til en større. (Unni Fuskeland, 2007). Ifølge teoretisk fysikk er solen et svart legeme med overflatetemperatur på 5800 K. Den spektrale energifordelingen av solen bør da beskrives med en jevn kurve, hvor maksimal bølgelengde λ_{max} er omvendt proporsjonal med absolutt temperatur T (Wiens lov)

$$\lambda_{max} = \frac{2897}{T} \quad (3)$$

I virkeligheten har kurven ujevn form med mangfold av store avvik, som skyldes absorpsjon av solstrålingen i atmosfæren (figur 7). Det er særlig treatomige gasser (H_2O , CO_2 og O_3) og støvpartikler som absorberer og sprer solstråling (SINTEF, 2014).



Figur 6 - Den spektrale energifordelingen (Boriskina, 2012)



Figur 5 - Typer solstråling

En flate kan motta solstråling i form av:

- direkte stråling fra sola;
- diffus stråling fra himmelen;
- reflektert stråling fra bakken, fra andre gjenstander osv.

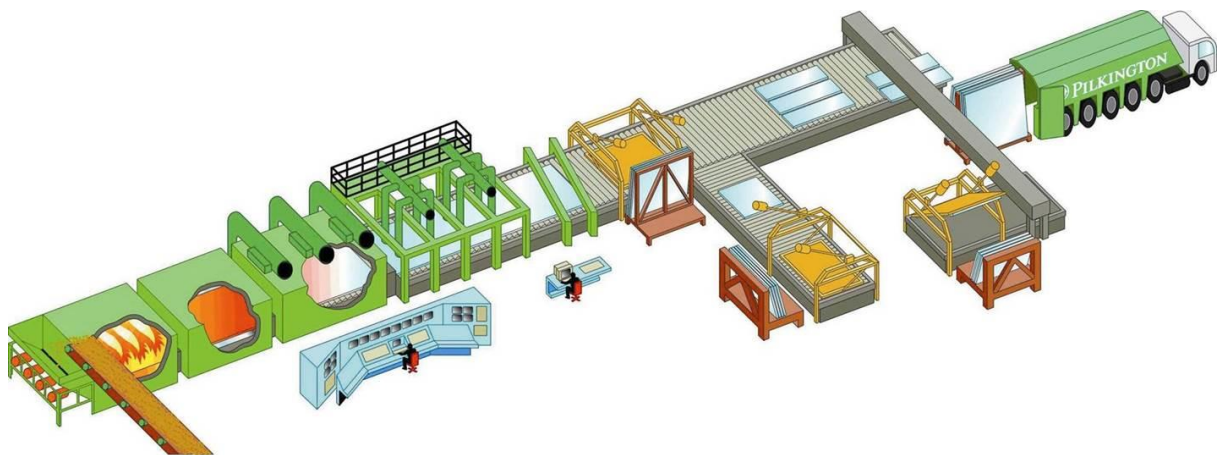
Solstrålingen avhenger også av solhøyden. Utenfor atmosfæren er strålingsintensiteten på en flate som er vendt mot sola, ca. 1353 W/m^2 over året. På jordoverflaten er den 1000 W/m^2 . Når det gjelder vertikale overflater er den direkte strålingen størst ved solhøyder rundt 30° (NTNU-SINTEF, 2014).

2.3 Glass som byggemateriale

Glass er et uorganisk smelteprodukt, som blir et fast materiale ved avkjøling til romtemperatur (Rolf Andre Bohne, 2011). Klart glass, som også kalles for floatglass, har like gode optiske egenskaper uansett hvilken vei man snur det.

Vanlig klart glass produseres av sand (kiselsyre SiO_2), soda (natriumoksyd Na_2O) og kalk (kalsiumoksid CaO), med tilsetninger av magnesium, aluminium og jern, samt et herdemiddel for å homogenisere glassmassen (Pilkington Floatglas AB, 2014).

Råmaterialene blandes godt før de smeltes i smelteovn ved omtrent 1550°C . Etter at glassmassen har nådd en temperatur på ca. 1100°C , renner den ned på et bad med flytende tinn, og danner et kontinuerlig glassbånd. Glasset føres så videre over på en lang rekke med ruller, hvor det avkjøles sakte fra 600°C til romtemperatur. Siste trinn i prosessen er oppskjæring av glasset i passende formater (Pilkington Floatglas AB, 2014).



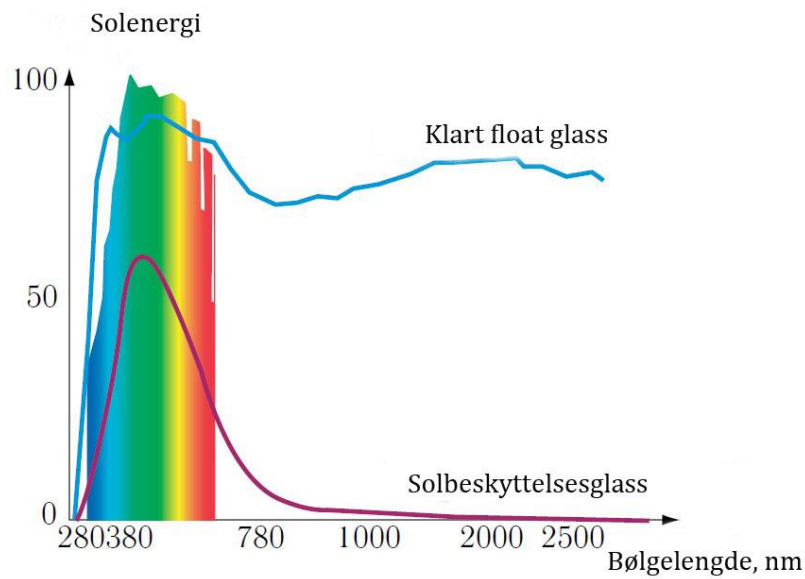
Figur 8 - Produksjon av floatglass (Pilkington Floatglas AB, 2014)

2.4 Energooverføring gjennom glasset

Det som gjør glass til et unikt byggemateriale er at det har en helt uordnet molekylstruktur, noe som gjør at lys og solenergi kan passere gjennom.

2.4.1 Transmisjon, refleksjon og absorpsjon i glass

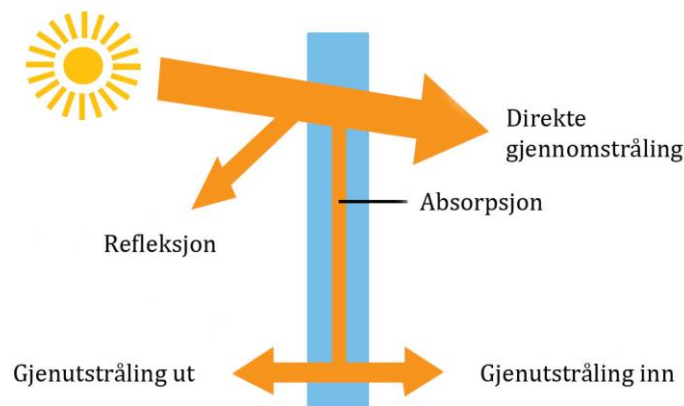
Glasskonstruksjoner i bygninger er utsatt for solstråling utvendig og varmestråling fra oppvarmede overflater innvendig. Vanlig klart glass slipper gjennom synlig lys og kortbølget infrarød solstråling, mens det er helt ugjennomtrengelig for langbølget UV varmestråling.



Figur 9 - Transmisjon som funksjon av bølgelengde for ulike typer glass (basert på Boriskina, 2012)

Figur 9 viser transmisjonen ved ulike frekvenser for ulike typer glass ved normalt innfallende stråling. Termisk stråling under 280 og over 4000 nm kan ikke passere gjennom glass. Solbeskyttelsesglass reduserer betydelig transmisjonen i ulike deler av det mellomliggende spekteret.

Når solstråling faller inn mot et vindu, vil noe energi reflekteres utover, noe vil absorberes i glassene, og noe vil transmitteres.



Figur 10 - Skjematisk fremstilling av solstrålingstransmisjonen gjennom glassrute (basert på NTNU-SINTEF, 2014)

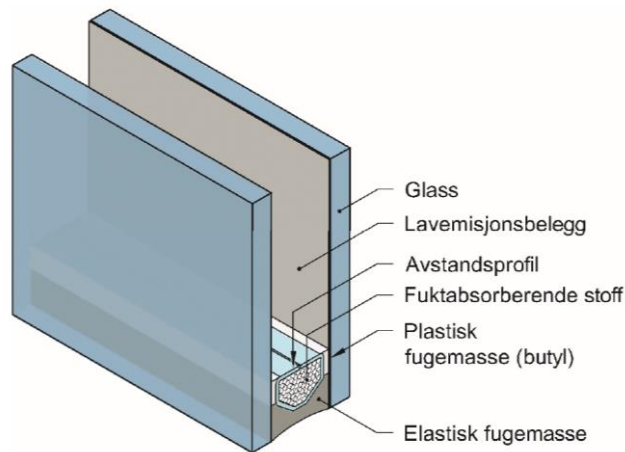
Den strålingsenergien som absorberes, gir en temperaturøkning i glassene, noe som fører til økt varmeavgivelse ved konveksjon og langbølget stråling. Denne sekundære varmeavgivelsen skjer både mot utsiden og innsiden.

2.5 Isolerruter

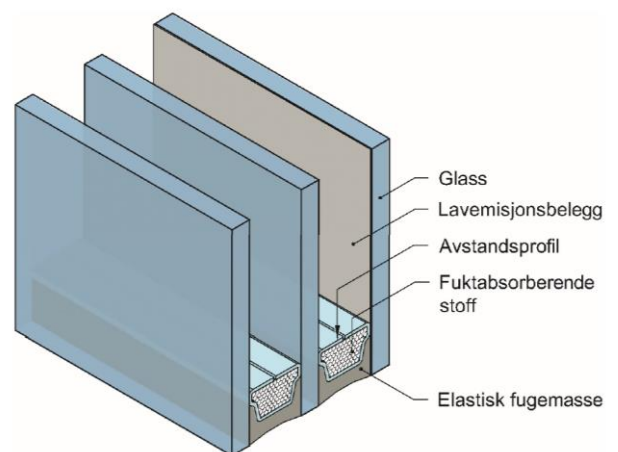
Isolerruter er to- eller flerglassruter, som har en tett forsegling langs glasskantene. Kantforsegling utgjøres ved hjelp av en avstandsprofil som limes med en ytre og indre tetningsmasse mellom glassene.

2.5.1 Typer av isolerruter

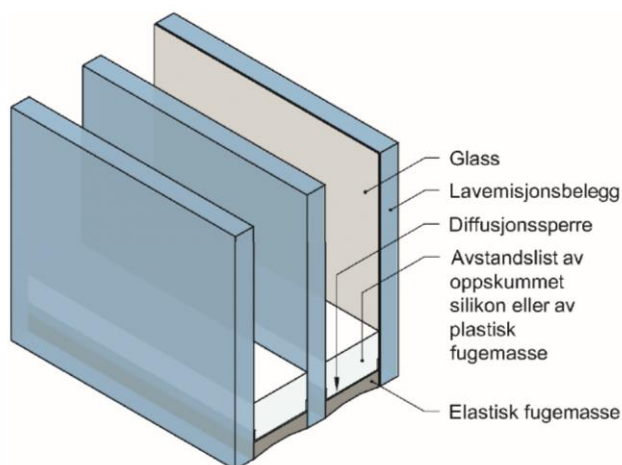
Isolerrutene kan deles inn i ruter med enkel forsegling, og ruter med dobbel forsegling (Bugden, 2015). Isolerruter med dobbel forsegling er den mest brukte typen, da denne har en bedre tetthet mot vanddampgjennomgang.



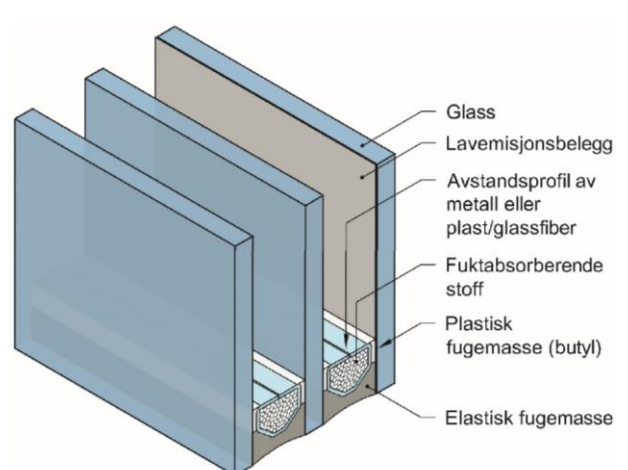
Figur 7 - Oppbygning av tolagsrute (Bugden, 2015)



Figur 8 - Oppbygning av trelagsrute med enkel forsegling med elastisk fugemasse (Bugden, 2015)



Figur 10 - Oppbygning av trelagsrute med dobbel forsegling med elastisk fugemasse og diffusjonssperre (Bugden, 2015)



Figur 9 - Oppbygning av trelagsrute med dobbel forsegling med elastisk og plastisk fugemasse (Bugden, 2015)

Avstandsprofilene kan utføres som (Bugden, 2015):

- metallprofiler fylt med et fuktabsorberende stoff
- plast- eller glassfiberprofiler med en diffusjonssperre på ryggen av profilet
- metalprofiler i rustfritt stål med tynn godstykkelse
- profiler av oppskummet silikon eller plastisk fugemasse. Slike avstandsprofiler tåler mer bevegelse, i tillegg til at de har bedre varmetekniske egenskaper enn de andre typene.

Avstandsprofils- og limtypen gjør at glassruten kan være myk, halvstiv eller stiv.

Isolerrutene kan også grupperes etter antall glass. De fleste glassrutene lages som to- eller trelagsruter, men det er mulig å produsere rutene med flere glasslag.

2.5.2 Lys- og varmetekniske egenskaper

U-verdi for isolerruter

En av de varmetekniske egenskapene for vindusruter er U-verdi, som kun karakteriserer av rutens midtfelt. U-verdien defineres ved beregning etter standard NS-EN ISO 10077-1:2006. Det er også mulig å måle glassrutens U-verdi laboratorium.

U-verdien til selve ruten pleier å være lavere enn U-verdien for hele vinduet. Siden ruten utgjør den største delen av vindusarealet, er det rutens U-verdi som i hovedsak avgjør verdien for hele vinduet.

Avstandslisten mellom glassene i en isolerrute, som er laget av aluminium eller varmforsinket stål, har dårligere varmeisolasjonsevner enn hulrommet mellom glassene. Denne avstandslisten gir et tillegg til U-verdien på ca. 0,06 W/K pr. løpemeter rutekant. Vanligvis vil dette være på mellom 7-20 % av vinduets U-verdi (Uvsløkk, 2000). Det eksisterer imidlertid andre typer avstandslistene som isolerer bedre, for eksempel lister i skumplast.

Gjennomgående sprosser og poster fører til en høyere U-verdi, sammenlignet med tilsvarende vinduer uten oppdeling. Grunnen til dette er at økt total lengde av rutekanter og avstandslistene gir et høyere varmetap. I tillegg har sprosser og poster til vanlig en litt høyere U-verdi enn karm, ramme og rute.

Størrelsen på vinduet har også betydning for U-verdien. Dette er fordi vindusprofilene og ruten ofte har ulike U-verdier, samtidig som forholdet mellom karm-/rammeareal og ruteareal forandres når størrelsen på vinduet endres.

Solfaktor og lystransmisjon

Solfaktoren, også kalt total solenergitransmisjon, omfatter både den energien som stråler direkte gjennom ruten og den som kommer gjennom når rutene oppvarmes av sola. Dette er en faktor med verdi mellom 0 og 1.

Det er til vanlig foretrukket å ha vinduer med en solfaktor nær 1, slik at man får mest mulig solenergitilskudd inn i bygningen. Men derimot på den andre siden kan en altfor høy solfaktor føre til at det oppstår en fare for overoppvarming, spesielt på sommeren eller den varmere årstiden (NTNU-SINTEF, 2014).

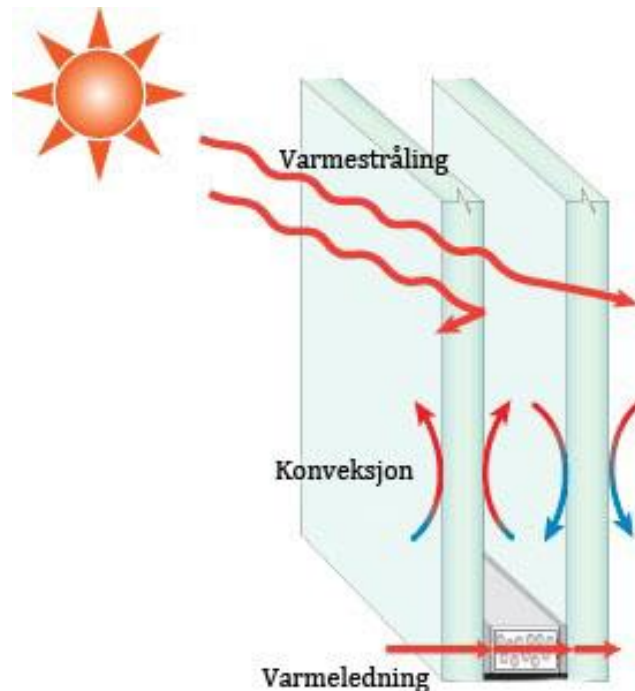
Energertilskudd gjennom et vindu kan beregnes etter NS 3031 «Varmeisolering. Beregning av bygningers energi- og effektbehov til oppvarming og ventilasjon».

Lystransmisjonen (lysgjennomgangen) viser hvor stor del av solstrålingen i den synlige delen av spektralfordelingen som slipper gjennom ruten. Blir lyset sterkt dempet, må man kompensere med kunstig lys. Det finnes flere typer belegg som er forholdsvis fargenøytrale, og som slipper inn nesten like mye dagslys som ruter uten belagte glass (Uvsløkk, 2000).

Vinduer bør sikre gode dagslysforhold, særlig med tanke på at en av de aller viktigste funksjonene deres er belysning av rommet. Kravet som blir stilt av TEK10 er at det må være en gjennomsnittlig dagslysfaktor på minimum 2% (Nersveen, 2004). Dermed bør også glassarealet være på minst 10% av hele gulvarealet for å få tilfredsstilt dette kravet.

2.5.3 Prinsipper for forbedring av varmeisolasjonsevnen

Varmetapet gjennom luftsjiktet i vanlige ruter forårsakes av ledning, konveksjon og stråling (Hugdahl, 1992).



Figur 11 - Fremstilling av former for varmetransport gjennom glassrute (basert på Guardian glass, 2017)

Varmeoverføringen ved ledning kan reduseres ved å øke glassavstanden. Økes ruteavstanden over en viss grense, oppstår det imidlertid naturlig konveksjon i hulrommet og varmeisoleringssevnen kan i stedet bli dårligere (NTNU-SINTEF, 2014).

For å redusere varmeoverføringen via konveksjon kan man fylle hulrommet med en viss type gass som har lavere varmeledningstall enn luft. Dette kan blant annet være gassene argon, krypton og xenon (NTNU-SINTEF, 2014).

Selv om man utfører slike tiltak for å redusere varmeoverføringen, vil man kun oppnå en reduksjon tilsvarende $\frac{1}{3}$ (Hugdahl, 1992).

Varmeoverføringen som skjer i form av stråling kan reduseres dersom man endrer emisjonsegenskapene til glassoverflaten (Hugdahl, 1992). Dette kan gjøres ved å tilføre et belegg på glasset, der materialet reflekterer mer av varmemstrålingen. På denne måten vil man kunne senke strålingsvarmetapet.

Lavemisjonsbelagte glass

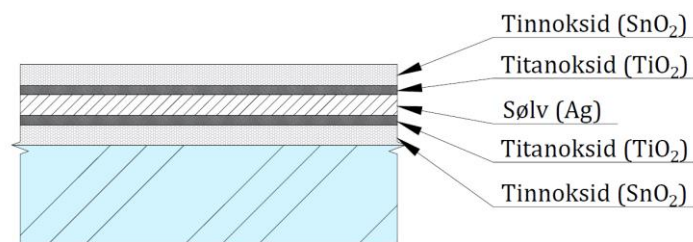
For å redusere glassets emisjonstall kan man belegge glass med tynne metall- og metalloksidsjikt. Slik type belegning kalles lavemisjonsbelegg. For vanlige glass ligger emisjonstallet på 0,837, med andre ord vil det si at selve glasset utstråler 84% av det som er teoretisk mulig. Emisjonstallet på lavemisjonsbelagte glass ligger på omtrent 0,03, og utstråler kun 3% (Pilkington Floatglas AB, 2014).

Lavemisjonsbeleggene forhindrer den langbølgede varmestrålingen i å stråle ut, samtidig som den kortbølgede strålingen ikke påvirkes. Denne typen glass ser ut som vanlige glass uten belegning, men har fordel i å være mer varmeisolerende, samtidig som de har høy lysgjennomgang, lite refleksjon, lav absorpsjon og høy transmisjon av solenergi (Pilkington Floatglas AB, 2014).

Lavemisjonsbelagte glass brukes som regel som indre glass, og går ofte under navnet energiglass eller LE-glass. Beleggets oppbygning angir hvilken gruppe det lavemisjonsbelagte glasset tilhører. De to gruppene er vakuumbelagt og pyrolytisk glass (Pilkington Floatglas AB, 2014).

Vakuumbelagte glass

Vakuumbelagt glass har en belegning som består av flere sjikt. Belegningen skjer ved hjelp av magnetisk styrt katodeforstøvning (Hugdahl, 1992). Bruken av flere sjikt gjør at man oppnår ønskede egenskaper. Beleggets aktive sjikt består av et metall med gode elektriske ledningsegenskaper. Gull, sølv og kobber har høy elektrisk ledningsevne, og er eneste metallene som brukes. Den høye elektriske ledningsevne er viktig for at belegningsjiktene skal være lavemitterende i det infrarøde området hvor man har varmestråling (Hugdahl, 1992). Resten av sjiktene gjør belegget kjemisk og fysisk motstandsdyktig, gir lav refleksjon og skaper nøytral farge.



Figur 12 - Eksempel på flersjiktets vakuumbelagt lavemisjonsglass (basert på Hugdahl, 1992)

2.6 Aluminiumsvinduer

2.6.1 Aluminium

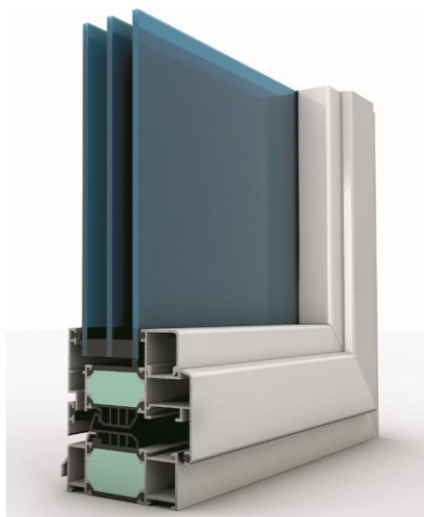
Aluminium er et relativt bløtt metall med en tetthet på ca. 1/3 av stål (Bugten, 2013). Korrosjons- og mekaniske egenskaper til aluminium kan imidlertid endres betydelig ved ulike legeringer med andre metaller (Bohne, 2011). Der er også lett å forme aluminium til profiler ved ekstrudering.

Aluminium har ganske stor varmeledningsevne, det vil si evne til å lede varme ved termisk konduksjon. Resultatet av dette kan være at varmen fra konstruksjonen av aluminium lett avgis til omgivelsene hvor det er mulig. Derfor er det viktig å ta hensyn til dette ved beregning for varmetap (Bohne, 2011).

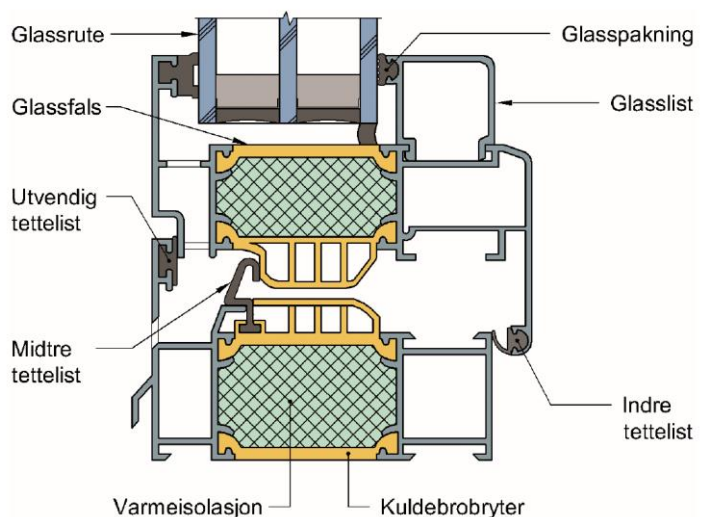
Man kan godt si at tilgangen på aluminium er nesten ubegrenset, med tanke på at ca. 8 % av jordkorpren består av ulike former for aluminium. Ved omsmelting tapes det relativt lite av kvalitet og metallmengde, som gjør at aluminium kan gjenbrukes flere ganger (Bugten, 2013).

2.6.2 Ramme- og karmprofiler av aluminium

Profilene for ramme og karm utformes med hensyn på drenering, varmeisolering og styrke. Vann som trenger inn i topp- og sideprofiler, vil renne ned og samles i bunnskarmen før det dreneres ut (Bugten, 2013).



Figur 13 - Snitt av aluminiumsvindu (Bugten, 2013)



Figur 14 - Oppbygning av aluminiumsvinduer (Bugten, 2013)

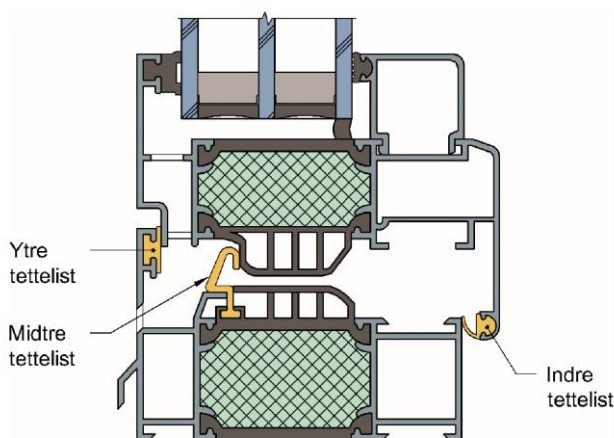
På grunn den høye varmeledningsevnen til aluminium, er det fare for kuldebroer i aluminiumsvinduer, noe som kan medføre et stort varmetap. For å oppnå tilfredsstillende U-verdi og overflatetemperatur, må aluminiumprofilene ha kuldebrytere, særlig når det gjelder bruk i oppvarmede bygninger.

Kuldebrytere er et sjikt av varmeisolerende materiale mellom innvendig og utvendig profil for å redusere virkningen av kuldebroen. Til vanlig produseres kuldebryteren av plast, for eksempel polyamid (Bugten, 2013).

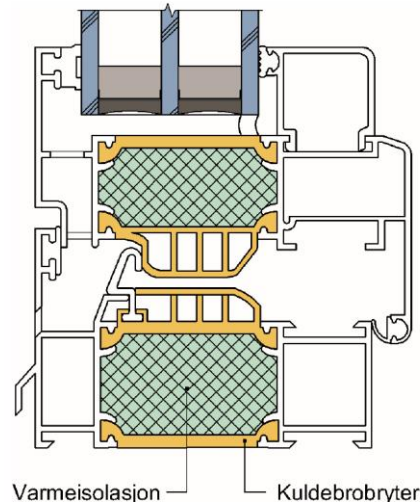
En annen måte å redusere varmetapet gjennom aluminiumprofiler er å dele hulrommene mellom ytre og indre profil i flere små luftrom. Luftrommene kan også eventuelt fylles med varmeisolasjon, som er vist i figur 19.

For å redusere U-verdien og forbedre lydisolasjon, utføres det tetting mellom ramme og karm brukes noen par typer tettelist: ytre tettelist, indre tettelist og eventuelt midtre tettelist (figur 21). Tettelist skal være myke for å tåle bevegelser grunnet temperaturendringer og vindtrykk på konstruksjonen.

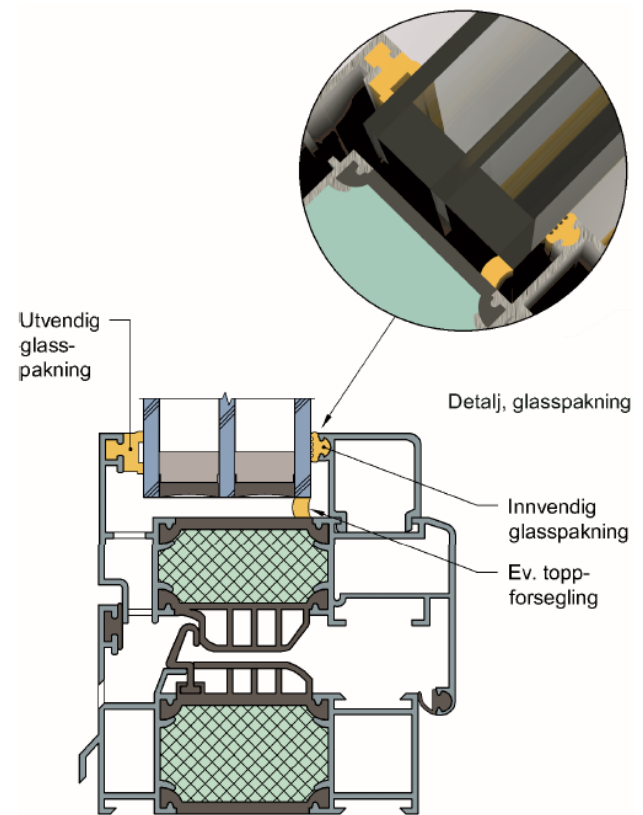
Til tetting mellom ramme og glass brukes det glasspakninger (figur 20). Den utvendige glasspakningen fungerer som regnsjerm, mens den innvendige hindrer luftlekkasjer (Bugten, 2013).



Figur 17 - Tetning mellom karm og ramme (Bugten, 2013)



Figur 15 - Fremstilling av varmeisolering av aluminiumsprofil (Bugten, 2013)



Figur 16 - Tetning mellom ramme og glass (Bugten, 2013)

U-verdien til karm/ramme kan beregnes i henhold til NS-EN ISO 100777-2 eller ISO 15099 (NTNU-SINTEF, 2014).

2.6.3 U-verdi for hele vinduet

U-verdien for hele vinduet avhenger av (Uvsløkk, 2000):

- rutens U-verdi og areal;
- U-verdien og arealet til karm- og rammedelen. U-verdien til karm- og rammeprofilene av aluminium med kuldebrobryter er mellom 1,6 og 2,8 W/m²K.
- varmetapet gjennom kantforseglingen til ruten;
- eventuelle poster eller gjennomgående sprosser.

U-verdien for hele vinduet kan beregnes etter standarden NS-EN ISO 100777-2, angir forenklete beregningsmetoder (NTNU-SINTEF, 2014). Det finnes også flere internasjonale standarder for beregning av U-verdi. Noen av dem angir kompliserte metoder for beregningen. Da kan man benytte beregningsprogrammer for å finne U-verdi til glassruten eller karm/rammen.

U-verdi for hele vinduet kan beregnes etter følgende likning som er felles for de fleste standardene (NTNU-SINTEF, 2014):

$$U_w = \frac{A_g U_g + A_f U_f + l_g \Psi}{A_g + A_f} [W/m^2K], \quad (4)$$

der U_w er U-verdi for hele vinduet.

A_g er arealet til lysåpningen.

A_f er arealet av karm/ramme.

U_g og U_f er U-verdien til henholdsvis rute og karm/ramme.

l_g er lengden av synlig omkrets for ruten.

Ψ er kuldebroverdien til avstandlisten og sammenslutningen mellom ramme og rute.

De kravene som blir fremstilt av Norske byggeforskrifter for varmeisolasjon i bygninger bli stadig strengere. Tabell 1 viser utviklingen av minstekrav til U-verdien av vinduer fra byggeforskriftene.

Tabell 1 - Utvikling i krav til U-verdi for vinduer i boliger (Norgesvinduet, 2017)

Forskrift	Vinduets U-verdi (W/m ² K)
Byggeforskriftene på 40-tallet	2,8
Byggeforskriftene på 60-70 -tallet	2,6
Byggeforskriftene 1987	2,4
TEK 97	1,6
TEK 07 og TEK 10	1,2
NS 3700 Passiv- og lavenergihus	0,8

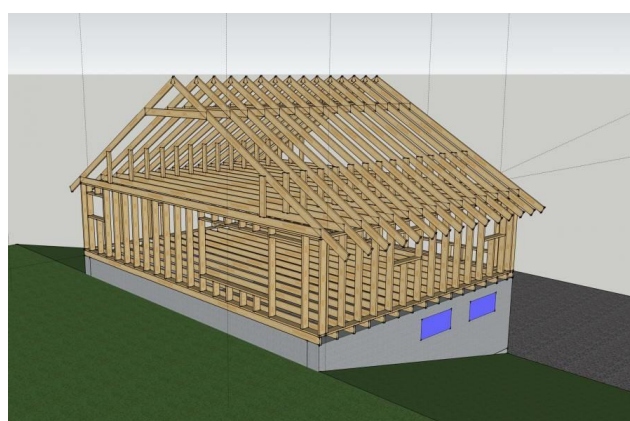
3 Metode og modell

3.1 Modell av referansebolig

Det ble tatt utgangspunkt i modell på ProgramByggerne sine nettsider. Modellen tar for seg en enkel enebolig i to plan, med et totalt oppvarmet bruksareal på 176 m². Sokkeletasjen har tre vegger i mur på støpt plate. Frontveggen er i 198×36 mm bindingsverk. Andre etasje er i bindingsverk og har flat himling mot kaldt uinnredet loft.



Figur 19 - Nord-øst fasade (ProgramByggerne, 2016)



Figur 18 - Nord-vest fasade (ProgramByggerne, 2016)



Figur 20 - Sør-øst fasade (ProgramByggerne, 2016)



Figur 21 - Sør-vest fasade (ProgramByggerne, 2016)

Tabell 2 - Beregningsforutsetninger for referanseboligen

Konstruksjon	Areal, m ²	U-verdi, W/(m ² K)
Gulv	88	0,11
Tak	88	0,09
Yttervegger	169	0,13

Oppvarmingsbehovet er stort sett dekket av en avtrekksvarmepumpe, det resterende dekkes av direkte elektrisitet. Det er ikke planlagt noen form for mekanisk kjøling i boligen.

Det er totalt 13 vinduer i huset:

- 9 mindre vinduer (type A) med målene 1,2 m × 0,9 m;
- 2 store vinduer (type B) med målene 2,1 m × 1,5 m;
- 2 vinduer i murveggene (type C) med målene 1,4 m × 0,6 m.

Vindusskjema er vedlagt som Vedlegg A.

3.2 Anvendt metode

3.2.1 Valg av vindustyper

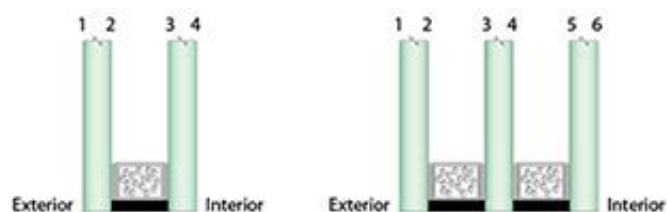
Casestudien omfatter 12 ulike vindustyper, som er vist i tabell 3. Tolags glassrute (Type 1) er brukt som referanse. Glassruter Type 2 og Type 3 er fylt med gasser som har lavere termisk konduktivitet enn luft (argon og krypton). For glassruter Typer 4, 5 og 6 ble det brukt lavemisjonsbelegg, samt optimert aluminiumsprofil med gode varmeisolerende egenskaper. Vindu Type 7 er optimaliserte koblingsvindu, som består av en tolags rute og et enkeltglass som sitter i den ytre rammen. For vinduer Typer 8 til 11 ble det valgt ulike kombinasjoner av trelagsruter. Type 12 er koblingsvindu av en trelagsrute og et enkeltglass i den ytre rammen.

Tabell 3 - Vindustyper for simuleringene

Type nr.	Rutekode (glasstykkelse-hulrom-glasstykkelse, mm)	Posisjon av belegget	Profilsystem
Type 1	6-18 luft-4	-	AWS 50
Type 2	6-18 argon-4	-	AWS 50
Type 3	6-18 krypton-4	-	AWS 50
Type 4	6-18 luft-4 LE	Overflate 3	AWS 90. SI+
Type 5	6-18 argon-4 LE	Overflate 3	AWS 90. SI+
Type 6	6-18 krypton-4 LE	Overflate 3	AWS 90. SI+
Type 7	4-30 luft+ 6-18 argon-4 LE	Overflate 5	AWS 120 CC.SI
Type 8	6-18 luft-4-18 luft-4	-	AWS 90. SI+
Type 9	6-18 luft-4-18 luft-4 LE	Overflate 5	AWS 90. SI+
Type 10	6-18 argon-4-18 argon-4 LE	Overflate 5	AWS 90. SI+
Type 11	6 LE-18 argon-4-18 argon-4 LE	Overflate 2 og 5	AWS 90. SI+
Type 12	4-30 luft + 6 LE-18 argon-4-18 argon-4 LE	Overflate 2 og 5	AWS 120 CC.SI

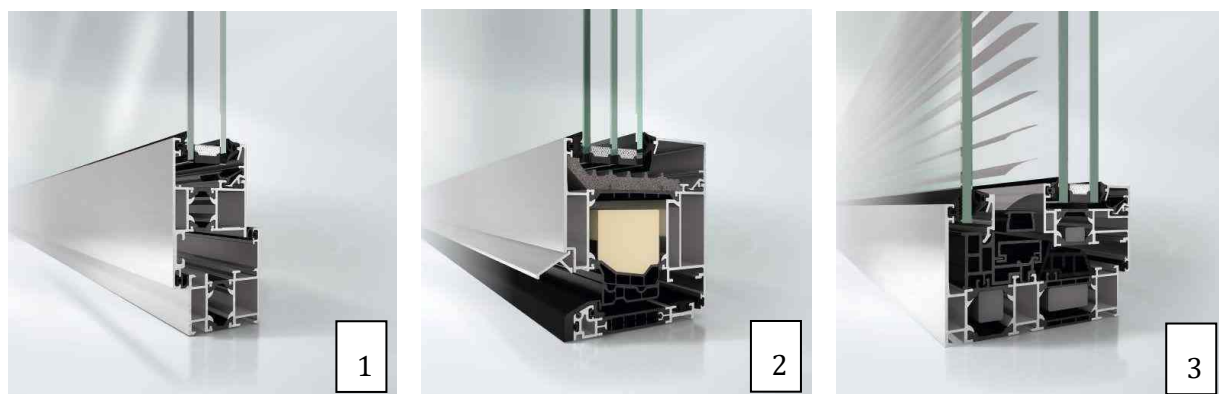
* LE angir lavemisjonsbelegg på glasset

Glassflatene i ruten er nummerert fra utvendig til innvendig side (se figur 26).



Figur 22 - Fremstilling av glassoverflater (nummerering) (Guardian Glass, 2017)

Figur 27 viser valgte aluminiumsprofiler. AWS 50 er uisolert vindussystem med smal rammebredde. AWS 90. SI+ er system med avansert isolasjonsteknikk som gjerne kan benyttes på passivhusnivå. AWS 120 CC.SI egner seg for koblingsvinduer, og kan produseres med innebygd persienne. Forskjøvne pakningsnivåer minimiserer faren for kondens mellom glassene (Schuco, 2017).



Figur 23 - Aluminiumsprofiler: 1 - AWS 50; 2 - AWS 90. SI +; 3 - AWS 120 CC. SI (Schuco, 2017)

3.2.2 Beregningsteknikk

For beregning av nøkkelverdier for isolerglassenheter ble glassberegningsprogrammet Pilkington Spectrum brukt. Programmet er utarbeidet av glassleverandør Pilkington Norge AS. Midtpunkts U-verdi beregnes i henhold til NS-EN 673:2011 «Bygningsglass - Bestemmelse av varmegjennomgangskoeffisient (U-verdi) – Beregningsmetode».

Beregning av U-verdi for hele vindu (type A) ble gjort ved hjelp av beregningsverktøyet SchueCal 2016 R2. Programvaren er utviklet av Schuco, en av de ledende systemleverandørene av glasskonstruksjoner i aluminium, PVC og stål.

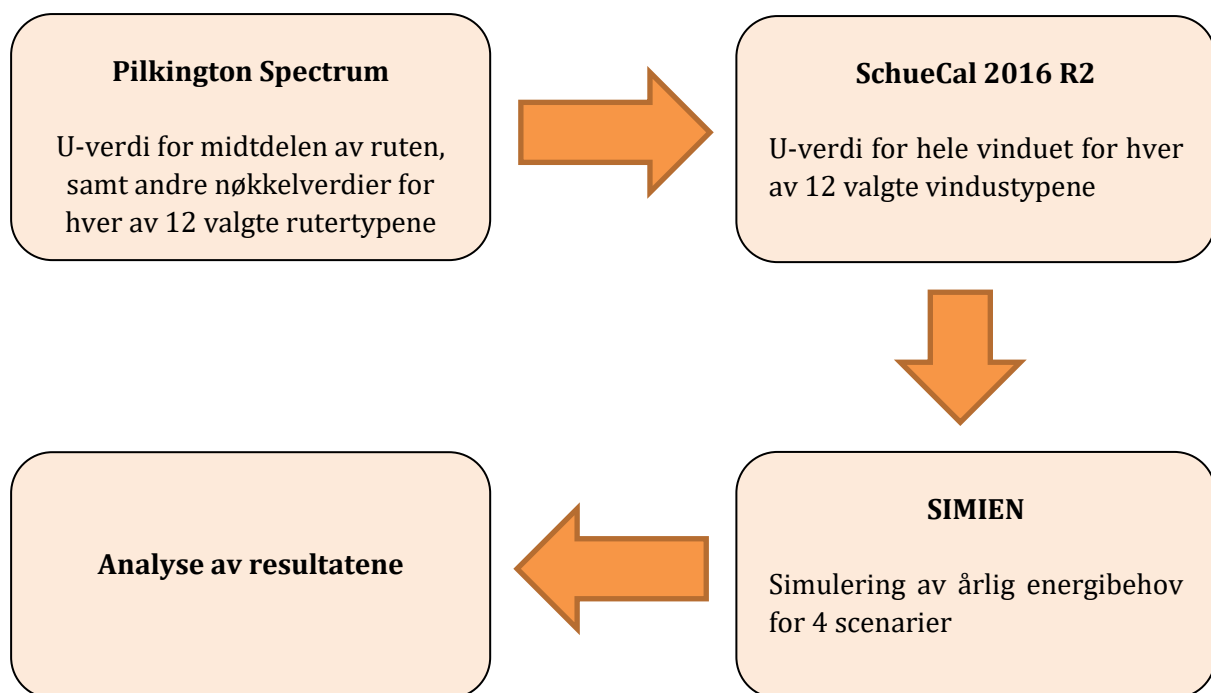
For energisimuleringer er programvaren SIMIEN benyttet. Programvaren er utviklet av ProgramByggerne ANS, og er bygget på beregningsmetoden beskrevet i NS3031:2014. Ved bruk

av SIMIEN kan man utføre dynamiske simuleringer av energibehov, dimensjonere oppvarmingsanlegg, ventilasjonsanlegg og romkjøling, samt evaluere bygningen mot energikravene i TEK10 og NS 3700 (ProgramByggerne ANS, 2017).

U-verdi for midtdelen av ruten, lystransmisjon, lysrefleksjon, total solenergitransmisjon og varmeabsorpsjon er beregnet ved hjelp av Pilkington Spectrum for hver av de 12 valgte vindustypene. Deretter ble hele vinduets U-verdi beregnet ved hjelp av SchueCal.

Energisimuleringer av referanseboligens energibehov ble utført i 4 scenarier:

- referansebolig befinner seg i en sørlig norsk by (**Stavanger**), og har vinduer med høyest U-verdi (**type 1**)
- referansebolig befinner seg i en sørlig norsk by (**Stavanger**), og har vinduer med lavest U-verdi (**type 11**)
- referansebolig befinner seg i en nordlig norsk by (**Hammerfest**), og har vinduer med høyest U-verdi (**type 1**)
- referansebolig befinner seg i en nordlig norsk by (**Hammerfest**), og har vinduer med lavest U-verdi (**type 11**).



Figur 24 - Fremgangsmåte til casestudien

4 Resultater

I tabell 4 er det presentert rutenes nøkkelverdier beregnet med Pilkington Spectrum.

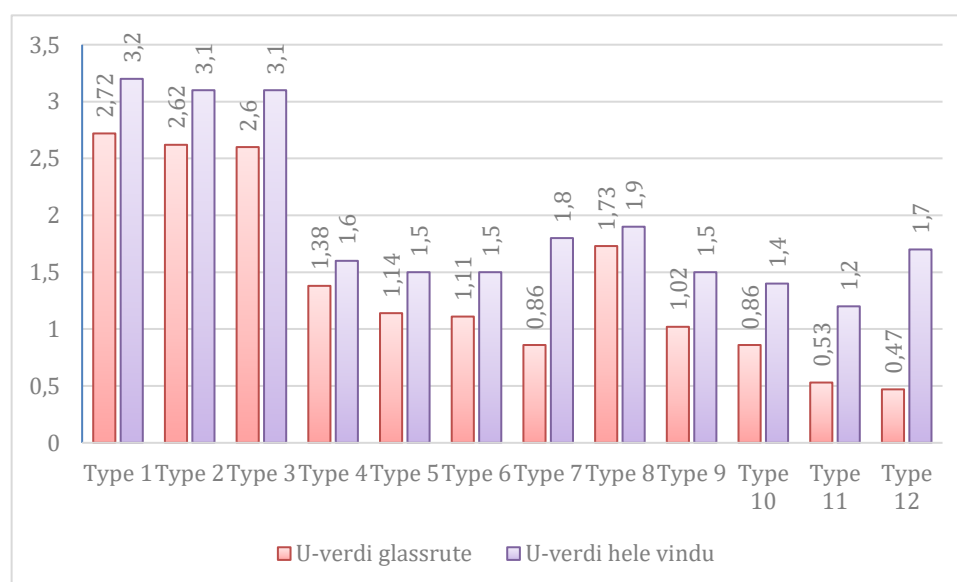
Tabell 4 – Beregnede nøkkelverdier for valgte rutekombinasjoner

Type nr.	Rutekode (glasstykkelse/hulrom/ glasstykkelse, mm)	U-verdi (W/m ² K)	Lys- transmisjon (%)	Lys- refleksjon inn/ut (%)	Total solenergi- transmisjon (%)	Varme- absorpsjon (%)
Type 1	6-18 luft-4	2,72	82	15/15	77	14
Type 2	6-18 argon-4	2,62	82	15/15	77	14
Type 3	6-18 krypton-4	2,60	82	15/15	77	14
Type 4	6-18 luft-4 LE	1,38	81	12/11	63	21
Type 5	6-18 argon-4 LE	1,14	81	12/11	63	21
Type 6	6-18 krypton-4 LE	1,11	81	12/11	64	21
Type 7	4-30 luft+ 6-18 argon- 4 LE	0,86	74	17/18	59	25
Type 8	6-18 luft-4-18 luft-4	1,73	75	21/20	70	18
Type 9	6-18 luft-4-18 luft-4 LE	1,02	74	17/17	58	25
Type 10	6-18 argon-4-18 argon-4 LE	0,86	74	17/17	58	25
Type 11	6 LE-18 argon-4-18 argon-4 LE	0,53	74	14/14	51	29
Type 12	4-30 luft + 6 LE-18 argon-4-18 argon-4 LE	0,47	67	19/20	48	32

I tabell 5 vises vinduets U-verdier: U-verdi av midtdelen av ruten, som er beregnet med Pilkington Spectrum, og U-verdi av hele vinduet, som er beregnet med SchueCal.

Tabell 5 - Vinduets U-verdier

	Rutekode (glasstykkelse/hulrom/ glasstykkelse)	Profil system	U-verdi glassrute (W/m ² K)	U-verdi hele vinduet (W/m ² K)
Type 1	6-18 luft-4	AWS 50	2,72	3,2
Type 2	6-18 argon-4	AWS 50	2,62	3,1
Type 3	6-18 krypton-4	AWS 50	2,60	3,1
Type 4	6-18 luft-4 LE	AWS 90. SI+	1,38	1,6
Type 5	6-18 argon-4 LE	AWS 90. SI+	1,14	1,5
Type 6	6-18 krypton-4 LE	AWS 90. SI+	1,11	1,5
Type 7	4-30 luft+ 6-18 argon-4 LE	AWS 120 CC.SI	0,86	1,8
Type 8	6-18 luft-4-18 luft-4	AWS 90. SI+	1,73	1,9
Type 9	6-18 luft-4-18 luft-4 LE	AWS 90. SI+	1,02	1,5
Type 10	6-18 argon-4-18 argon-4 LE	AWS 90. SI+	0,86	1,4
Type 11	6 LE-18 argon-4-18 argon-4 LE	AWS 90. SI+	0,53	1,2
Type 12	4-30 luft + 6 LE-18 argon-4- 18 argon-4 LE	AWS 120 CC.SI	0,47	1,7



Figur 25 - Diagram over beregnede U-verdier for midtarelet av ruten og for hele vinduet

Samlet resultat fra energisimuleringene er vist i tabell 6.

Tabell 6 - Beregnet varmetapstall og energibehov for referanseboligen

Scenarier	Stavanger		Hammerfest	
	Type 1	Type 11	Type 1	Type 11
Årlig energibehov, kWh	22281	19319	31730	26423
Energibehov til oppvarming, kWh	4725	1865	10059	4778
Energibehov til oppvarming, %	21,2	9,7	31,7	18,1
Totalt varmetapstall, W/m ² K	1,05	0,80	1,05	0,80
Varmetapstall glass/ vinduer/ dører, W/m ² K	0,39	0,14	0,39	0,14
Varmetap vinduer/dører, %	36,9	17,3	36,9	17,3

Resultatene fra energisimuleringene for et standard småhus viser at ved å bytte vinduer fra tolags glass (Type 1) til trelags glass med lavemisjonsbelegg og argonfylling (Type 11), reduseres årlig energibehov med 13,3 % for Stavanger og 16,7 % for Hammerfest. Når det gjelder energibehov for romoppvarming, så reduseres den med 11,5 % for Stavanger og 13,6 % for Hammerfest. Varmetapet gjennom vinduene reduseres med 19,6% i dette tilfellet.

5 Diskusjon

5.1 Vindusløsninger

Sett ut ifra tabell 4, ser det ut til at vindustype 11 har «den beste» U-verdi på $0,53 \text{ W/m}^2\text{K}$. Grunnen til dette er den samlede effekten av lavemisjonsbelegget på både ytterste og innerste glass, i tillegg til argonfyllingen. Denne vindusløsningen er optimal både for Stavanger- og Hammerfest sitt klimatiske forhold.

Vinduer typer 1, 2 og 3 har tolags glassruter fylt av henholdsvis luft, argon og krypton. Disse typene ble valgt for å se i hvor stor grad ulik gassfylling påvirker U-verdien. Beregningene viser ved å fylle ruten med argon istedenfor luft, kan man redusere U-verdi fra $2,72 \text{ W/m}^2\text{K}$ til $2,62$, det vil si kun $3,7 \%$. Ved å fylle ruten med krypton istedenfor luft, kan man redusere U-verdien fra $2,72 \text{ W/m}^2\text{K}$ til $2,60$, det vil si på $4,4 \%$. Dette kan forklares med at varmeoverføringen ved konveksjon er en ganske liten del av den samlede varmeoverføringen. Dette ble omhandlet i delkapittel 2.5.3.

Lignende type sammenligninger ble også gjort for tolagsruter med lavemisjonsbelegg på det innerste glasset. Typer 4, 5 og 6 er fylt av henholdsvis luft, argon og krypton. Beregningene viser at ved å fylle rutens hulrom med argon istedenfor luft reduserer U-verdien på $17,4 \%$, og ved å fylle rutens hulrom med krypton reduseres U-verdien med $19,6 \%$.

Ved å sammenligne U-verdiene for type 1, som er en tolagsrute fylt med luft, og type 4, som er en tolagsrute med lavemisjonsbelegg, kan man se at det å sette lavemisjonsbelegg reduserer U-verdien fra $2,72 \text{ W/m}^2\text{K}$ til $1,38 \text{ W/m}^2\text{K}$, det vil si på $49,2\%$. Det viser seg at det å redusere emisjonsegenskapene til glassoverflatene forbedrer rutens varmeisolasjonsevne betydelig.

Det ble også valgt et koblingsvindu (type 7), som består av en tolags rute og et enkeltglass som sitter i den ytre rammen, for å se hvordan U-verdien til en slik type vindu er i forhold til et tilsvarende vanlig vindu med trelagsrute (type 10). Resultater fra beregningene (tabell 5) viser at begge vindustypene har lik U-verdi for glassruten, men koblingsvinduet har høyere U-verdi for hele vinduet.

Sett ut ifra tabell 4 kan man se at forskjellen i U-verdien mellom en to- og trelagsrute kan være relativt lite. Noen tolagsruter med lavemisjonsbelegg og argonfylling har til og med bedre (lavere) U-verdi enn vanlige trelagsruter fylt med luft. Det bør her tas i betraktning at U-verdien i en isolerrute beregnes etter standardiserte parametere for et betydelig mildere klima enn i Norge. I praksis forverres U-verdien når temperaturen synker og vinden øker, særlig i tolagsruter. I trelagsruter er denne forverringen betydelig mindre. Derfor kan trelags glassruter være svært aktuelt i et kaldt klima med lave temperaturer og mye vind.

5.2 Energisimuleringer

Resultatene fra energisimuleringene viser at ved å sette inn et tredje glass i vinduene blir varmeisolasjonen betydelig forbedret i forhold til tolags glass. Man kunne da tenke seg å sette inn flere glass i rutene for å få enda bedre effekt. Men i praksis er det sjeldent fornuftig å bruke mer enn tre glass i en rute på grunn av store utbøyninger og brekkasjerisiko. I tillegg blir slike ruter svært tunge, noe som kan skape problemer med å finne passende ramme, karm og hengsler.

Energibehovet til oppvarmingen avhenger av både varmetapet og solfaktoren. Som man kan se av tabell 4, vil et lavere varmetap gjennom vinduene føre med seg et lavere solvarmetilskudd, som kunne benyttes for å redusere energibehovet til romoppvarming. Det kan være særlig aktuelt for boliger, som har et lavere tilskudd av internvarme enn for eksempel kontorbygg. En løsning her kan være stort vindusareal mot sør og godt isolerte vinduer med mindre vindusarealer mot nord, øst og vest.

6 Konklusjon

Formålet med oppgaven var å vurdere i hvor stor grad en forbedret vindusløsning kan påvirke boligens energibalanse. Gjennom utførte beregninger og simuleringer ble det foreslått en optimal vindusløsning. Resultatene har vist at for en standard bolig ved å bytte vinduer med tolags glassrute til vinduer med trelags glassrute med lavemisjonsbelegg og argonfylling, samt forbedret karm/rammeprofiler, vil det årlige energibehovet bli redusert med 13,3 % for Stavanger sitt klima og 16,7 % for Hammerfest sitt klima. Når det gjelder energibehovet for romoppvarming, så vil den bli redusert med 11,5 % for Stavanger og 13,6 % for Hammerfest. Varmetapet gjennom vinduene reduseres med 19,6% i dette tilfellet.

Det kan konkluderes med at utskifting av gamle vinduer til vinduer med forbedret varmeisolasjonsevne reduserer energibehovet betydelig. Bedre isolerte vinduer gir mindre kaldras og eliminerer trekk, noe som sikrer en jevnere og mer behagelig innetemperatur. I tillegg til at bedre isolasjonsverdi gjør det mulig å bruke større vindusflater, og dermed få mer dagslys inn i boligen.

7 Videre arbeid

I oppgaven er det fokusert på å vurdere innvirkningen av aluminiumsvinduer til boligens energibehov. Det hadde vært interessant å utføre lignende vurderinger for andre typer vinduer, som for eksempel tre- og plastvinduer, samt for andre typer glasskonstruksjoner, som for eksempel glasstak, glassfasader og vinterhager med mer. I tillegg til at det kunne ha blitt utført lignende simuleringer for administrative og næringsbygg.

Det hadde også vært interessant for min egen del å utføre de økonomiske beregningene, eller laget en lønnsomhetsanalyse for å se om det lønner seg med avanserte vindusløsninger. Sånne typer beregninger avhenger av forutsetningene som legges i grunn, som for eksempel om økningen av energiprisene vil påvirke resultatene. I tillegg til at skjerping av Byggeforskriftens minstekrav til vinduer vil påvirke prisnivået på trelagsruter med lavemisjonsbelegg og argonfylling. Da blir lignende glassruter mer konkurransedyktige.

Litteraturliste

- Kjell, Eksempler av Simien modeller, ProgramByggerne ANS, Skollenborg, sist endret 21.01.2016, <http://www.programbyggerne.no/SIMIEN/eksempler> (20.02.2017)
- Bohne, R.A., Aalberg, A., 2011, Bygningsmaterialer – kompendium, Trondheim, NTNU-trykk (22.02.2017)
- NTNU-SINTEF, 2007, Enøk i bygninger: Effektiv energibruk, Trondheim, NTNU-trykk (22.02.2017)
- Lavenergiprogrammet, 2013, Prosjektering av passivhus (3.utg.), Lavenergiprogrammet, Oslo, utgitt 1.03.2013 (23.02.2017)
- NSG GROUP, 2014, Glassfakta 2015: Et praktisk hjelpemiddel for valg av glass til bygg, Halmstad, Sverige, Pilkington Floatglas AB, utgitt november 2014 (23.02.2017)
- SCHÜCO, 2011, Schüco systemer for energieffektive næringsbygg og privatboliger, Oslo, Schüco International KGm avd. Norge (24.02.2017)
- Guardianglass., 2017, Advanced Learning - More Than You Ever Thought About Glass, Auburn Hills, Michigan, <https://www.guardianglass.com/residential/LearnAboutGlass/AdvancedLearning/index.htm> (17.02.2017)
- Unni Fuskeland, 2007, Solen, Oslo, sist oppdatert 28.03.2007 <http://www.astronomi.no/DNP/nineplanets/sol.html> (02.04.2017)
- Inge Bakke, Naturfag for alle: Digitalt læreverk, http://naturfag.info/4fenomener/i_elektromagnetisk.htm (02.04.2017)
- Skorild, S., Mæland, K.H., 2015, Bacheloroppgave: Branntekniske utfordringer knyttet til utviklingen av mer miljøvennlige og energieffektive boliger, Stord/Haugesund, utgitt 30.07.2015, https://brage.bibsys.no/xmlui/bitstream/handle/11250/293821/Bacheloroppgave_Skorild21_M%c3%a6land14.pdf?sequence=1&isAllowed=y (13.02.2017)
- SINTEF, 2000, 472.421 Valg av vinduer til boliger: Energibehov og inneklima, Trondheim, utgitt juni 2000, https://www.byggforsk.no/dokument/arkiv/7403/vinduer_og_energiforbruk_bruk_av_isolerte_skodder (19.02.2017)
- Hugdahl, B.K., 1992, 571.954 Byggevarer og materialer: Forseglede ruter spesielt god varmeisolasjon, SINTEF Byggforsk, Trondheim, utgitt oktober 1992,

https://www.byggforsk.no/dokument/arkiv/8525/forseglede_ruter_med_spesielt_god_varmeisolasjon (25.02.2017)

Standard Norge, 2007, Termiske egenskaper til vinduer, dører og skodder - Beregning av varmegjennomgangskoeffisient - Del 1: Generelt (ISO 10077-1:2006), Oslo, utgitt 10.01.2007

Bugten, A., 2016, 533.102 Vinduer. Typer og funksjoner, SINTEF Byggforsk, Trondheim, utgitt april 2016, https://www.byggforsk.no/dokument/437/vinduer_typer_og_funksjoner (25.02.2017)

Bugten, A., 2016, Vinduer av aluminium, SINTEF Byggforsk, Trondheim, utgitt april 2016 https://www.byggforsk.no/dokument/3041/vinduer_av_aluminium (25.02.2017)

Blom, P., 1991, 472.411 Solstrålingsdata for energi- og effektberegninger, SINTEF Byggforsk, Trondheim, utgitt november 1991, https://www.byggforsk.no/dokument/222/solstraalingsdata_for_energi_og_effektberegninger (25.02.2017)

Bugten, A., 2016, 571.951 Bygningsglass, SINTEF Byggforsk, Trondheim, utgitt april 2016, <https://www.byggforsk.no/dokument/580/bygningsglass> (25.02.2017)

Bugten, A., 2014, 571.954 Isolerruter. Lys- og varmetekniske egenskaper, SINTEF Byggforsk, Trondheim, utgitt april 2016, https://www.byggforsk.no/dokument/582/isolerruter_lys_og_varmetekniske_egenskaper (25.02.2017)

Kirkhus, A., 2013, Vi må ikke ofre dagslyset, SINTEF Byggforsk, Trondheim, http://www.sintef.no/globalassets/upload/byggforsk/fagartikler/byggfakta_11-2013.pdf (25.02.2017)

Nersveen, J., 2004, 421.626 Beregning av gjennomsnittlig dagslysfaktor og glassareal, SINTEF Byggforsk, Trondheim, utgitt november 2004, https://www.byggforsk.no/dokument/3055/beregning_av_gjennomsnittlig_dagslysfaktor_og_glassareal (28.03.2017)

Bugten, A., 2016, 571.953 Isolerruter. Typer og konstruksjoner, SINTEF Byggforsk, Trondheim, utgitt april 2016, https://www.byggforsk.no/dokument/581/isolerruter_typer_og_konstruksjoner (25.02.2017)

Holøs, S., 2016, 421.510 Godt inneklime i nye boliger, SINTEF Byggforsk, Trondheim, utgitt januar 2016, https://www.byggforsk.no/dokument/197/godt_inneklime_i_nye_boliger (25.02.2017)

Olsen, N., 1984, 472.414 Varmetransport gjennom vinduer. Transportert varme pr. måned, SINTEF Byggforsk, Trondheim, utgitt høsten 1979,

https://www.byggforsk.no/dokument/arkiv/7028/varmetransport_gjennom_vinduer_transportert_varme_pr_maaned (26.02.2017)

Uvsløkk, S., 2010, 472.421 Valg av vinduer til boliger. Energibehov og inneklime, SINTEF Byggforsk, Trondheim, utgitt juni 2000, https://www.byggforsk.no/dokument/arkiv/8662/valg_av_vinduer_til_boliger_energibehov_og_inneklime (26.02.2017)

Nielsen, A.F., 2003, 472.642 Vinduer, dører og porter. Tetthet og U-verdier. Konsekvenser for energiforbruk, SINTEF Byggforsk, Trondheim, utgitt høsten 1986, https://www.byggforsk.no/dokument/arkiv/7029/vinduer_doerer_og_porter_tetthet_og_u-verdier_konsekvenser_for_energiforbruk (26.02.2017)

Klinski, M., 2016, 473.101 Energikrav til bygninger. Oversikt, SINTEF Byggforsk, Trondheim, utgitt juni 2016, https://www.byggforsk.no/dokument/5162/energikrav_til_bygninger_oversikt (26.02.2017)

Klinski, M., 2016, 473.102 Energikrav til bygninger. Energirammer, SINTEF Byggforsk, Trondheim, utgitt juni 2016, https://www.byggforsk.no/dokument/5164/energikrav_til_bygninger_energirammer (26.02.2017)

Sørensen, S.E., 1981, Energisparing ved etter-isolering av småhus, SINTEF Byggforsk, Trondheim, <https://brage.bibsys.no/xmlui/handle/11250/2411164> (26.02.2017)

Kirkhus, A., 1996, Beregning av sol-, skygge- og horisontforhold, SINTEF Byggforsk, Trondheim, utgitt november 1996, https://www.byggforsk.no/dokument/49/beregning_av_sol_skygge_og_horisontforhold (26.02.2017)

Gjelsvik, T., 1982, Glass for vinduer i dag, SINTEF Byggforsk, Trondheim, <https://www.sintefbok.no/book/index/862> (27.02.2017)

Blom, P., Pettersen, T.D., Mysen, M., 1999, Energieffektivitet i bygninger, SINTEF Byggforsk, Trondheim, utgitt 5.01.1999, <https://www.sintefbok.no/book/index/263> (27.02.2017)

Bastiansen, A., 1961, Isolerglass i norsk klima, SINTEF Byggforsk, Trondheim, https://www.sintefbok.no/book/index/637/isolerglass_i_norsk_klima (27.02.2017)

Homb, A., Uvsløkk, S., 2012, Energieffektive bevaringsverdige vinduer. Målinger og beregninger. Rapport, SINTEF Byggforsk, Trondheim, utgitt 1.06.2012, <https://brage.bibsys.no/xmlui/handle/11250/176832> (27.02.2017)

Gustavsen, A., 2008, 471.015 Kuldebroer. Konsekvenser og dokumentasjon av energibruk, SINTEF Byggforsk, Trondheim, utgitt mai 2008,

https://www.byggforsk.no/dokument/213/kuldebroer_konsekvenser_og_dokumentasjon_av_energibruk (30.03.2017)

Urbikain M. K., Mvuama M. C., García G.C., Sala J. M.L., The Influence Of Window Type And Orientation On Energy-Saving In Buildings – Application To A Single Family Dwelling, The University of the Basque Country, Bilbao, Spain,
http://www.inive.org/members_area/medias/pdf/Inive%5Cclima2007%5CB02%5CB02M1716.pdf, (30.03.2017)

Lundby, S.E., 1954, Tre glass i vinduer - en økonomisk undersøkelse, SINTEF Byggforsk, Trondheim,
https://www.sintefbok.no/book/index/594/tre_glass_i_vinduer_en_oekonomisk_undersoekelse (30.03.2017)

Dokka, T.H., Svensson, A., Simonsen, I., Berg, T.F., Andresen, I., Wigenstad, T., 2011, Energibruk i bygninger: Nasjonal database og sammenligning av beregnet og målt energibruk, SINTEF Byggforsk, Trondheim,
<http://www.sintef.no/publikasjoner/Publikasjon/?pubid=SINTEF+A20095&download=true> (30.03.2017)

Dokka, T.H., Hauge, G., Thyholt, M., Klinski, M., Kirkhus, A., 2009, SINTEF Byggforsk Prosjektrapport 40 2009 Energieffektivisering i bygninger – mye miljø for pengene!, SINTEF Byggforsk, Trondheim, <https://www.sintef.no/globalassets/upload/sb-prrapp-40.pdf> (30.03.2017)

Hurtigruten, 2015, Hammerfest – verdens nordligste by, Tromsø, Publisert 13.07.2015,
<https://www.hurtigruten.com/no/havner/hammerfest/> (27.03.2017)

Climate-data, Klima: Hammerfest, <https://no.climate-data.org/location/9891/>, (20.02.2017)

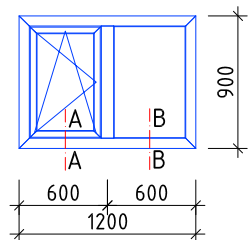
Climate-data, Klima: Stavanger, <https://no.climate-data.org/location/647/>. (20.02.2017)

Hagen, G., 2009, "Verdens nordligste by", Hammerfest, Publisert 24.08.2009,
<http://www.hammerfest.kommune.no/verdens-nordligste-by.4757705-154724.html> (20.02.2017)

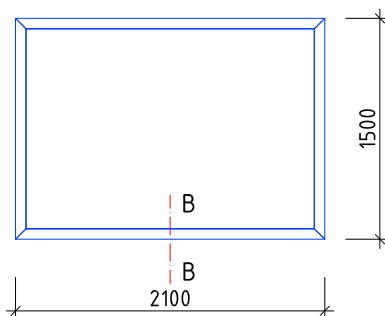
NordNorsk Reiseliv AS, 2017, Mørketid – fargetid, <http://www.nordnorge.com/no/?News=132>, (20.02.2017)

Lisø K.R. & Kvande, T., 2007, Klimatilpasning av bygninger, Oslo, SINTEF Byggforsk (26.02.2017)

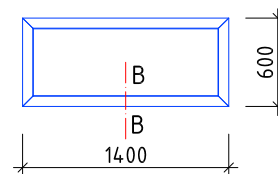
Vedlegg A - Vindusskjema



Type A
Antall : 9 stk

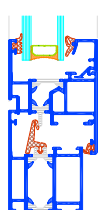


Type B
Antall : 2 stk

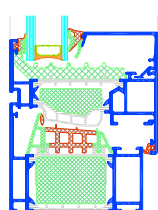


Type C
Antall : 2 stk

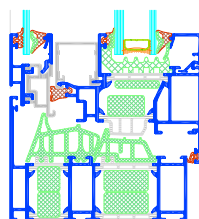
Snitt A-A



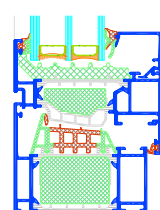
Type 1, 2, 3



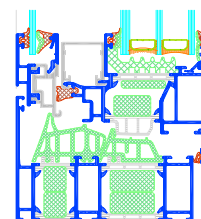
Type 4, 5, 6



Type 7

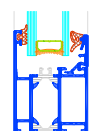


Type 8, 9, 10, 11

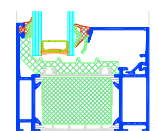


Type 12

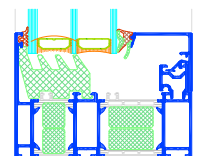
Snitt B-B



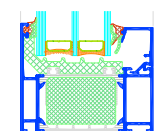
Type 1, 2, 3



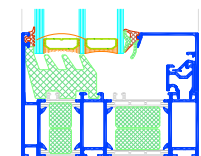
Type 4, 5, 6



Type 7

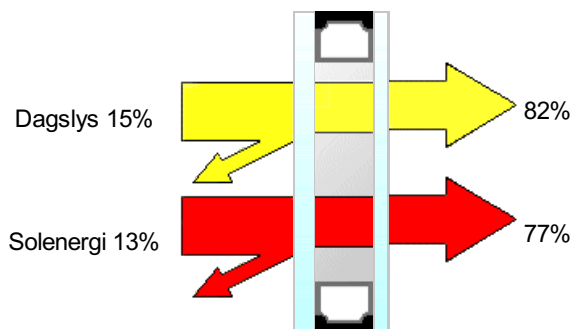


Type 8, 9, 10, 11



Type 12

Vedlegg B - Resultater fra beregninger i Pilkington Spectrum



BESKRIVELSE

Posisjon	Produkt	Glasstype	Tykkelse (nominell) mm	Vekt kg/m ²
Glass 1	Pilkington Optifloat™ Clear	Vanlig	6,0	
Hulrom 1	Luft		18,0	
Glass 2	Pilkington Optifloat™ Clear	Vanlig	4,0	
Produktkode	6-18-4		28,0	25,00

YTELSER

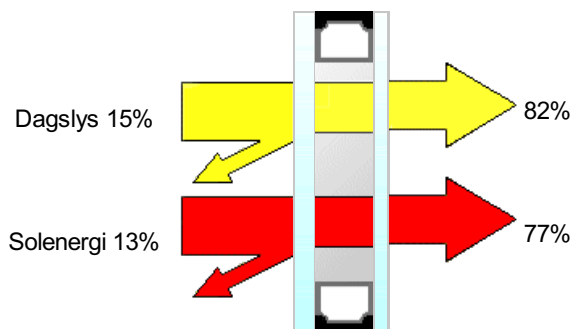
Dagslys				Solenergi			
Transmisjon	LT	82%	Direkte transmisjon	ST	73%		
	UV%	50%	Refleksjon	SR	13%		
Refleksjon ut	LR ut	15%	Absorpsjon SA	SA	14%		
Refleksjon inn	LR inn	15%	Total transmisjon TST:	g	77%		
Ytelseskode				Total skyggefaktor f1		0,89	
U _g -verdi/Lys/Solenergi		2,72 / 82 / 77	Kortbølget skyggefaktor f2		0,84		
Ra		98	Lydreduksjon ca	R _w (C;C _{tr}) dB		NPD	
Forkorting av "No Performance Determined" oppgis når data ikke finnes eller ikke er relevante for tenkt bruk av produktkombinasjonen				Varmegjennomgang	W/m ² K		2,72

Pilkington Spectrum gir deg mulighet til å kombinere en rekke forskjellige produkter fra Pilkington, og beregne nøkkelverdier som U-verdi, lystransmisjon og solfaktor. Programmet inneholder restriksjoner på enkelte kombinasjoner som ikke er å anbefale eller er upraktiske. Selv med disse restriksjonene er det mulig å lage kombinasjoner som kanskje ikke er tilgjengelig fra din leverandør. Vennligst sjekk med din leverandør at den kombinasjonen du har valgt er mulig, at den er tilgjengelig i ønskede størrelser og at den er mulig å levere i tide til ditt prosjekt. I tillegg er det også veldig viktig at du forsikrer deg om at produktkombinasjonen tilfredsstillende lokale, regionale, nasjonale og andre produktspesifikke krav.

Tekniske data er beregnet iht. europeisk norm EN 410 og EN 673/12898.

Pilkington Spectrum Online versjon Norway:7.1.0

25/04/2017



BESKRIVELSE

Posisjon	Produkt	Glasstype	Tykkelse (nominell) mm	Vekt kg/m ²
Glass 1	Pilkington Optifloat™ Clear	Vanlig	6,0	
Hulrom 1	Argon (90%)		18,0	
Glass 2	Pilkington Optifloat™ Clear	Vanlig	4,0	
Produktkode	6-18Ar-4		28,0	25,00

YTELSER

Dagslys			
Transmisjon	LT		82%
	UV%		50%
Refleksjon ut	LR ut		15%
Refleksjon inn	LR inn		15%
Ytelseskode			
U _g -verdi/Lys/Solenergi			2,62 / 82 / 77
Ra			98
Forkorting av "No Performance Determined" oppgis når data ikke finnes eller ikke er relevante for tenkt bruk av produktkombinasjonen			

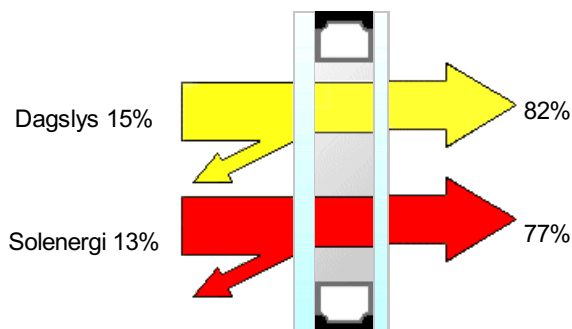
Solenergi			
Direkte transmisjon	ST		73%
Refleksjon	SR		13%
Absorpsjon SA	SA		14%
Total transmisjon TST:	g		77%
Total skyggefaktor f1			0,89
Kortbølget skyggefaktor f2			0,84
Lydreduksjon ca	R _w (C;C _{tr}) dB		NPD
Varmegjennomgang	W/m ² K		2,62

Pilkington Spectrum gir deg mulighet til å kombinere en rekke forskjellige produkter fra Pilkington, og beregne nøkkelverdier som U-verdi, lystransmisjon og solfaktor. Programmet inneholder restriksjoner på enkelte kombinasjoner som ikke er å anbefale eller er upraktiske. Selv med disse restriksjonene er det mulig å lage kombinasjoner som kanskje ikke er tilgjengelig fra din leverandør. Vennligst sjekk med din leverandør at den kombinasjonen du har valgt er mulig, at den er tilgjengelig i ønskede størrelser og at den er mulig å levere i tide til ditt prosjekt. I tillegg er det også veldig viktig at du forsikrer deg om at produktkombinasjonen tilfredsstillende lokale, regionale, nasjonale og andre produktspesifikke krav.

Tekniske data er beregnet iht. europeisk norm EN 410 og EN 673/12898.

Pilkington Spectrum Online versjon Norway:7.1.0

01/05/2017



BESKRIVELSE

Posisjon	Produkt	Glasstype	Tykkelse (nominell) mm	Vekt kg/m ²
Glass 1	Pilkington Optifloat™ Clear	Vanlig	6,0	
Hulrom 1	Krypton (90%)		18,0	
Glass 2	Pilkington Optifloat™ Clear	Vanlig	4,0	
Produktkode	6-18Kr-4		28,0	25,00

YTELSER

Dagslys			
Transmisjon	LT		82%
	UV%		50%
Refleksjon ut	LR ut		15%
Refleksjon inn	LR inn		15%
Ytelseskode			
U _g -verdi/Lys/Solenergi			2,60 / 82 / 77
Ra			98
Forkorting av "No Performance Determined" oppgis når data ikke finnes eller ikke er relevante for tenkt bruk av produktkombinasjonen			

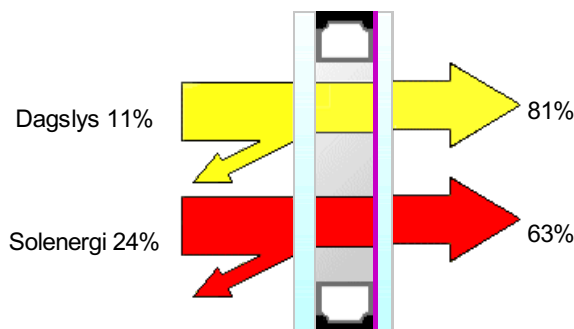
Solenergi			
Direkte transmisjon	ST		73%
Refleksjon	SR		13%
Absorpsjon SA	SA		14%
Total transmisjon TST:	g		77%
Total skyggefaktor f1			0,89
Kortbølget skyggefaktor f2			0,84
Lydreduksjon ca	R _w (C;C _{tr}) dB		NPD
Varmegjennomgang	W/m ² K		2,60

Pilkington Spectrum gir deg mulighet til å kombinere en rekke forskjellige produkter fra Pilkington, og beregne nøkkelverdier som U-verdi, lystransmisjon og solfaktor. Programmet inneholder restriksjoner på enkelte kombinasjoner som ikke er å anbefale eller er upraktiske. Selv med disse restriksjonene er det mulig å lage kombinasjoner som kanskje ikke er tilgjengelig fra din leverandør. Vennligst sjekk med din leverandør at den kombinasjonen du har valgt er mulig, at den er tilgjengelig i ønskede størrelser og at den er mulig å levere i tide til ditt prosjekt. I tillegg er det også veldig viktig at du forsikrer deg om at produktkombinasjonen tilfredsstillende lokale, regionale, nasjonale og andre produktspesifikke krav.

Tekniske data er beregnet iht. europeisk norm EN 410 og EN 673/12898.

Pilkington Spectrum Online versjon Norway:7.1.0

01/05/2017



BESKRIVELSE

Posisjon	Produkt	Glasstype	Tykkelse (nominell) mm	Vekt kg/m ²
Glass 1	Pilkington Optifloat TM Clear	Vanlig	6,0	
Hulrom 1	Luft		18,0	
Glass 2	Pilkington Optitherm TM S3	Vanlig	4,0	
Produktkode	6-18-S(3)4		28,0	25,00

YTELSER

Dagslys			
Transmisjon	LT		81%
	UV%		28%
Refleksjon ut	LR ut		11%
Refleksjon inn	LR inn		12%
Ytelseskode			
U _g -verdi/Lys/Solenergi			1,38 / 81 / 63
Ra			97
Forkorting av "No Performance Determined" oppgis når data ikke finnes eller ikke er relevante for tenkt bruk av produktkombinasjonen			

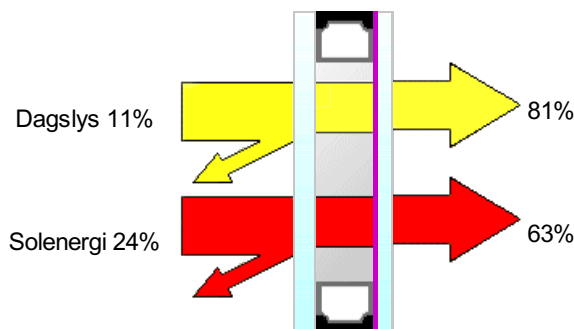
Solenergi			
Direkte transmisjon	ST		55%
Refleksjon	SR		24%
Absorpsjon SA	SA		21%
Total transmisjon TST:	g		63%
Total skyggefaktor f1			0,72
Kortbølget skyggefaktor f2			0,64
Lydreduksjon ca	R _w (C;C _{tr}) dB		NPD
Varmegjennomgang	W/m ² K		1,38

Pilkington Spectrum gir deg mulighet til å kombinere en rekke forskjellige produkter fra Pilkington, og beregne nøkkelverdier som U-verdi, lystransmisjon og solfaktor. Programmet inneholder restriksjoner på enkelte kombinasjoner som ikke er å anbefale eller er upraktiske. Selv med disse restriksjonene er det mulig å lage kombinasjoner som kanskje ikke er tilgjengelig fra din leverandør. Vennligst sjekk med din leverandør at den kombinasjonen du har valgt er mulig, at den er tilgjengelig i ønskede størrelser og at den er mulig å levere i tide til ditt prosjekt. I tillegg er det også veldig viktig at du forsikrer deg om at produktkombinasjonen tilfredsstillende lokale, regionale, nasjonale og andre produktspesifikke krav.

Tekniske data er beregnet iht. europeisk norm EN 410 og EN 673/12898.

Pilkington Spectrum Online versjon Norway:7.1.0

01/05/2017



BESKRIVELSE

Posisjon	Produkt	Glasstype	Tykkelse (nominell) mm	Vekt kg/m ²
Glass 1	Pilkington Optifloat™ Clear	Vanlig	6,0	
Hulrom 1	Argon (90%)		18,0	
Glass 2	Pilkington Optitherm™ S3	Vanlig	4,0	
Produktkode	6-18Ar-S(3)4		28,0	25,00

YTELSER

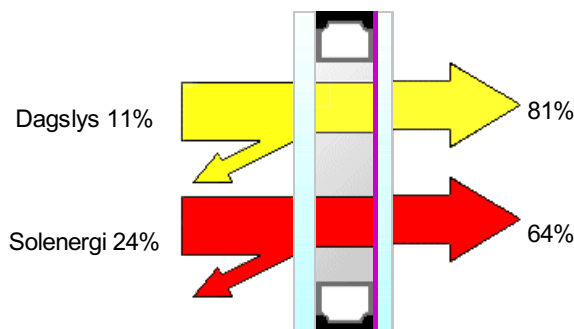
Dagslys			Solenergi		
Transmisjon	LT	81%	Direkte transmisjon	ST	55%
	UV%	28%	Refleksjon	SR	24%
Refleksjon ut	LR ut	11%	Absorpsjon SA	SA	21%
Refleksjon inn	LR inn	12%	Total transmisjon TST:	g	63%
Ytelseskode			Total skyggefaktor f1		0,72
U _g -verdi/Lys/Solenergi		1,14 / 81 / 63	Kortbølget skyggefaktor f2		0,64
Ra		97	Lydreduksjon ca	R _w (C;C _{tr}) dB	NPD
Forkorting av "No Performance Determined" oppgis når data ikke finnes eller ikke er relevante for tenkt bruk av produktkombinasjonen			Varmegjennomgang	W/m ² K	1,14

Pilkington Spectrum gir deg mulighet til å kombinere en rekke forskjellige produkter fra Pilkington, og beregne nøkkelverdier som U-verdi, lystransmisjon og solfaktor. Programmet inneholder restriksjoner på enkelte kombinasjoner som ikke er å anbefale eller er upraktiske. Selv med disse restriksjonene er det mulig å lage kombinasjoner som kanskje ikke er tilgjengelig fra din leverandør. Vennligst sjekk med din leverandør at den kombinasjonen du har valgt er mulig, at den er tilgjengelig i ønskede størrelser og at den er mulig å levere i tide til ditt prosjekt. I tillegg er det også veldig viktig at du forsikrer deg om at produktkombinasjonen tilfredsstillende lokale, regionale, nasjonale og andre produktspesifikke krav.

Tekniske data er beregnet iht. europeisk norm EN 410 og EN 673/12898.

Pilkington Spectrum Online versjon Norway:7.1.0

01/05/2017



BESKRIVELSE

Posisjon	Produkt	Glasstype	Tykkelse (nominell) mm	Vekt kg/m ²
Glass 1	Pilkington Optifloat™ Clear	Vanlig	6,0	
Hulrom 1	Krypton (90%)		18,0	
Glass 2	Pilkington Optitherm™ S3	Vanlig	4,0	
Produktkode	6-18Kr-S(3)4		28,0	25,00

YTELSER

Dagslys			
Transmisjon	LT		81%
	UV%		28%
Refleksjon ut	LR ut		11%
Refleksjon inn	LR inn		12%
Ytelseskode			
U _g -verdi/Lys/Solenergi			1,11 / 81 / 64
Ra			97
Forkorting av "No Performance Determined" oppgis når data ikke finnes eller ikke er relevante for tenkt bruk av produktkombinasjonen			

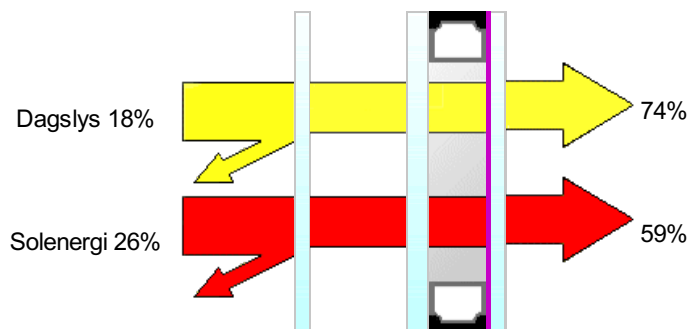
Solenergi			
Direkte transmisjon	ST		55%
Refleksjon	SR		24%
Absorpsjon SA	SA		21%
Total transmisjon TST:	g		64%
Total skyggefaktor f1			0,74
Kortbølget skyggefaktor f2			0,64
Lydreduksjon ca	R _w (C;C _{tr}) dB		NPD
Varmegjennomgang	W/m ² K		1,11

Pilkington Spectrum gir deg mulighet til å kombinere en rekke forskjellige produkter fra Pilkington, og beregne nøkkelverdier som U-verdi, lystransmisjon og solfaktor. Programmet inneholder restriksjoner på enkelte kombinasjoner som ikke er å anbefale eller er upraktiske. Selv med disse restriksjonene er det mulig å lage kombinasjoner som kanskje ikke er tilgjengelig fra din leverandør. Vennligst sjekk med din leverandør at den kombinasjonen du har valgt er mulig, at den er tilgjengelig i ønskede størrelser og at den er mulig å levere i tide til ditt prosjekt. I tillegg er det også veldig viktig at du forsikrer deg om at produktkombinasjonen tilfredsstillende lokale, regionale, nasjonale og andre produktspesifikke krav.

Tekniske data er beregnet iht. europeisk norm EN 410 og EN 673/12898.

Pilkington Spectrum Online versjon Norway:7.1.0

01/05/2017



BESKRIVELSE

Posisjon	Produkt	Glasstype	Tykkelse (nominell) mm	Vekt kg/m ²
Glass 1	Pilkington Optifloat TM Clear	Vanlig	4,0	
Hulrom 1	Luft		30,0	
Glass 2	Pilkington Optifloat TM Clear	Vanlig	6,0	
Hulrom 2	Argon (90%)		18,0	
Glass 3	Pilkington Optitherm TM S3	Vanlig	4,0	
Produktkode	4+30+6-18Ar-S(3)4		62,0	35,00

YTELSER

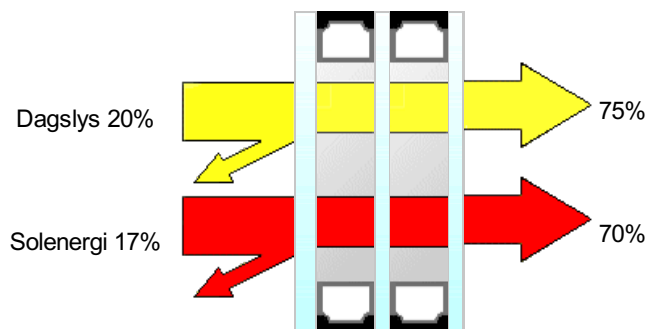
Dagslys			Solenergi		
Transmisjon	LT	74%	Direkte transmisjon	ST	50%
	UV%	24%	Refleksjon	SR	26%
Refleksjon ut	LR ut	18%	Absorpsjon SA	SA	25%
Refleksjon inn	LR inn	17%	Total transmisjon TST:	g	59%
Ytelseskode			Total skyggefaktor f1		0,68
U _g -verdi/Lys/Solenergi		0,86 / 74 / 59	Kortbølget skyggefaktor f2		0,57
Ra		96	Lydreduksjon ca	R _w (C;C _{tr}) dB	NPD
Forkorting av "No Performance Determined" oppgis når data ikke finnes eller ikke er relevante for tenkt bruk av produktkombinasjonen			Varmegjennomgang	W/m ² K	0,86

Pilkington Spectrum gir deg mulighet til å kombinere en rekke forskjellige produkter fra Pilkington, og beregne nøkkelverdier som U-verdi, lystransmisjon og solfaktor. Programmet inneholder restriksjoner på enkelte kombinasjoner som ikke er å anbefale eller er upraktiske. Selv med disse restriksjonene er det mulig å lage kombinasjoner som kanskje ikke er tilgjengelig fra din leverandør. Vennligst sjekk med din leverandør at den kombinasjonen du har valgt er mulig, at den er tilgjengelig i ønskede størrelser og at den er mulig å levere i tide til ditt prosjekt. I tillegg er det også veldig viktig at du forsikrer deg om at produktkombinasjonen tilfredsstillende lokale, regionale, nasjonale og andre produktspesifikke krav.

Tekniske data er beregnet iht. europeisk norm EN 410 og EN 673/12898.

Pilkington Spectrum Online versjon Norway:7.1.0

01/05/2017



BESKRIVELSE

Posisjon	Produkt	Glasstype	Tykkelse (nominell) mm	Vekt kg/m ²
Glass 1	Pilkington Optifloat™ Clear	Vanlig	6,0	
Hulrom 1	Luft		18,0	
Glass 2	Pilkington Optifloat™ Clear	Vanlig	4,0	
Hulrom 2	Luft		18,0	
Glass 3	Pilkington Optifloat™ Clear	Vanlig	4,0	
Produktkode	6-18-4-18-4		50,0	35,00

YTELSER

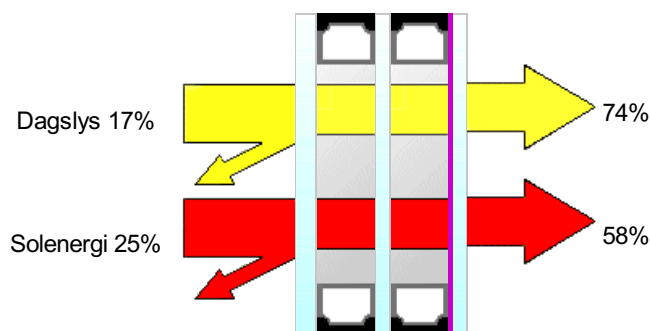
Dagslys			Solenergi		
Transmisjon	LT	75%	Direkte transmisjon	ST	64%
	UV%	42%	Refleksjon	SR	17%
Refleksjon ut	LR ut	20%	Absorpsjon SA	SA	18%
Refleksjon inn	LR inn	21%	Total transmisjon TST:	g	70%
Ytelseskode			Total skyggefaktor f1		0,8
U _g -verdi/Lys/Solenergi		1,73 / 75 / 70	Kortbølget skyggefaktor f2		0,74
Ra		97	Lydreduksjon ca	R _w (C;C _{tr}) dB	NPD
Forkorting av "No Performance Determined" oppgis når data ikke finnes eller ikke er relevante for tenkt bruk av produktkombinasjonen			Varmegjennomgang	W/m ² K	1,73

Pilkington Spectrum gir deg mulighet til å kombinere en rekke forskjellige produkter fra Pilkington, og beregne nøkkelerverdier som U-verdi, lystransmisjon og solfaktor. Programmet inneholder restriksjoner på enkelte kombinasjoner som ikke er å anbefale eller er upraktiske. Selv med disse restriksjonene er det mulig å lage kombinasjoner som kanskje ikke er tilgjengelig fra din leverandør. Vennligst sjekk med din leverandør at den kombinasjonen du har valgt er mulig, at den er tilgjengelig i ønskede størrelser og at den er mulig å levere i tide til ditt prosjekt. I tillegg er det også veldig viktig at du forsikrer deg om at produktkombinasjonen tilfredsstillende lokale, regionale, nasjonale og andre produktspesifikke krav.

Tekniske data er beregnet iht. europeisk norm EN 410 og EN 673/12898.

Pilkington Spectrum Online versjon Norway:7.1.0

01/05/2017



BESKRIVELSE

Posisjon	Produkt	Glasstype	Tykkelse (nominell) mm	Vekt kg/m ²
Glass 1	Pilkington Optifloat™ Clear	Vanlig	6,0	
Hulrom 1	Luft		18,0	
Glass 2	Pilkington Optifloat™ Clear	Vanlig	4,0	
Hulrom 2	Luft		18,0	
Glass 3	Pilkington Optitherm™ S3	Vanlig	4,0	
Produktkode	6-18-4-18-S(3)4		50,0	35,00

YTELSER

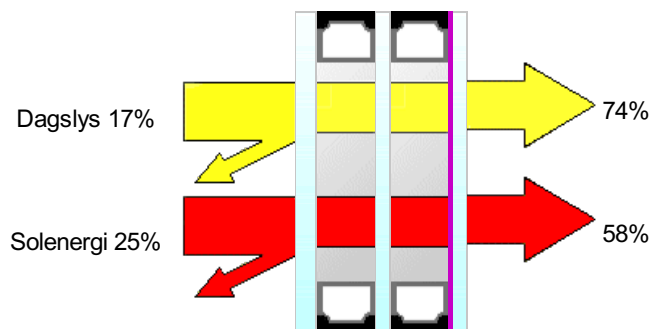
Dagslys			Solenergi		
Transmisjon	LT	74%	Direkte transmisjon	ST	50%
	UV%	24%	Refleksjon	SR	25%
Refleksjon ut	LR ut	17%	Absorpsjon SA	SA	25%
Refleksjon inn	LR inn	17%	Total transmisjon TST:	g	58%
Ytelseskode			Total skyggefaktor f1		0,67
U _g -verdi/Lys/Solenergi		1,02 / 74 / 58	Kortbølget skyggefaktor f2		0,57
Ra		96	Lydreduksjon ca	R _w (C;C _{tr}) dB	NPD
Forkorting av "No Performance Determined" oppgis når data ikke finnes eller ikke er relevante for tenkt bruk av produktkombinasjonen			Varmegjennomgang	W/m ² K	1,02

Pilkington Spectrum gir deg mulighet til å kombinere en rekke forskjellige produkter fra Pilkington, og beregne nøkkelerverdier som U-verdi, lystransmisjon og solfaktor. Programmet inneholder restriksjoner på enkelte kombinasjoner som ikke er å anbefale eller er upraktiske. Selv med disse restriksjonene er det mulig å lage kombinasjoner som kanskje ikke er tilgjengelig fra din leverandør. Vennligst sjekk med din leverandør at den kombinasjonen du har valgt er mulig, at den er tilgjengelig i ønskede størrelser og at den er mulig å levere i tide til ditt prosjekt. I tillegg er det også veldig viktig at du forsikrer deg om at produktkombinasjonen tilfredsstillende lokale, regionale, nasjonale og andre produktspesifikke krav.

Tekniske data er beregnet iht. europeisk norm EN 410 og EN 673/12898.

Pilkington Spectrum Online versjon Norway:7.1.0

01/05/2017



BESKRIVELSE

Posisjon	Produkt	Glasstype	Tykkelse (nominell) mm	Vekt kg/m ²
Glass 1	Pilkington Optifloat TM Clear	Vanlig	6,0	
Hulrom 1	Argon (90%)		18,0	
Glass 2	Pilkington Optifloat TM Clear	Vanlig	4,0	
Hulrom 2	Argon (90%)		18,0	
Glass 3	Pilkington Optitherm TM S3	Vanlig	4,0	
Produktkode	6-18Ar-4-18Ar-S(3)4		50,0	35,00

YTELSER

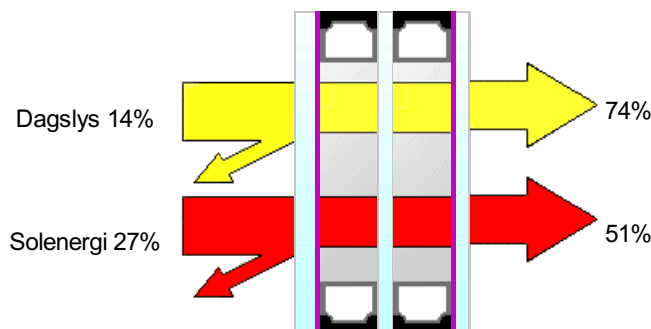
Dagslys			Solenergi		
Transmisjon	LT	74%	Direkte transmisjon	ST	50%
	UV%	24%	Refleksjon	SR	25%
Refleksjon ut	LR ut	17%	Absorpsjon SA	SA	25%
Refleksjon inn	LR inn	17%	Total transmisjon TST:	g	58%
Ytelseskode			Total skyggefaktor f1		0,67
U _g -verdi/Lys/Solenergi		0,86 / 74 / 58	Kortbølget skyggefaktor f2		0,57
Ra		96	Lydreduksjon ca	R _w (C;C _{tr}) dB	NPD
Forkorting av "No Performance Determined" oppgis når data ikke finnes eller ikke er relevante for tenkt bruk av produktkombinasjonen			Varmegjennomgang	W/m ² K	0,86

Pilkington Spectrum gir deg mulighet til å kombinere en rekke forskjellige produkter fra Pilkington, og beregne nøkkelerverdier som U-verdi, lystransmisjon og solfaktor. Programmet inneholder restriksjoner på enkelte kombinasjoner som ikke er å anbefale eller er upraktiske. Selv med disse restriksjonene er det mulig å lage kombinasjoner som kanskje ikke er tilgjengelig fra din leverandør. Vennligst sjekk med din leverandør at den kombinasjonen du har valgt er mulig, at den er tilgjengelig i ønskede størrelser og at den er mulig å levere i tide til ditt prosjekt. I tillegg er det også veldig viktig at du forsikrer deg om at produktkombinasjonen tilfredsstillende lokale, regionale, nasjonale og andre produktspesifikke krav.

Tekniske data er beregnet iht. europeisk norm EN 410 og EN 673/12898.

Pilkington Spectrum Online versjon Norway:7.1.0

01/05/2017



BESKRIVELSE

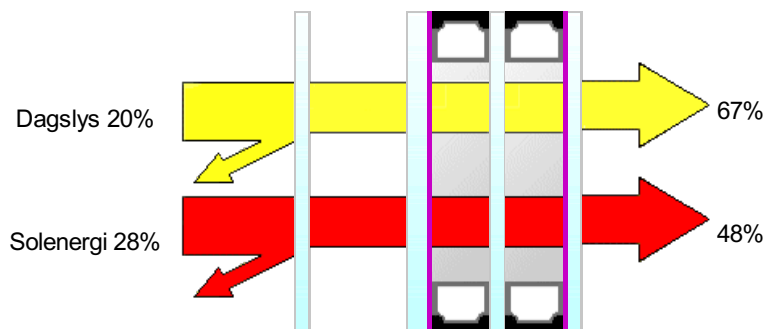
Posisjon	Produkt	Glasstype	Tykkelse (nominell) mm	Vekt kg/m ²
Glass 1	Pilkington Optitherm™ S3	Vanlig	6,0	
Hulrom 1	Argon (90%)		18,0	
Glass 2	Pilkington Optifloat™ Clear	Vanlig	4,0	
Hulrom 2	Argon (90%)		18,0	
Glass 3	Pilkington Optitherm™ S3	Vanlig	4,0	
Produktkode	6S(3)-18Ar-4-18Ar-S(3)4		50,0	35,00

YTELSER

Dagslys			Solenergi		
Transmisjon	LT	74%	Direkte transmisjon	ST	44%
	UV%	15%	Refleksjon	SR	27%
Refleksjon ut	LR ut	14%	Absorpsjon SA	SA	29%
Refleksjon inn	LR inn	14%	Total transmisjon TST:	g	51%
Ytelseskode			Total skyggefaktor f1		0,59
U _g -verdi/Lys/Solenergi		0,53 / 74 / 51	Kortbølget skyggefaktor f2		0,5
Ra		96	Lydreduksjon ca	R _w (C;C _{tr}) dB	NPD
Forkorting av "No Performance Determined" oppgis når data ikke finnes eller ikke er relevante for tenkt bruk av produktkombinasjonen			Varmegjennomgang	W/m ² K	0,53

Pilkington Spectrum gir deg mulighet til å kombinere en rekke forskjellige produkter fra Pilkington, og beregne nøkkerverdier som U-verdi, lystransmisjon og solfaktor. Programmet inneholder restriksjoner på enkelte kombinasjoner som ikke er å anbefale eller er upraktiske. Selv med disse restriksjonene er det mulig å lage kombinasjoner som kanskje ikke er tilgjengelig fra din leverandør. Vennligst sjekk med din leverandør at den kombinasjonen du har valgt er mulig, at den er tilgjengelig i ønskede størrelser og at den er mulig å levere i tide til ditt prosjekt. I tillegg er det også veldig viktig at du forsikrer deg om at produktkombinasjonen tilfredsstillende lokale, regionale, nasjonale og andre produktspesifikke krav.

Tekniske data er beregnet iht. europeisk norm EN 410 og EN 673/12898.



BESKRIVELSE

Posisjon	Produkt	Glasstype	Tykkelse (nominell) mm	Vekt kg/m ²
Glass 1	Pilkington Optifloat™ Clear	Vanlig	4,0	
Hulrom 1	Luft		30,0	
Glass 2	Pilkington Optitherm™ S3	Vanlig	6,0	
Hulrom 2	Argon (90%)		18,0	
Glass 3	Pilkington Optifloat™ Clear	Vanlig	4,0	
Hulrom 3	Argon (90%)		18,0	
Glass 4	Pilkington Optitherm™ S3	Vanlig	4,0	
Produktkode	4+30+S(3)6-18Ar-4-18Ar-S(3)4		84,0	45,00

YTELSER

Dagslys				Solenergi			
Transmisjon	LT		67%	Direkte transmisjon	ST		39%
	UV%		13%	Refleksjon	SR		28%
Refleksjon ut	LR ut		20%	Absorpsjon SA	SA		32%
Refleksjon inn	LR inn		19%	Total transmisjon TST:	g		48%
Ytelseskode				Total skyggefaktor f1			0,55
U _g -verdi/Lys/Solenergi			0,47 / 67 / 48	Kortbølget skyggefaktor f2			0,45
Ra			95	Lydreduksjon ca	R _w (C;C _{tr}) dB		NPD
Forkorting av "No Performance Determined" oppgis når data ikke finnes eller ikke er relevante for tenkt bruk av produktkombinasjonen				Varmegjennomgang	W/m ² K		0,47

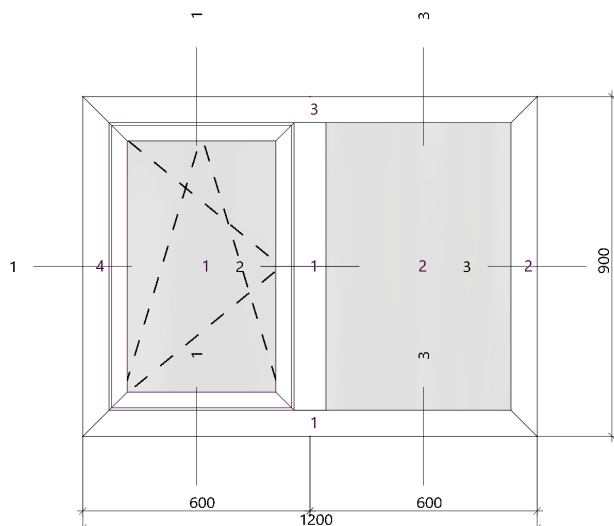
Pilkington Spectrum gir deg mulighet til å kombinere en rekke forskjellige produkter fra Pilkington, og beregne nøkkelerverdier som U-verdi, lystransmisjon og solfaktor. Programmet inneholder restriksjoner på enkelte kombinasjoner som ikke er å anbefale eller er upraktiske. Selv med disse restriksjonene er det mulig å lage kombinasjoner som kanskje ikke er tilgjengelig fra din leverandør. Vennligst sjekk med din leverandør at den kombinasjonen du har valgt er mulig, at den er tilgjengelig i ønskede størrelser og at den er mulig å levere i tide til ditt prosjekt. I tillegg er det også veldig viktig at du forsikrer deg om at produktkombinasjonen tilfredsstillende lokale, regionale, nasjonale og andre produktspesifikke krav.

Tekniske data er beregnet iht. europeisk norm EN 410 og EN 673/12898.

Pilkington Spectrum Online versjon Norway:7.1.0

01/05/2017

Vedlegg C - Resultater fra beregninger i SchueCal 2016 R2

U-verdi-protokoll
(Enebolig)/A1Utvendig
NS-EN 12519

Prosjektnummer: Enebolig
 Posisjonsnummer: A1
 Opprettet dato: 24.04.2017 (Administrator)

Prosjektbetegnelse:
 Posisjonsnavn:
 Siste endring: 03.05.2017 (Administrator)

Stk.	Beskrivelse	Mål	System
1	aluminiumelement	1 200,0 mm x 900,0 mm	Schüco AWS/ADS 50
1	Vindu DV NS høyre	600,0 mm x 900,0 mm	Schüco AWS/ADS 50
1	Faste glass	600,0 mm x 900,0 mm	Schüco AWS/ADS 50

Profiler / kombinasjoner	Uf W/(m ² K)	Rammeareal m ² profilbredde * lengde	Varmetap W/K U-verdi * areal	Isolasjonsavstand / isolerstep
3 341450	2,5# +	0,132	0,33	PA
1 341450 / 341870	3,1# +	0,208	0,64	PA
2 341490 / 341870	3,5# +	0,105	0,37	PA
Profiler / kombinasjoner totalt	3,0	0,445	1,34	

Glassing	Ug W/(m ² K)	Glassareal m ²	Varmetap W/K U-verdi * areal	Avstandsholder
Felt 1 - 6 - 18 luft - 4	2,7	0,262	0,71	Aluminium
Felt 2 - 6 - 18 luft - 4	2,7	0,373	1,01	Aluminium
Glass totalt	2,7	0,635	1,72	

Glassavstandslist	Psi W/(mK)	Lengde m	Varmetap W/K Psi-verdi * lengde
Felt 1 - 6 - 18 luft - 4	0,080	2,118	0,17
Felt 2 - 6 - 18 luft - 4	0,080	2,526	0,20
Avstandslist glass totalt	0,080	4,644	0,37

Totalflate m² 1,080
Profilandel 41,26 %

U-verdi-protokoll
(Enebolig)/A1**Nominell verdi Uw****3,2 W/(m²K)**

Beregning av nominell verdi for varmegjennomgangskoeffisienten Uw for vindu / Ud for dører etter EN ISO 10077-1:2009. Måleverdien Uw,BW / Ud,BW på varmegjennomgangskoeffisienten er lik nominell verdi.

+ = For beregning av U-verdi for vindussystemer blir Uf-verdien for profiler med polythermid-steg benyttet. Ved bruk av polyamid-steg er det avvikende verdier som inntil en endelig fastlegging av verdien blir lagt til med 0,1 eller 0,2 W/(m²K) avhengig av system. Uf-verdien må bevises ved hjelp av en rapport fra en akkreditert institusjon.

= i motsetning til valget under tekniske grunddata blir polyamid-steg beregnet.

Inputdataene i den foreliggende beregningen er ikke kontrollert av ift Rosenheim og en tilhørende påvisning av dataene må benyttes som et medgjeldende dokument. Ansvar for riktigheten av inputdataene og beregningsresultatene som følger av disse ligger hos brukeren.

U-verdiberegningen i SchüCal med beregningsmodulen fra 20.06.2013 er kontrollert for plausibilitet etter ift retningslinje WA-05/2 av ift Rosenheim.

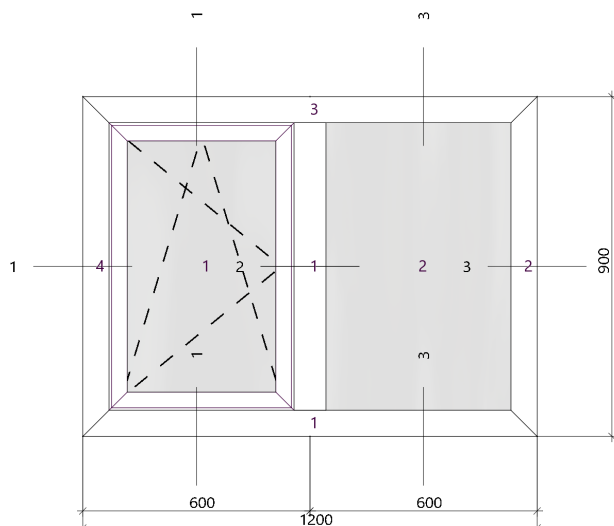


Berechnungskern calculation engine
EN ISO 10077-1:2009
EN ISO 12631:2012
13-000693-PR01 (PB-A01-06-de-05)

ROSENHEIM ift WA-05/2

Angivelser på denne listen som er beregnet av programmet, må kontrolleres !

Sjekk tilhørende bemerkings- og feilliste.

U-verdi-protokoll
(Enebolig)/A2

Utvendig
NS-EN 12519

Prosjektnummer: Enebolig
Posisjonsnummer: A2
Opprettet dato: 26.04.2017 (Administrator)

Prosjektbetegnelse:
Posisjonsnavn:
Siste endring: 03.05.2017 (Administrator)

Stk.	Beskrivelse	Mål	System
1	aluminiumelement	1 200,0 mm x 900,0 mm	Schüco AWS/ADS 50
1	Vindu DV NS høyre	600,0 mm x 900,0 mm	Schüco AWS/ADS 50
1	Faste glass	600,0 mm x 900,0 mm	Schüco AWS/ADS 50

Profiler / kombinasjoner	Uf W/(m ² K)	Rammeareal m ² profilbredde * lengde	Varmetap W/K U-verdi * areal	Isolasjonsavstand / isolersteg
3 341450	2,5# +	0,132	0,33	PA
1 341450 / 341870	3,1# +	0,208	0,64	PA
2 341490 / 341870	3,5# +	0,105	0,37	PA
Profiler / kombinasjoner totalt	3,0	0,445	1,34	

Glassing	Ug W/(m ² K)	Glassareal m ²	Varmetap W/K U-verdi * areal	Avstandsholder
Felt 1 - 6 - 18 argon - 4	2,6	0,262	0,68	Aluminium
Felt 2 - 6 - 18 argon - 4	2,6	0,373	0,97	Aluminium
Glass totalt	2,6	0,635	1,65	

Glassavstandslist	Psi W/(mK)	Lengde m	Varmetap W/K Psi-verdi * lengde
Felt 1 - 6 - 18 argon - 4	0,080	2,118	0,17
Felt 2 - 6 - 18 argon - 4	0,080	2,526	0,20
Avstandslist glass totalt	0,080	4,644	0,37

Totalflate m² 1,080
Profilandel 41,26 %

U-verdi-protokoll
(Enebolig)/A2**Nominell verdi Uw****3,1 W/(m²K)**

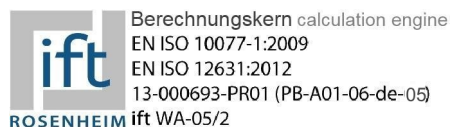
Beregning av nominell verdi for varmegjennomgangskoeffisienten Uw for vindu / Ud for dører etter EN ISO 10077-1:2009. Måleverdien Uw,BW / Ud,BW på varmegjennomgangskoeffisienten er lik nominell verdi.

+ = For beregning av U-verdi for vindussystemer blir Uf-verdien for profiler med polythermid-steg benyttet. Ved bruk av polyamid-steg er det avvikende verdier som inntil en endelig fastlegging av verdien blir lagt til med 0,1 eller 0,2 W/(m²K) avhengig av system. Uf-verdien må bevises ved hjelp av en rapport fra en akkreditert institusjon.

= i motsetning til valget under tekniske grunddata blir polyamid-steg beregnet.

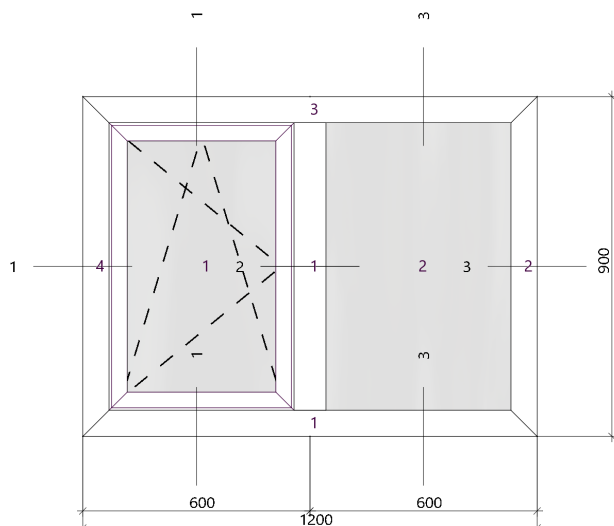
Inputdataene i den foreliggende beregningen er ikke kontrollert av ift Rosenheim og en tilhørende påvisning av dataene må benyttes som et medgjeldende dokument. Ansvar for riktigheten av inputdataene og beregningsresultatene som følger av disse ligger hos brukeren.

U-verdiberegningen i SchüCal med beregningsmodulen fra 20.06.2013 er kontrollert for plausibilitet etter ift retningslinje WA-05/2 av ift Rosenheim.



Angivelser på denne listen som er beregnet av programmet, må kontrolleres !

Sjekk tilhørende bemerkings- og feilliste.

U-verdi-protokoll
(Enebolig)/A3

Utvendig
NS-EN 12519

Prosjektnummer: Enebolig
Posisjonsnummer: A3
Opprettet dato: 03.05.2017 (Administrator)

Prosjektbetegnelse:
Posisjonsnavn:
Siste endring: 03.05.2017 (Administrator)

Stk.	Beskrivelse	Mål	System
1	aluminiumelement	1 200,0 mm x 900,0 mm	Schüco AWS/ADS 50
1	Vindu DV NS høyre	600,0 mm x 900,0 mm	Schüco AWS/ADS 50
1	Faste glass	600,0 mm x 900,0 mm	Schüco AWS/ADS 50

Profiler / kombinasjoner	Uf W/(m ² K)	Rammeareal m ² profilbredde * lengde	Varmetap W/K U-verdi * areal	Isolasjonsavstand / isolersteg
3 341450	2,5# +	0,132	0,33	PA
1 341450 / 341870	3,1# +	0,208	0,64	PA
2 341490 / 341870	3,5# +	0,105	0,37	PA
Profiler / kombinasjoner totalt	3,0	0,445	1,34	

Glassing	Ug W/(m ² K)	Glassareal m ²	Varmetap W/K U-verdi * areal	Avstandsholder
Felt 1 - 6 - 18 krypton - 4	2,6	0,262	0,68	Aluminium
Felt 2 - 6 - 18 krypton - 4	2,6	0,373	0,97	Aluminium
Glass totalt	2,6	0,635	1,65	

Glassavstandslist	Psi W/(mK)	Lengde m	Varmetap W/K Psi-verdi * lengde
Felt 1 - 6 - 18 krypton - 4	0,080	2,118	0,17
Felt 2 - 6 - 18 krypton - 4	0,080	2,526	0,20
Avstandslist glass totalt	0,080	4,644	0,37

Totalflate m² 1,080
Profilandel 41,26 %

U-verdi-protokoll
(Enebolig)/A3**Nominell verdi Uw****3,1 W/(m²K)**

Beregning av nominell verdi for varmegjennomgangskoeffisienten Uw for vindu / Ud for dører etter EN ISO 10077-1:2009. Måleverdien Uw,BW / Ud,BW på varmegjennomgangskoeffisienten er lik nominell verdi.

+ = For beregning av U-verdi for vindussystemer blir Uf-verdien for profiler med polythermid-steg benyttet. Ved bruk av polyamid-steg er det avvikende verdier som inntil en endelig fastlegging av verdien blir lagt til med 0,1 eller 0,2 W/(m²K) avhengig av system. Uf-verdien må bevises ved hjelp av en rapport fra en akkreditert institusjon.

= i motsetning til valget under tekniske grunddata blir polyamid-steg beregnet.

Inputdataene i den foreliggende beregningen er ikke kontrollert av ift Rosenheim og en tilhørende påvisning av dataene må benyttes som et medgjeldende dokument. Ansvar for riktigheten av inputdataene og beregningsresultatene som følger av disse ligger hos brukeren.

U-verdiberegningen i SchüCal med beregningsmodulen fra 20.06.2013 er kontrollert for plausibilitet etter ift retningslinje WA-05/2 av ift Rosenheim.

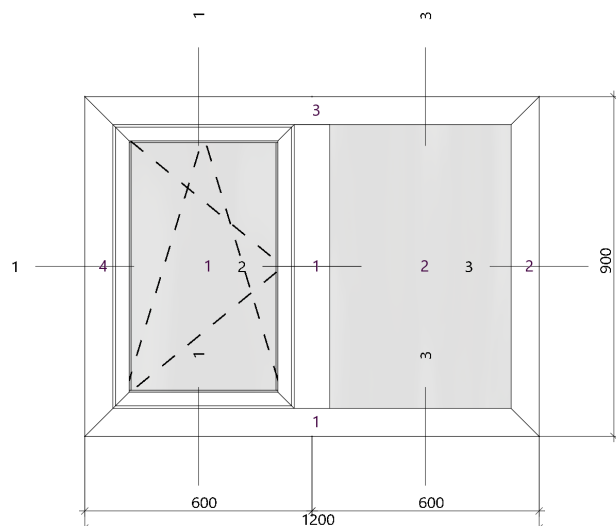


Berechnungskern calculation engine
EN ISO 10077-1:2009
EN ISO 12631:2012
13-000693-PR01 (PB-A01-06-de-05)

ROSENHEIM ift WA-05/2

Angivelser på denne listen som er beregnet av programmet, må kontrolleres !

Sjekk tilhørende bemerkings- og feilliste.

U-verdi-protokoll
(Enebolig)/A4

Utvendig
NS-EN 12519

Prosjektnummer: Enebolig
Posisjonsnummer: A4
Opprettet dato: 03.05.2017 (Administrator)

Prosjektbetegnelse:
Posisjonsnavn:
Siste endring: 03.05.2017 (Administrator)

Stk.	Beskrivelse	Mål	System
1	aluminiumelement	1 200,0 mm x 900,0 mm	Schüco AWS 90.SI+/ADS 90.SI/ADS 90 PL.SI
1	Vindu DV NS høyre	600,0 mm x 900,0 mm	Schüco AWS 90.SI+/ADS 90.SI/ADS 90 PL.SI
1	Faste glass	600,0 mm x 900,0 mm	Schüco AWS 90.SI+/ADS 90.SI/ADS 90 PL.SI

Profiler / kombinasjoner	Uf W/(m ² K)	Rammeareal m ² profilbredde * lengde	Varmetap W/K U-verdi * areal	Isolasjonsavstand / isolerstep
3 441090	0,91#	0,141	0,13	PA
1 441090 / 441780	1,0#	0,215	0,21	PA
2 441170 / 441780	1,2#	0,113	0,14	PA
Profiler / kombinasjoner totalt	1,0	0,469	0,48	

Glassing	Ug W/(m ² K)	Glassareal m ²	Varmetap W/K U-verdi * areal	Avstandsholder
Felt 1 - 6 - 18 luft - 4 LE	1,4	0,251	0,35	Aluminium
Felt 2 - 6 - 18 luft - 4 LE	1,4	0,360	0,50	Aluminium
Glass totalt	1,4	0,611	0,85	

Glassavstandslist	Psi W/(mK)	Lengde m	Varmetap W/K Psi-verdi * lengde
Felt 1 - 6 - 18 luft - 4 LE	0,080	2,118	0,17
Felt 2 - 6 - 18 luft - 4 LE	0,080	2,486	0,20
Avstandslist glass totalt	0,080	4,604	0,37

U-verdi-protokoll
(Enebolig)/A4

Totalflate m² 1,080
Profilandel 43,38 %

Nominell verdi Uw 1,6 W/(m²K)

Beregning av nominell verdi for varmegjennomgangskoeffisienten Uw for vindu / Ud for dører etter EN ISO 10077-1:2009. Måleverdien Uw,BW / Ud,BW på varmegjennomgangskoeffisienten er lik nominell verdi.

= i motsetning til valget under tekniske grunndata blir polyamid-steg beregnet.

Inputdataene i den foreliggende beregningen er ikke kontrollert av ift Rosenheim og en tilhørende påvisning av dataene må benyttes som et medgjeldende dokument. Ansvar for riktigheten av inputdataene og beregningsresultatene som følger av disse ligger hos brukeren.

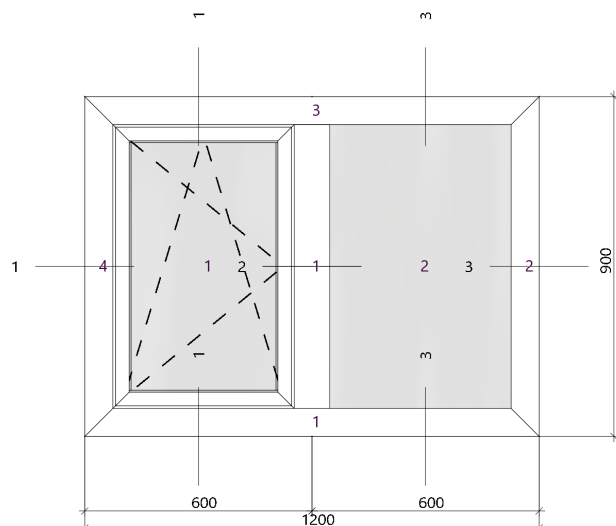
U-verdiberegningen i SchüCal med beregningsmodulen fra 20.06.2013 er kontrollert for plausibilitet etter ift retningslinje WA-05/2 av ift Rosenheim.



Berechnungskern calculation engine
EN ISO 10077-1:2009
EN ISO 12631:2012
13-000693-PR01 (PB-A01-06-de-05)
ROSENHEIM ift WA-05/2

Angivelser på denne listen som er beregnet av programmet, må kontrolleres !

Sjekk tilhørende bemerknings- og feilliste.

U-verdi-protokoll
(Enebolig)/A5

Utvendig
NS-EN 12519

Prosjektnummer: Enebolig
 Posisjonsnummer: A5
 Opprettet dato: 03.05.2017 (Administrator)

Prosjektbetegnelse:
 Posisjonsnavn:
 Siste endring: 03.05.2017 (Administrator)

Stk.	Beskrivelse	Mål	System
1	aluminiumelement	1 200,0 mm x 900,0 mm	Schüco AWS 90.SI+/ADS 90.SI/ADS 90 PL.SI
1	Vindu DV NS høyre	600,0 mm x 900,0 mm	Schüco AWS 90.SI+/ADS 90.SI/ADS 90 PL.SI
1	Faste glass	600,0 mm x 900,0 mm	Schüco AWS 90.SI+/ADS 90.SI/ADS 90 PL.SI

Profiler / kombinasjoner	Uf W/(m²K)	Rammeareal m² profilbredde * lengde	Varmetap W/K U-verdi * areal	Isolasjonsavstand / isolerstep
3 441090	0,91#	0,141	0,13	PA
1 441090 / 441780	1,0#	0,215	0,21	PA
2 441170 / 441780	1,2#	0,113	0,14	PA
Profiler / kombinasjoner totalt	1,0	0,469	0,48	

Glassing	Ug W/(m²K)	Glassareal m²	Varmetap W/K U-verdi * areal	Avstandsholder
Felt 1 - 6 - 18 argon - 4 LE	1,1	0,251	0,28	Aluminium
Felt 2 - 6 - 18 argon - 4 LE	1,1	0,360	0,40	Aluminium
Glass totalt	1,1	0,611	0,68	

Glassavstandslist	Psi W/(mK)	Lengde m	Varmetap W/K Psi-verdi * lengde
Felt 1 - 6 - 18 argon - 4 LE	0,11	2,118	0,23
Felt 2 - 6 - 18 argon - 4 LE	0,11	2,486	0,27
Avstandslist glass totalt	0,11	4,604	0,50

U-verdi-protokoll
(Enebolig)/A5

Totalflate m² 1,080
Profilandel 43,38 %

Nominell verdi Uw 1,5 W/(m²K)

Beregning av nominell verdi for varmegjennomgangskoeffisienten Uw for vindu / Ud for dører etter EN ISO 10077-1:2009. Måleverdien Uw,BW / Ud,BW på varmegjennomgangskoeffisienten er lik nominell verdi.

= i motsetning til valget under tekniske grunddata blir polyamid-steg beregnet.

Inputdataene i den foreliggende beregningen er ikke kontrollert av ift Rosenheim og en tilhørende påvisning av dataene må benyttes som et medgjeldende dokument. Ansvar for riktigheten av inputdataene og beregningsresultatene som følger av disse ligger hos brukeren.

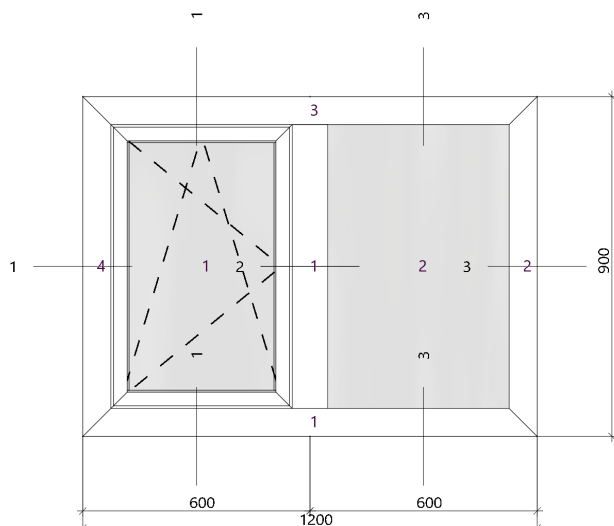
U-verdiberegningen i SchüCal med beregningsmodulen fra 20.06.2013 er kontrollert for plausibilitet etter ift retningslinje WA-05/2 av ift Rosenheim.



Berechnungskern calculation engine
EN ISO 10077-1:2009
EN ISO 12631:2012
13-000693-PR01 (PB-A01-06-de-05)
ROSENHEIM ift WA-05/2

Angivelser på denne listen som er beregnet av programmet, må kontrolleres !

Sjekk tilhørende bemerknings- og feilliste.

U-verdi-protokoll
(Enebolig)/A6

Utvendig
NS-EN 12519

Prosjektnummer: Enebolig
Posisjonsnummer: A6
Opprettet dato: 03.05.2017 (Administrator)

Prosjektbetegnelse:
Posisjonsnavn:
Siste endring: 03.05.2017 (Administrator)

Stk.	Beskrivelse	Mål	System
1	aluminiumelement	1 200,0 mm x 900,0 mm	Schüco AWS 90.SI+/ADS 90.SI/ADS 90 PL.SI
1	Vindu DV NS høyre	600,0 mm x 900,0 mm	Schüco AWS 90.SI+/ADS 90.SI/ADS 90 PL.SI
1	Faste glass	600,0 mm x 900,0 mm	Schüco AWS 90.SI+/ADS 90.SI/ADS 90 PL.SI

Profiler / kombinasjoner	Uf W/(m²K)	Rammeareal m² profilbredde * lengde	Varmetap W/K U-verdi * areal	Isolasjonsavstand / isolerstep
3 441090	0,91#	0,141	0,13	PA
1 441090 / 441780	1,0#	0,215	0,21	PA
2 441170 / 441780	1,2#	0,113	0,14	PA
Profiler / kombinasjoner totalt	1,0	0,469	0,48	

Glassing	Ug W/(m²K)	Glassareal m²	Varmetap W/K U-verdi * areal	Avstandsholder
Felt 1 - 6 - 18 krypton - 4 LE	1,1	0,251	0,28	Aluminium
Felt 2 - 6 - 18 krypton - 4 LE	1,1	0,360	0,40	Aluminium
Glass totalt	1,1	0,611	0,68	

Glassavstandslist	Psi W/(mK)	Lengde m	Varmetap W/K Psi-verdi * lengde
Felt 1 - 6 - 18 krypton - 4 LE	0,11	2,118	0,23
Felt 2 - 6 - 18 krypton - 4 LE	0,11	2,486	0,27
Avstandslist glass totalt	0,11	4,604	0,50

U-verdi-protokoll
(Enebolig)/A6

Totalflate m² 1,080
Profilandel 43,38 %

Nominell verdi Uw 1,5 W/(m²K)

Beregning av nominell verdi for varmegjennomgangskoeffisienten Uw for vindu / Ud for dører etter EN ISO 10077-1:2009. Måleverdien Uw,BW / Ud,BW på varmegjennomgangskoeffisienten er lik nominell verdi.

= i motsetning til valget under tekniske grunddata blir polyamid-steg beregnet.

Inputdataene i den foreliggende beregningen er ikke kontrollert av ift Rosenheim og en tilhørende påvisning av dataene må benyttes som et medgjeldende dokument. Ansvar for riktigheten av inputdataene og beregningsresultatene som følger av disse ligger hos brukeren.

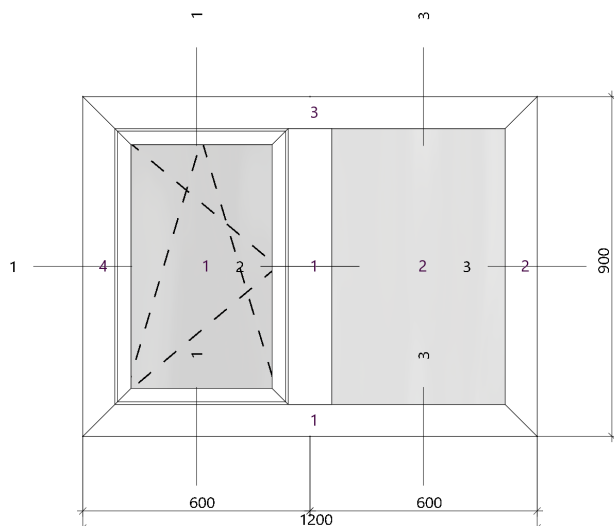
U-verdiberegningen i SchüCal med beregningsmodulen fra 20.06.2013 er kontrollert for plausibilitet etter ift retningslinje WA-05/2 av ift Rosenheim.



Berechnungskern calculation engine
EN ISO 10077-1:2009
EN ISO 12631:2012
13-000693-PR01 (PB-A01-06-de-05)
ROSENHEIM ift WA-05/2

Angivelser på denne listen som er beregnet av programmet, må kontrolleres !

Sjekk tilhørende bemerknings- og feilliste.

U-verdi-protokoll
(Enebolig)/A7

Utvendig
NS-EN 12519

Prosjektnummer: Enebolig
Posisjonsnummer: A7
Opprettet dato: 03.05.2017 (Administrator)

Prosjektbetegnelse:
Posisjonsnavn:
Siste endring: 03.05.2017 (Administrator)

Stk.	Beskrivelse	Mål	System
1	aluminiumelement	1 200,0 mm x 900,0 mm	Schüco AWS 120 CC.SI
1	Vindu DV NS høyre	600,0 mm x 900,0 mm	Schüco AWS 120 CC.SI
1	Faste glass	600,0 mm x 900,0 mm	Schüco AWS 120 CC.SI

Profiler / kombinasjoner	Uf W/(m ² K)	Rammeareal m ² profilbredde * lengde	Varmetap W/K U-verdi * areal	Isolasjonsavstand / isolersteg
3 442820	1,0#	0,158	0,16	PA
1 442820 / 442890	0,94#	0,222	0,21	PA
2 442830 / 442890	1,1#	0,124	0,14	PA
Profiler / kombinasjoner totalt	1,00	0,504	0,51	

Glassing	Ug W/(m ² K)	Glassareal m ²	Varmetap W/K U-verdi * areal	Avstandsholder
Felt 1 - 6 - 18 argon - 4 LE	2,7	0,241	0,65	Aluminium
Felt 2 - 6 - 18 argon - 4 - 18 argon - 4 LE	0,9	0,335	0,30	Aluminium
Glass totalt	1,7	0,576	0,95	

Glassavstandslist	Psi W/(mK)	Lengde m	Varmetap W/K Psi-verdi * lengde
Felt 1 - 6 - 18 argon - 4 LE	0,11	2,038	0,22
Felt 2 - 6 - 18 argon - 4 - 18 argon - 4 LE	0,11	2,378	0,26
Avstandslist glass totalt	0,11	4,416	0,48

Totalflate m² **1,080**

U-verdi-protokoll
(Enebolig)/A7**Profilandel****46,69 %****Nominell verdi Uw****1,8 W/(m²K)**

Beregning av nominell verdi for varmegjennomgangskoeffisienten U_w for vindu / U_d for dører etter EN ISO 10077-1:2009. Måleverdien $U_{w,BW}$ / $U_{d,BW}$ på varmegjennomgangskoeffisienten er lik nominell verdi.

= i motsetning til valget under tekniske grunndata blir polyamid-steg beregnet.

Inputdataene i den foreliggende beregningen er ikke kontrollert av ift Rosenheim og en tilhørende påvisning av dataene må benyttes som et medgjeldende dokument. Ansvar for riktigheten av inputdataene og beregningsresultatene som følger av disse ligger hos brukeren.

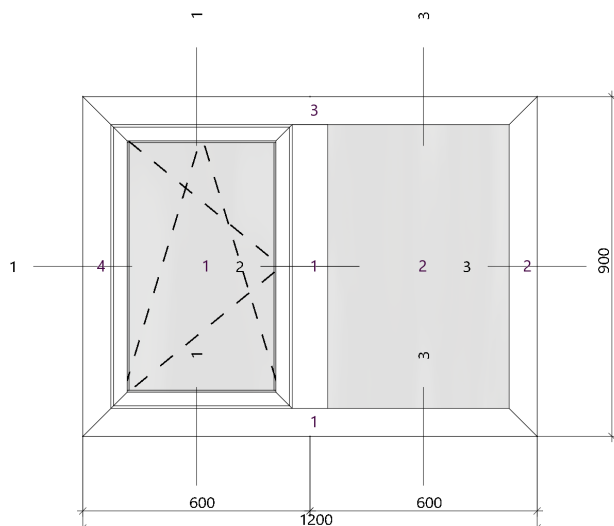
U-verdiberegningen i SchüCal med beregningsmodulen fra 20.06.2013 er kontrollert for plausibilitet etter ift retningslinje WA-05/2 av ift Rosenheim.



Berechnungskern calculation engine
EN ISO 10077-1:2009
EN ISO 12631:2012
13-000693-PR01 (PB-A01-06-de-05)
ift WA-05/2

Angivelser på denne listen som er beregnet av programmet, må kontrolleres !

Sjekk tilhørende bemerkings- og feilliste.

U-verdi-protokoll
(Enebolig)/A8

Utvendig
NS-EN 12519

Prosjektnummer: Enebolig
Posisjonsnummer: A8
Opprettet dato: 03.05.2017 (Administrator)

Prosjektbetegnelse:
Posisjonsnavn:
Siste endring: 03.05.2017 (Administrator)

Stk.	Beskrivelse	Mål	System
1	aluminiumelement	1 200,0 mm x 900,0 mm	Schüco AWS 90.SI+/ADS 90.SI/ADS 90 PL.SI
1	Vindu DV NS høyre	600,0 mm x 900,0 mm	Schüco AWS 90.SI+/ADS 90.SI/ADS 90 PL.SI
1	Faste glass	600,0 mm x 900,0 mm	Schüco AWS 90.SI+/ADS 90.SI/ADS 90 PL.SI

Profiler / kombinasjoner	Uf W/(m ² K)	Rammeareal m ² profilbredde * lengde	Varmetap W/K U-verdi * areal	Isolasjonsavstand / isolerstep
3 441090	0,91#	0,141	0,13	PA
1 441090 / 441780	1,0#	0,215	0,21	PA
2 441170 / 441780	1,2#	0,113	0,14	PA
Profiler / kombinasjoner totalt	1,0	0,469	0,48	

Glassing	Ug W/(m ² K)	Glassareal m ²	Varmetap W/K U-verdi * areal	Avstandsholder
Felt 1 - 6 - 18 luft - 4 - 18 luft - 4	1,7	0,251	0,43	Aluminium
Felt 2 - 6 - 18 luft - 4 - 18 luft - 4	1,7	0,360	0,61	Aluminium
Glass totalt	1,7	0,611	1,04	

Glassavstandslist	Psi W/(mK)	Lengde m	Varmetap W/K Psi-verdi * lengde
Felt 1 - 6 - 18 luft - 4 - 18 luft - 4	0,11	2,118	0,23
Felt 2 - 6 - 18 luft - 4 - 18 luft - 4	0,11	2,486	0,27
Avstandslist glass totalt	0,11	4,604	0,50

U-verdi-protokoll
(Enebolig)/A8

Totalflate m² 1,080
Profilandel 43,38 %

Nominell verdi Uw 1,9 W/(m²K)

Beregning av nominell verdi for varmegjennomgangskoeffisienten Uw for vindu / Ud for dører etter EN ISO 10077-1:2009. Måleverdien Uw,BW / Ud,BW på varmegjennomgangskoeffisienten er lik nominell verdi.

= i motsetning til valget under tekniske grunddata blir polyamid-steg beregnet.

Inputdataene i den foreliggende beregningen er ikke kontrollert av ift Rosenheim og en tilhørende påvisning av dataene må benyttes som et medgjeldende dokument. Ansvar for riktigheten av inputdataene og beregningsresultatene som følger av disse ligger hos brukeren.

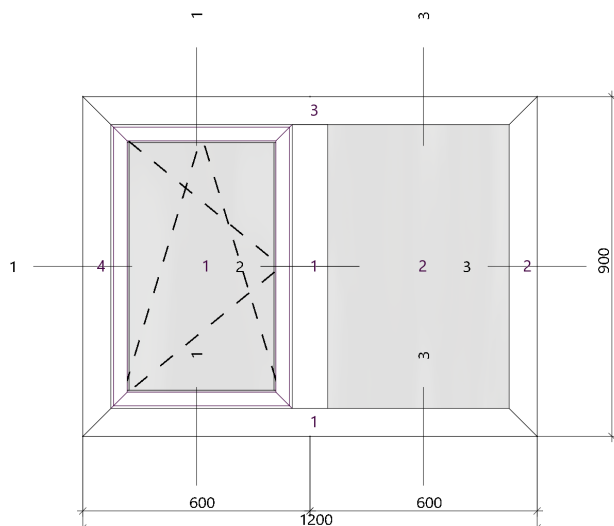
U-verdiberegningen i SchüCal med beregningsmodulen fra 20.06.2013 er kontrollert for plausibilitet etter ift retningslinje WA-05/2 av ift Rosenheim.



Berechnungskern calculation engine
EN ISO 10077-1:2009
EN ISO 12631:2012
13-000693-PR01 (PB-A01-06-de-05)
ROSENHEIM ift WA-05/2

Angivelser på denne listen som er beregnet av programmet, må kontrolleres !

Sjekk tilhørende bemerknings- og feilliste.

U-verdi-protokoll
(Enebolig)/A9

Utvendig
NS-EN 12519

Prosjektnummer: Enebolig
Posisjonsnummer: A9
Opprettet dato: 03.05.2017 (Administrator)

Prosjektbetegnelse:
Posisjonsnavn:
Siste endring: 03.05.2017 (Administrator)

Stk.	Beskrivelse	Mål	System
1	aluminielement	1 200,0 mm x 900,0 mm	Schüco AWS 90.SI+/ADS 90.SI/ADS 90 PL.SI
1	Vindu DV NS høyre	600,0 mm x 900,0 mm	Schüco AWS 90.SI+/ADS 90.SI/ADS 90 PL.SI
1	Faste glass	600,0 mm x 900,0 mm	Schüco AWS 90.SI+/ADS 90.SI/ADS 90 PL.SI

Profiler / kombinasjoner	Uf W/(m²K)	Rammeareal m² profilbredde * lengde	Varmetap W/K U-verdi * areal	Isolasjonsavstand / isolerstep
3 441090	0,91#	0,141	0,13	PA
1 441090 / 441780	1,0#	0,215	0,21	PA
2 441170 / 441780	1,2#	0,113	0,14	PA
Profiler / kombinasjoner totalt	1,0	0,469	0,48	

Glassing	Ug W/(m²K)	Glassareal m²	Varmetap W/K U-verdi * areal	Avstandsholder
Felt 1 - 6 - 18 luft - 4 - 18 luft - 4 LE	1,0	0,251	0,25	Aluminium
Felt 2 - 6 - 18 luft - 4 - 18 luft - 4 LE	1,0	0,360	0,36	Aluminium
Glass totalt	1,0	0,611	0,61	

Glassavstandslist	Psi W/(mK)	Lengde m	Varmetap W/K Psi-verdi * lengde
Felt 1 - 6 - 18 luft - 4 - 18 luft - 4 LE	0,11	2,118	0,23

U-verdi-protokoll
(Enebolig)/A9

Felt 2 - 6 - 18 luft - 4 - 18 luft - 4 LE	0,11	2,486	0,27
--	------	-------	------

Avstandslist glass totalt	0,11	4,604	0,50
----------------------------------	-------------	--------------	-------------

Totalflate m²	1,080
---------------------------------	--------------

Profilandel	43,38 %
--------------------	----------------

Nominell verdi Uw**1,5 W/(m²K)**

Beregning av nominell verdi for varmegjennomgangskoeffisienten Uw for vindu / Ud for dører etter EN ISO 10077-1:2009. Måleverdien Uw,BW / Ud,BW på varmegjennomgangskoeffisienten er lik nominell verdi.

= i motsetning til valget under tekniske grunndata blir polyamid-steg beregnet.

Inputdataene i den foreliggende beregningen er ikke kontrollert av ift Rosenheim og en tilhørende påvisning av dataene må benyttes som et medgjeldende dokument. Ansvar for riktigheten av inputdataene og beregningsresultatene som følger av disse ligger hos brukeren.

U-verdiberegningen i SchüCal med beregningsmodulen fra 20.06.2013 er kontrollert for plausibilitet etter ift retningslinje WA-05/2 av ift Rosenheim.



Berechnungskern calculation engine

EN ISO 10077-1:2009

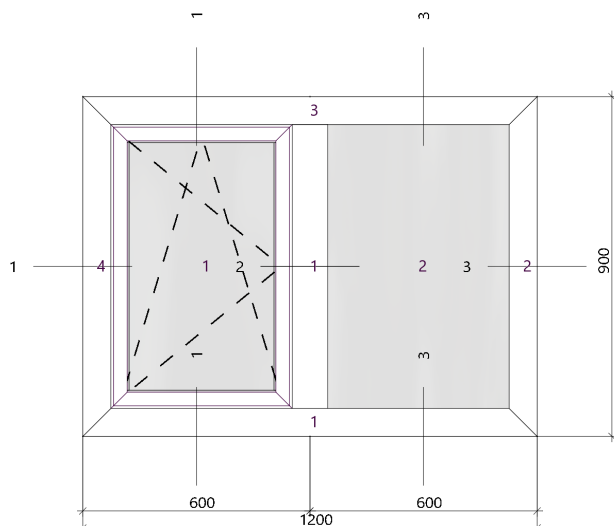
EN ISO 12631:2012

13-000693-PR01 (PB-A01-06-de-05)

ROSENHEIM ift WA-05/2

Angivelser på denne listen som er beregnet av programmet, må kontrolleres !

Sjekk tilhørende bemerknings- og feilliste.

U-verdi-protokoll
(Enebolig)/A10

Utvendig
NS-EN 12519

Prosjektnummer: Enebolig
Posisjonsnummer: A10
Opprettet dato: 03.05.2017 (Administrator)

Prosjektbetegnelse:
Posisjonsnavn:
Siste endring: 03.05.2017 (Administrator)

Stk.	Beskrivelse	Mål	System
1	aluminiumelement	1 200,0 mm x 900,0 mm	Schüco AWS 90.SI+/ADS 90.SI/ADS 90 PL.SI
1	Vindu DV NS høyre	600,0 mm x 900,0 mm	Schüco AWS 90.SI+/ADS 90.SI/ADS 90 PL.SI
1	Faste glass	600,0 mm x 900,0 mm	Schüco AWS 90.SI+/ADS 90.SI/ADS 90 PL.SI

Profiler / kombinasjoner	Uf W/(m²K)	Rammeareal m² profilbredde * lengde	Varmetap W/K U-verdi * areal	Isolasjonsavstand / isolerstep
3 441090	0,91#	0,141	0,13	PA
1 441090 / 441780	1,0#	0,215	0,21	PA
2 441170 / 441780	1,2#	0,113	0,14	PA
Profiler / kombinasjoner totalt	1,0	0,469	0,48	

Glassing	Ug W/(m²K)	Glassareal m²	Varmetap W/K U-verdi * areal	Avstandsholder
Felt 1 - 6 - 18 argon - 4 - 18 argon - 4 LE	0,9	0,251	0,23	Aluminium
Felt 2 - 6 - 18 argon - 4 - 18 argon - 4 LE	0,9	0,360	0,32	Aluminium
Glass totalt	0,9	0,611	0,55	

Glassavstandslist	Psi W/(mK)	Lengde m	Varmetap W/K Psi-verdi * lengde
Felt 1 - 6 - 18 argon - 4 - 18 argon - 4 LE	0,11	2,118	0,23

U-verdi-protokoll
(Enebolig)/A10

Felt 2 - 6 - 18 argon - 4 - 18 argon - 4 LE	0,11	2,486	0,27
Avstandslist glass totalt	0,11	4,604	0,50

Totalflate m²	1,080
Profilandel	43,38 %

Nominell verdi Uw **1,4 W/(m²K)**

Beregning av nominell verdi for varmegjennomgangskoeffisienten Uw for vindu / Ud for dører etter EN ISO 10077-1:2009. Måleverdien Uw,BW / Ud,BW på varmegjennomgangskoeffisienten er lik nominell verdi.

= i motsetning til valget under tekniske grunndata blir polyamid-steg beregnet.

Inputdataene i den foreliggende beregningen er ikke kontrollert av ift Rosenheim og en tilhørende påvisning av dataene må benyttes som et medgjeldende dokument. Ansvar for riktigheten av inputdataene og beregningsresultatene som følger av disse ligger hos brukeren.

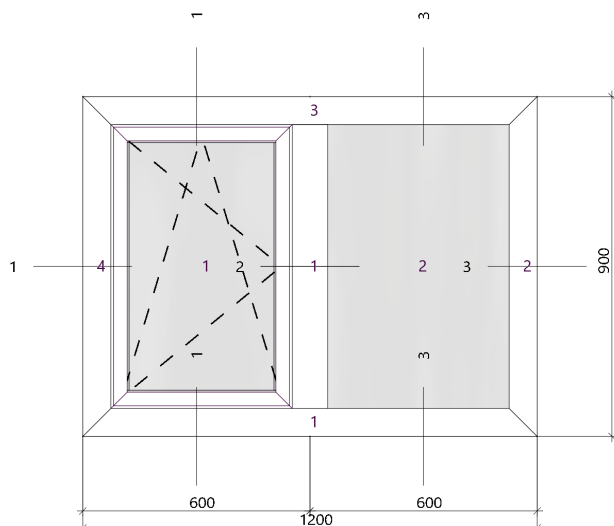
U-verdiberegningen i SchüCal med beregningsmodulen fra 20.06.2013 er kontrollert for plausibilitet etter ift retningslinje WA-05/2 av ift Rosenheim.



Berechnungskern calculation engine
EN ISO 10077-1:2009
EN ISO 12631:2012
13-000693-PR01 (PB-A01-06-de-05)
ROSENHEIM ift WA-05/2

Angivelser på denne listen som er beregnet av programmet, må kontrolleres !

Sjekk tilhørende bemerknings- og feilliste.

U-verdi-protokoll
(Enebolig)/A11

Utvendig
NS-EN 12519

Prosjektnummer: Enebolig
Posisjonsnummer: A11
Opprettet dato: 03.05.2017 (Administrator)

Prosjektbetegnelse:
Posisjonsnavn:
Siste endring: 03.05.2017 (Administrator)

Stk.	Beskrivelse	Mål	System
1	aluminiumelement	1 200,0 mm x 900,0 mm	Schüco AWS 90.SI+/ADS 90.SI/ADS 90 PL.SI
1	Vindu DV NS høyre	600,0 mm x 900,0 mm	Schüco AWS 90.SI+/ADS 90.SI/ADS 90 PL.SI
1	Faste glass	600,0 mm x 900,0 mm	Schüco AWS 90.SI+/ADS 90.SI/ADS 90 PL.SI

Profiler / kombinasjoner	Uf W/(m²K)	Rammeareal m² profilbredde * lengde	Varmetap W/K U-verdi * areal	Isolasjonsavstand / isolerstep
3 441090	0,91#	0,141	0,13	PA
1 441090 / 441780	1,0#	0,215	0,21	PA
2 441170 / 441780	1,2#	0,113	0,14	PA
Profiler / kombinasjoner totalt	1,0	0,469	0,48	

Glassing	Ug W/(m²K)	Glassareal m²	Varmetap W/K U-verdi * areal	Avstandsholder
Felt 1 - 6 LE - 18 argon - 4 - 18 argon - 4 LE	0,5	0,251	0,13	Aluminium
Felt 2 - 6 LE - 18 argon - 4 - 18 argon - 4 LE	0,5	0,360	0,18	Aluminium
Glass totalt	0,5	0,611	0,31	

Glassavstandslist	Psi W/(mK)	Lengde m	Varmetap W/K Psi-verdi * lengde
Felt 1 - 6 LE - 18 argon - 4 - 18 argon - 4 LE	0,11	2,118	0,23

U-verdi-protokoll
(Enebolig)/A11

Felt 2 - 6 LE - 18 argon - 4 - 18 argon - 4 LE	0,11	2,486	0,27
Avstandslist glass totalt	0,11	4,604	0,50

Totalflate m²	1,080
Profilandel	43,38 %

Nominell verdi Uw **1,2 W/(m²K)**

Beregning av nominell verdi for varmegjennomgangskoeffisienten Uw for vindu / Ud for dører etter EN ISO 10077-1:2009. Måleverdien Uw,BW / Ud,BW på varmegjennomgangskoeffisienten er lik nominell verdi.

= i motsetning til valget under tekniske grunndata blir polyamid-steg beregnet.

Inputdataene i den foreliggende beregningen er ikke kontrollert av ift Rosenheim og en tilhørende påvisning av dataene må benyttes som et medgjeldende dokument. Ansvar for riktigheten av inputdataene og beregningsresultatene som følger av disse ligger hos brukeren.

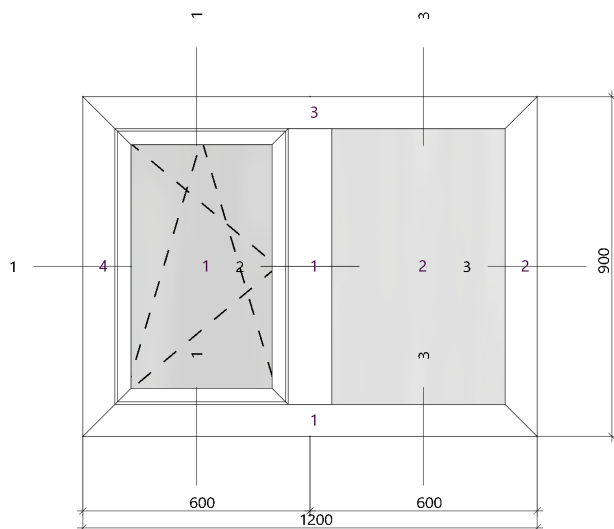
U-verdiberegningen i SchüCal med beregningsmodulen fra 20.06.2013 er kontrollert for plausibilitet etter ift retningslinje WA-05/2 av ift Rosenheim.



Berechnungskern calculation engine
EN ISO 10077-1:2009
EN ISO 12631:2012
13-000693-PR01 (PB-A01-06-de-05)
ROSENHEIM ift WA-05/2

Angivelser på denne listen som er beregnet av programmet, må kontrolleres !

Sjekk tilhørende bemerknings- og feilliste.

U-verdi-protokoll
(Enebolig)/A12

Utvendig
NS-EN 12519

Prosjektnummer: Enebolig
Posisjonsnummer: A12
Opprettet dato: 03.05.2017 (Administrator)

Prosjektbetegnelse:
Posisjonsnavn:
Siste endring: 03.05.2017 (Administrator)

Stk.	Beskrivelse	Mål	System
1	aluminiumelement	1 200,0 mm x 900,0 mm	Schüco AWS 120 CC.SI
1	Vindu DV NS høyre	600,0 mm x 900,0 mm	Schüco AWS 120 CC.SI
1	Faste glass	600,0 mm x 900,0 mm	Schüco AWS 120 CC.SI

Profiler / kombinasjoner	Uf W/(m ² K)	Rammeareal m ² profilbredde * lengde	Varmetap W/K U-verdi * areal	Isolasjonsavstand / isolersteg
3 442820	1,0#	0,158	0,16	PA
1 442820 / 442890	0,94#	0,222	0,21	PA
2 442830 / 442890	1,1#	0,124	0,14	PA
Profiler / kombinasjoner totalt	1,00	0,504	0,51	

Glassing	Ug W/(m ² K)	Glassareal m ²	Varmetap W/K U-verdi * areal	Avstandsholder
Felt 1 - 6 LE - 18 argon - 4 - 18 argon - 4 LE	2,7	0,241	0,65	Aluminium
Felt 2 - 6 LE - 18 argon - 4 - 18 argon - 4 LE	0,5	0,335	0,17	Aluminium
Glass totalt	1,4	0,576	0,82	

Glassavstandslist	Psi W/(mK)	Lengde m	Varmetap W/K Psi-verdi * lengde
Felt 1 - 6 LE - 18 argon - 4 - 18 argon - 4 LE	0,11	2,038	0,22
Felt 2 - 6 LE - 18 argon - 4 - 18 argon - 4 LE	0,11	2,378	0,26
Avstandslist glass totalt	0,11	4,416	0,48

U-verdi-protokoll
(Enebolig)/A12

Totalflate m² 1,080
Profilandel 46,69 %

Nominell verdi Uw 1,7 W/(m²K)

Beregning av nominell verdi for varmegjennomgangskoeffisienten Uw for vindu / Ud for dører etter EN ISO 10077-1:2009. Måleverdier Uw,BW / Ud,BW på varmegjennomgangskoeffisienten er lik nominell verdi.

= i motsetning til valget under tekniske grunndata blir polyamid-steg beregnet.

Inputdataene i den foreliggende beregningen er ikke kontrollert av ift Rosenheim og en tilhørende påvisning av dataene må benyttes som et medgjeldende dokument. Ansvar for riktigheten av inputdataene og beregningsresultatene som følger av disse ligger hos brukeren.

U-verdiberegningen i SchüCal med beregningsmodulen fra 20.06.2013 er kontrollert for plausibilitet etter ift retningslinje WA-05/2 av ift Rosenheim.



Berechnungskern calculation engine

EN ISO 10077-1:2009

EN ISO 12631:2012

13-000693-PR01 (PB-A01-06-de-05)

ROSENHEIM ift WA-05/2

Angivelser på denne listen som er beregnet av programmet, må kontrolleres !

Sjekk tilhørende bemerknings- og feilliste.

Vedlegg D - Resultater fra simuleringer i Simien



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering

Tid/dato simulering: 11:57 11/5-2017

Programversjon: 6.005

Simuleringsansvarlig: Marina Sokolova

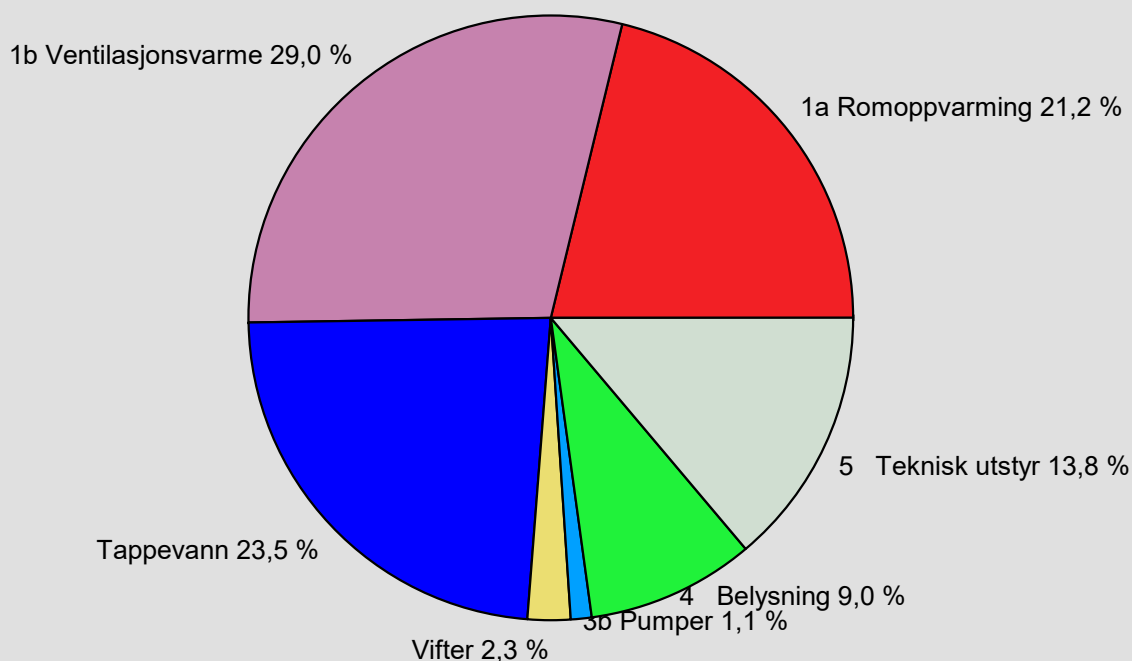
Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: C:\Users\ms\Desktop\Masteroppgave\Årssimuleringer\Stavanger_type 1.smi

Prosjekt: Referansebolig Stavanger

Sone: Hele boligen

Årlig energibudsjett



1a Romoppvarming	4725 kWh
1b Ventilasjonvarme (varmebatterier)	6468 kWh
2 Varmtvann (tappevann)	5240 kWh
3a Vifter	514 kWh
3b Pumper	247 kWh
4 Belysning	2004 kWh
5 Teknisk utstyr	3084 kWh
6a Romkjøling	0 kWh
6b Ventilasjonkjøling (kjølebatterier)	0 kWh
Totalt netto energibehov, sum 1-6	22281 kWh



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering

Tid/dato simulering: 11:57 11/5-2017

Programversjon: 6.005

Simuleringsansvarlig: Marina Sokolova

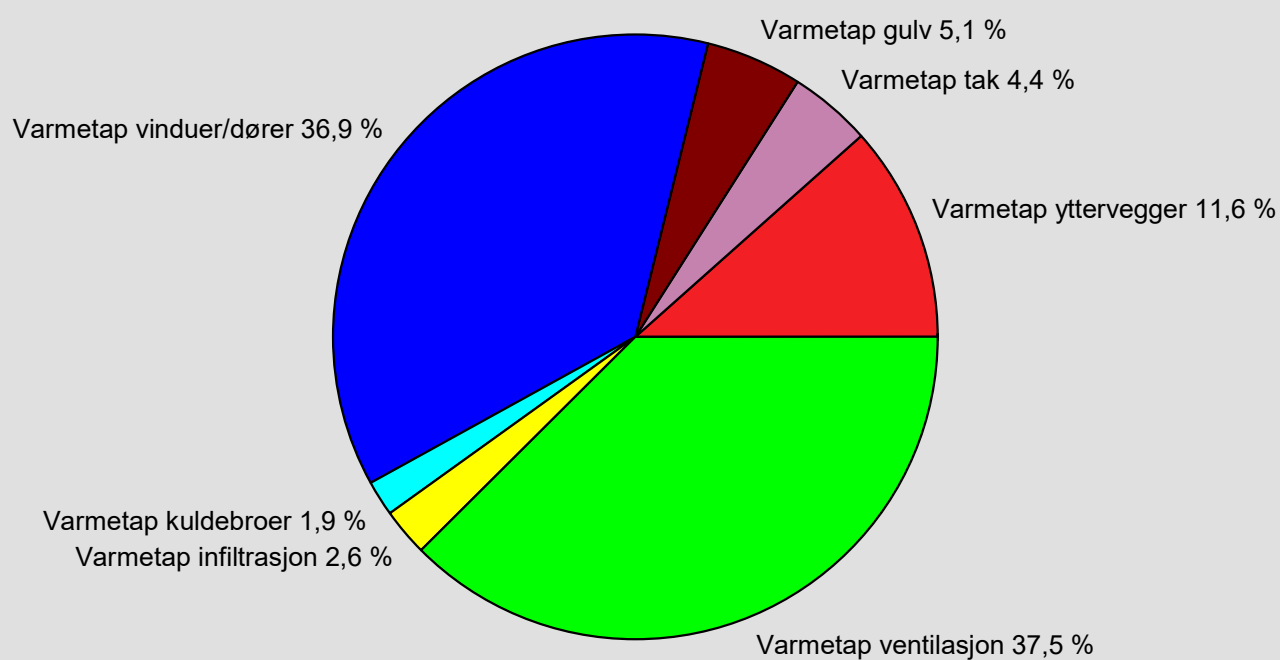
Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: C:\Users\ms\Desktop\Masteroppgave\Årssimuleringer\Stavanger_type 1.smi

Prosjekt: Referansebolig Stavanger

Sone: Hele boligen

Varmetapsbudsjett (varmetapstall)



Varmetapstall yttervegger	0,12 W/m ² K
Varmetapstall tak	0,05 W/m ² K
Varmetapstall gulv på grunn/mot det fri	0,05 W/m ² K
Varmetapstall glass/vinduer/dører	0,39 W/m ² K
Varmetapstall kuldebroer	0,02 W/m ² K
Varmetapstall infiltrasjon	0,03 W/m ² K
Varmetapstall ventilasjon	0,40 W/m ² K
Totalt varmetapstall	1,05 W/m ² K



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering

Tid/dato simulering: 11:57 11/5-2017

Programversjon: 6.005

Simuleringsansvarlig: Marina Sokolova

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: C:\Users\ms\Desktop\Masteroppgave\Årssimuleringer\Stavanger_type 1.smi

Prosjekt: Referansebolig Stavanger

Sone: Hele boligen

Måned	Månedlige temperaturdata (lufttemperatur)					
	Midlere ute	Maks. ute	Min. ute	Midlere sone	Maks. sone	Min. sone
Januar	3,5 °C	10,6 °C	-8,3 °C	20,5 °C	21,0 °C	19,0 °C
Februar	3,1 °C	10,6 °C	-6,2 °C	20,5 °C	21,7 °C	19,0 °C
Mars	3,4 °C	11,7 °C	-3,4 °C	20,5 °C	22,7 °C	19,0 °C
April	6,3 °C	15,4 °C	-1,8 °C	21,2 °C	24,5 °C	19,0 °C
Mai	9,1 °C	18,5 °C	1,5 °C	23,0 °C	29,5 °C	19,7 °C
Juni	11,8 °C	21,9 °C	5,2 °C	25,4 °C	30,0 °C	20,3 °C
Juli	14,7 °C	26,1 °C	7,7 °C	26,8 °C	32,5 °C	22,9 °C
August	16,0 °C	25,6 °C	8,4 °C	25,8 °C	29,5 °C	22,1 °C
September	13,5 °C	23,0 °C	6,8 °C	23,2 °C	29,2 °C	20,2 °C
Oktober	9,7 °C	17,3 °C	2,1 °C	20,8 °C	22,8 °C	19,1 °C
November	5,7 °C	13,1 °C	-3,2 °C	20,6 °C	21,2 °C	19,0 °C
Desember	3,8 °C	11,4 °C	-7,7 °C	20,6 °C	21,0 °C	19,0 °C

Dokumentasjon av sentrale inndata (1)		
Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Areal yttervegger [m ²]:	169	
Areal tak [m ²]:	88	
Areal gulv [m ²]:	88	
Areal vinduer og ytterdører [m ²]:	24	
Oppvarmet bruksareal (BRA) [m ²]:	176	
Oppvarmet luftvolum [m ³]:	410	
U-verdi yttervegger [W/m ² K]	0,13	
U-verdi tak [W/m ² K]	0,09	
U-verdi gulv [W/m ² K]	0,11	
U-verdi vinduer og ytterdører [W/m ² K]	2,80	
Areal vinduer og dører delt på bruksareal [%]	13,9	
Normalisert kuldebroverdi [W/m ² K]:	0,02	
Normalisert varmekapasitet [Wh/m ² K]	55	
Lekkasjetall (n50) [1/h]:	0,50	
Temperaturvirkningsgr. varmegjenvinner [%]:	0	



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering

Tid/dato simulering: 11:57 11/5-2017

Programversjon: 6.005

Simuleringsansvarlig: Marina Sokolova

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: C:\Users\ms\Desktop\Masteroppgave\Årssimuleringer\Stavanger_type 1.smi

Prosjekt: Referansebolig Stavanger

Sone: Hele boligen

Dokumentasjon av sentrale inndata (2)

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Estimert virkningsgrad gjenvinner justert for frostsikring [%]:	0,0	
Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m ³ /s]:	1,00	
Luftmengde i driftstiden [m ³ /hm ²]	1,20	
Luftmengde utenfor driftstiden [m ³ /hm ²]	0,00	
Systemvirkningsgrad oppvarmingsanlegg:	2,86	
Installert effekt romoppv. og varmebatt. [W/m ²]:	65	
Settpunkttemperatur for romoppvarming [°C]	20,3	
Systemeffektfaktor kjøling:	2,50	
Settpunkttemperatur for romkjøling [°C]	0,0	
Installert effekt romkjøling og kjølebatt. [W/m ²]:	0	
Spesifikk pumpeeffekt romoppvarming [kW/(l/s)]:	0,50	
Spesifikk pumpeeffekt romkjøling [kW/(l/s)]:	0,00	
Spesifikk pumpeeffekt varmebatteri [kW/(l/s)]:	0,00	
Spesifikk pumpeeffekt kjølebatteri [kW/(l/s)]:	0,00	
Driftstid oppvarming (timer)	16,0	

Dokumentasjon av sentrale inndata (3)

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Driftstid kjøling (timer)	0,0	
Driftstid ventilasjon (timer)	24,0	
Driftstid belysning (timer)	16,0	
Driftstid utstyr (timer)	16,0	
Oppholdstid personer (timer)	24,0	
Effektbehov belysning i driftstiden [W/m ²]	1,95	
Varmetilskudd belysning i driftstiden [W/m ²]	1,95	
Effektbehov utstyr i driftstiden [W/m ²]	3,00	
Varmetilskudd utstyr i driftstiden [W/m ²]	1,80	
Effektbehov varmtvann på driftsdager [W/m ²]	3,40	
Varmetilskudd varmtvann i driftstiden [W/m ²]	0,00	
Varmetilskudd personer i oppholdstiden [W/m ²]	1,50	
Total solfaktor for vindu og solskjerming:	0,77	
Gjennomsnittlig karmfaktor vinduer:	0,21	
Solskjermingsfaktor horisont/utspring (N/Ø/S/V):	0,89/0,94/0,82/0,87	



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering

Tid/dato simulering: 11:58 11/5-2017

Programversjon: 6.005

Simuleringsansvarlig: Marina Sokolova

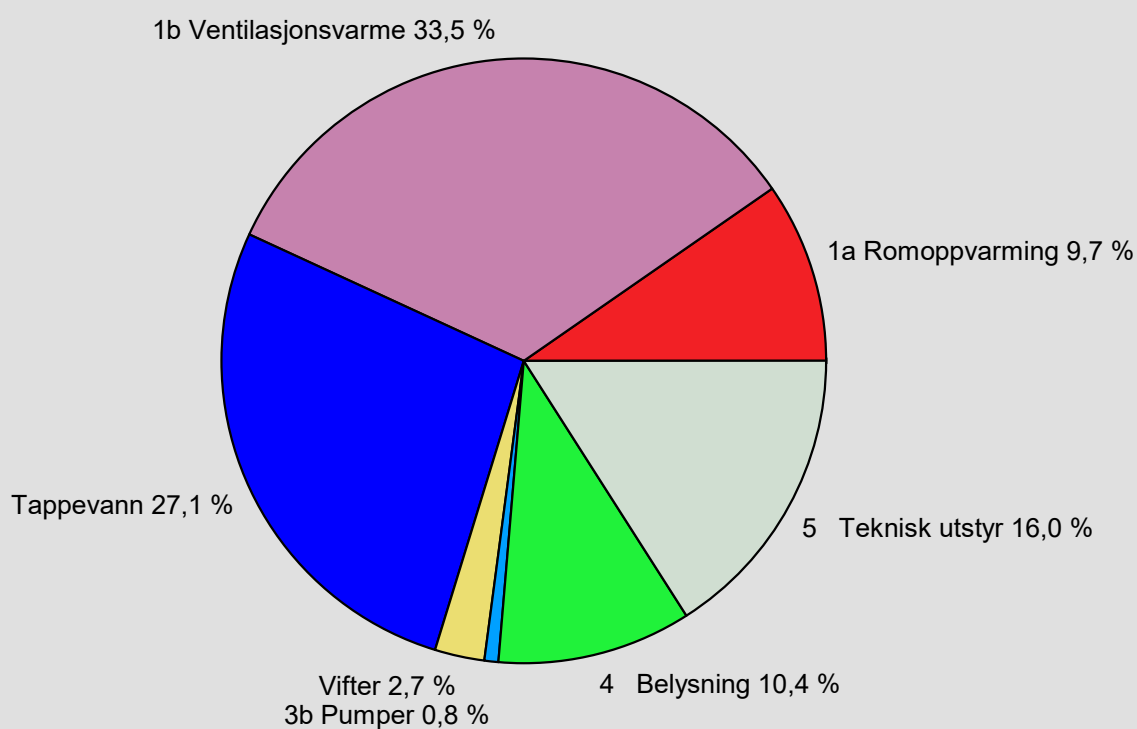
Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: C:\Users\ms\Desktop\Masteroppgave\Årssimuleringer\Stavanger_type 11.smi

Prosjekt: Referansebolig Stavanger

Sone: Hele boligen

Årlig energibudsjett



1a Romoppvarming	1865 kWh
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	6468 kWh
2 Varmtvann (tappevann)	5240 kWh
3a Vifter	514 kWh
3b Pumper	145 kWh
4 Belysning	2004 kWh
5 Teknisk utstyr	3084 kWh
6a Romkjøling	0 kWh
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	0 kWh
Totalt netto energibehov, sum 1-6	19319 kWh



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering

Tid/dato simulering: 11:58 11/5-2017

Programversjon: 6.005

Simuleringsansvarlig: Marina Sokolova

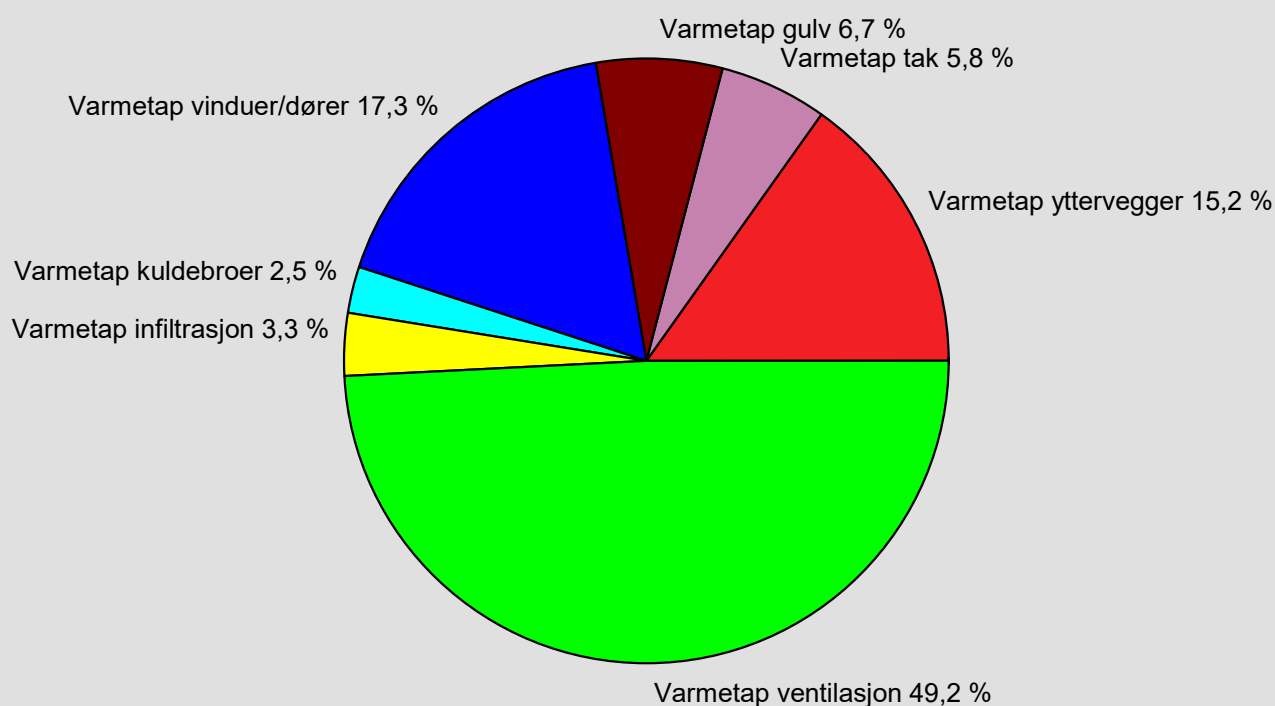
Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: C:\Users\ms\Desktop\Masteroppgave\Årssimuleringer\Stavanger_type 11.smi

Prosjekt: Referansebolig Stavanger

Sone: Hele boligen

Varmetapsbudsjett (varmetapstall)



Varmetapstall yttervegger	0,12 W/m ² K
Varmetapstall tak	0,05 W/m ² K
Varmetapstall gulv på grunn/mot det fri	0,05 W/m ² K
Varmetapstall glass/vinduer/dører	0,14 W/m ² K
Varmetapstall kuldebroer	0,02 W/m ² K
Varmetapstall infiltrasjon	0,03 W/m ² K
Varmetapstall ventilasjon	0,40 W/m ² K
Totalt varmetapstall	0,80 W/m ² K



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering

Tid/dato simulering: 11:58 11/5-2017

Programversjon: 6.005

Simuleringsansvarlig: Marina Sokolova

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: C:\Users\ms\Desktop\Masteroppgave\Årssimuleringer\Stavanger_type 11.smi

Prosjekt: Referansebolig Stavanger

Sone: Hele boligen

Måned	Månedlige temperaturdata (lufttemperatur)					
	Midlere ute	Maks. ute	Min. ute	Midlere sone	Maks. sone	Min. sone
Januar	3,5 °C	10,6 °C	-8,3 °C	20,7 °C	21,1 °C	19,0 °C
Februar	3,1 °C	10,6 °C	-6,2 °C	20,7 °C	21,7 °C	19,2 °C
Mars	3,4 °C	11,7 °C	-3,4 °C	20,8 °C	22,5 °C	19,4 °C
April	6,3 °C	15,4 °C	-1,8 °C	22,0 °C	24,8 °C	19,7 °C
Mai	9,1 °C	18,5 °C	1,5 °C	24,2 °C	29,2 °C	21,1 °C
Juni	11,8 °C	21,9 °C	5,2 °C	26,5 °C	29,9 °C	22,6 °C
Juli	14,7 °C	26,1 °C	7,7 °C	27,7 °C	31,9 °C	24,7 °C
August	16,0 °C	25,6 °C	8,4 °C	26,8 °C	29,6 °C	24,2 °C
September	13,5 °C	23,0 °C	6,8 °C	24,6 °C	29,3 °C	22,0 °C
Oktober	9,7 °C	17,3 °C	2,1 °C	21,3 °C	22,9 °C	19,9 °C
November	5,7 °C	13,1 °C	-3,2 °C	20,8 °C	21,3 °C	19,6 °C
Desember	3,8 °C	11,4 °C	-7,7 °C	20,8 °C	21,0 °C	19,3 °C

Dokumentasjon av sentrale inndata (1)		
Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Areal yttervegger [m ²]:	169	
Areal tak [m ²]:	88	
Areal gulv [m ²]:	88	
Areal vinduer og ytterdører [m ²]:	24	
Oppvarmet bruksareal (BRA) [m ²]:	176	
Oppvarmet luftvolum [m ³]:	410	
U-verdi yttervegger [W/m ² K]	0,13	
U-verdi tak [W/m ² K]	0,09	
U-verdi gulv [W/m ² K]	0,11	
U-verdi vinduer og ytterdører [W/m ² K]	1,00	
Areal vinduer og dører delt på bruksareal [%]	13,9	
Normalisert kuldebroverdi [W/m ² K]:	0,02	
Normalisert varmekapasitet [Wh/m ² K]	55	
Lekkasjetall (n50) [1/h]:	0,50	
Temperaturvirkningsgr. varmegjenvinner [%]:	0	



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering

Tid/dato simulering: 11:58 11/5-2017

Programversjon: 6.005

Simuleringsansvarlig: Marina Sokolova

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: C:\Users\ms\Desktop\Masteroppgave\Årssimuleringer\Stavanger_type 11.smi

Prosjekt: Referansebolig Stavanger

Sone: Hele boligen

Dokumentasjon av sentrale inndata (2)

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Estimert virkningsgrad gjenvinner justert for frostsikring [%]:	0,0	
Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m ³ /s]:	1,00	
Luftmengde i driftstiden [m ³ /hm ²]	1,20	
Luftmengde utenfor driftstiden [m ³ /hm ²]	0,00	
Systemvirkningsgrad oppvarmingsanlegg:	2,96	
Installert effekt romoppv. og varmebatt. [W/m ²]:	65	
Settpunkttemperatur for romoppvarming [°C]	20,3	
Systemeffektfaktor kjøling:	2,50	
Settpunkttemperatur for romkjøling [°C]	0,0	
Installert effekt romkjøling og kjølebatt. [W/m ²]:	0	
Spesifikk pumpeeffekt romoppvarming [kW/(l/s)]:	0,50	
Spesifikk pumpeeffekt romkjøling [kW/(l/s)]:	0,00	
Spesifikk pumpeeffekt varmebatteri [kW/(l/s)]:	0,00	
Spesifikk pumpeeffekt kjølebatteri [kW/(l/s)]:	0,00	
Driftstid oppvarming (timer)	16,0	

Dokumentasjon av sentrale inndata (3)

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Driftstid kjøling (timer)	0,0	
Driftstid ventilasjon (timer)	24,0	
Driftstid belysning (timer)	16,0	
Driftstid utstyr (timer)	16,0	
Oppholdstid personer (timer)	24,0	
Effektbehov belysning i driftstiden [W/m ²]	1,95	
Varmetilskudd belysning i driftstiden [W/m ²]	1,95	
Effektbehov utstyr i driftstiden [W/m ²]	3,00	
Varmetilskudd utstyr i driftstiden [W/m ²]	1,80	
Effektbehov varmtvann på driftsdager [W/m ²]	3,40	
Varmetilskudd varmtvann i driftstiden [W/m ²]	0,00	
Varmetilskudd personer i oppholdstiden [W/m ²]	1,50	
Total solfaktor for vindu og solskjerming:	0,51	
Gjennomsnittlig karmfaktor vinduer:	0,21	
Solskjermingsfaktor horisont/utspring (N/Ø/S/V):	0,89/0,94/0,82/0,87	



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering

Tid/dato simulering: 11:54 11/5-2017

Programversjon: 6.005

Simuleringsansvarlig: Marina Sokolova

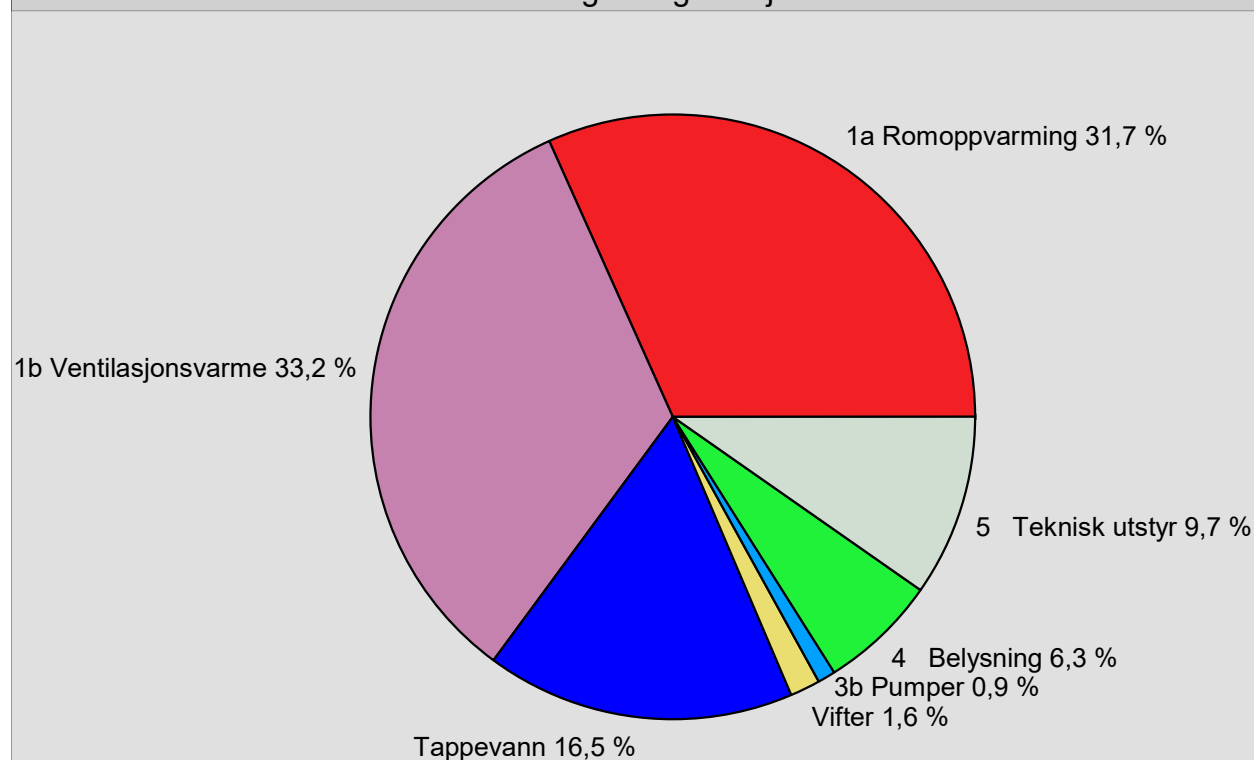
Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: C:\Users\ms\Desktop\Masteroppgave\Årssimuleringer\Hammerfest_type 1.smi

Prosjekt: Referansebolig Hammerfest

Sone: Hele boligen

Årlig energibudsjett



1a Romoppvarming	10059 kWh
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	10532 kWh
2 Varmtvann (tappevann)	5240 kWh
3a Vifter	514 kWh
3b Pumper	297 kWh
4 Belysning	2004 kWh
5 Teknisk utstyr	3084 kWh
6a Romkjøling	0 kWh
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	0 kWh
Totalt netto energibehov, sum 1-6	31730 kWh



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering

Tid/dato simulering: 11:54 11/5-2017

Programversjon: 6.005

Simuleringsansvarlig: Marina Sokolova

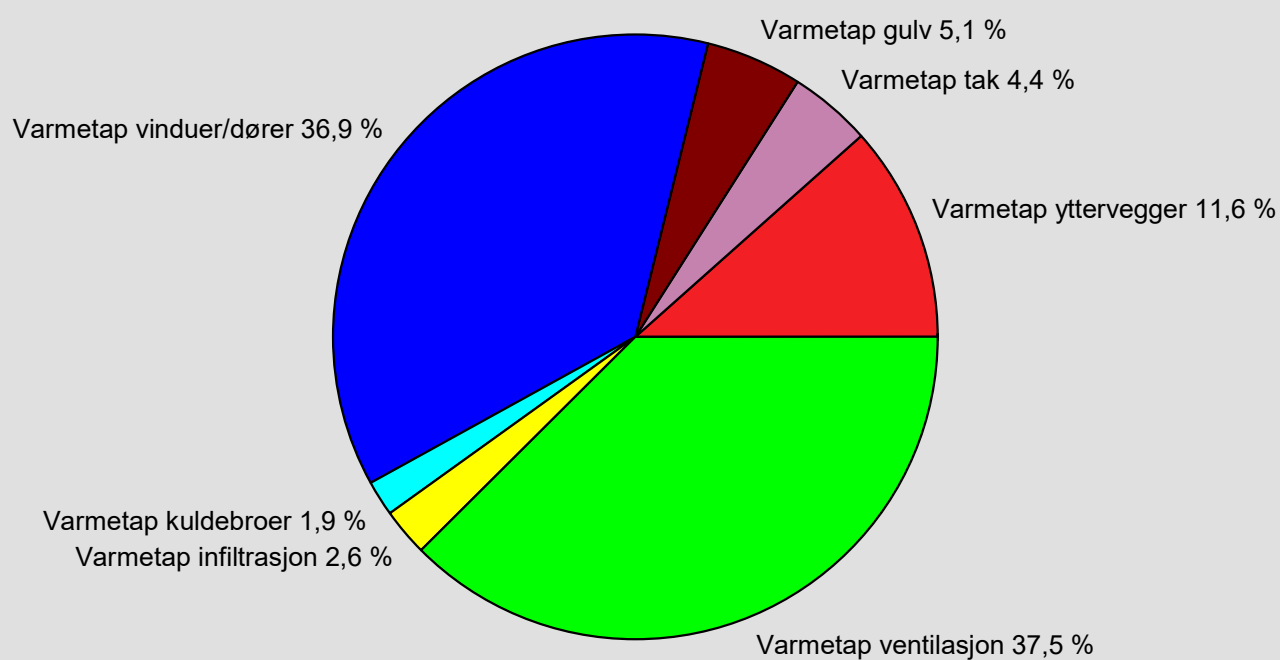
Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: C:\Users\ms\Desktop\Masteroppgave\Årssimuleringer\Hammerfest_type 1.smi

Prosjekt: Referansebolig Hammerfest

Sone: Hele boligen

Varmetapsbudsjett (varmetapstall)



Varmetapstall yttervegger	0,12 W/m ² K
Varmetapstall tak	0,05 W/m ² K
Varmetapstall gulv på grunn/mot det fri	0,05 W/m ² K
Varmetapstall glass/vinduer/dører	0,39 W/m ² K
Varmetapstall kuldebroer	0,02 W/m ² K
Varmetapstall infiltrasjon	0,03 W/m ² K
Varmetapstall ventilasjon	0,40 W/m ² K
Totalt varmetapstall	1,05 W/m ² K



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering

Tid/dato simulering: 11:54 11/5-2017

Programversjon: 6.005

Simuleringsansvarlig: Marina Sokolova

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: C:\Users\ms\Desktop\Masteroppgave\Årssimuleringer\Hammerfest_type 1.smi

Prosjekt: Referansebolig Hammerfest

Sone: Hele boligen

Måned	Månedlige temperaturdata (lufttemperatur)					
	Midlere ute	Maks. ute	Min. ute	Midlere sone	Maks. sone	Min. sone
Januar	-4,7 °C	4,7 °C	-15,7 °C	20,4 °C	21,0 °C	19,0 °C
Februar	-5,3 °C	5,7 °C	-15,8 °C	20,4 °C	21,0 °C	19,0 °C
Mars	-3,6 °C	4,6 °C	-12,4 °C	20,4 °C	21,3 °C	19,0 °C
April	-1,1 °C	6,6 °C	-8,9 °C	20,5 °C	22,1 °C	19,0 °C
Mai	3,2 °C	12,9 °C	-2,5 °C	21,1 °C	25,0 °C	19,0 °C
Juni	8,2 °C	21,7 °C	0,3 °C	23,2 °C	28,5 °C	19,2 °C
Juli	11,6 °C	24,7 °C	3,4 °C	24,4 °C	29,9 °C	20,3 °C
August	10,3 °C	19,8 °C	3,9 °C	21,9 °C	25,1 °C	19,4 °C
September	6,7 °C	16,6 °C	-2,4 °C	21,0 °C	24,1 °C	19,0 °C
Oktober	2,5 °C	10,0 °C	-5,3 °C	20,6 °C	21,1 °C	19,0 °C
November	-1,6 °C	4,5 °C	-8,9 °C	20,5 °C	21,0 °C	19,0 °C
Desember	-3,6 °C	5,1 °C	-14,0 °C	20,5 °C	21,0 °C	19,0 °C

Dokumentasjon av sentrale inndata (1)		
Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Areal yttervegger [m ²]:	169	
Areal tak [m ²]:	88	
Areal gulv [m ²]:	88	
Areal vinduer og ytterdører [m ²]:	24	
Oppvarmet bruksareal (BRA) [m ²]:	176	
Oppvarmet luftvolum [m ³]:	410	
U-verdi yttervegger [W/m ² K]	0,13	
U-verdi tak [W/m ² K]	0,09	
U-verdi gulv [W/m ² K]	0,11	
U-verdi vinduer og ytterdører [W/m ² K]	2,80	
Areal vinduer og dører delt på bruksareal [%]	13,9	
Normalisert kuldebroverdi [W/m ² K]:	0,02	
Normalisert varmekapasitet [Wh/m ² K]	55	
Lekkasjetall (n50) [1/h]:	0,50	
Temperaturvirkningsgr. varmegjenvinner [%]:	0	



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 11:54 11/5-2017
Programversjon: 6.005
Simuleringsansvarlig: Marina Sokolova
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: C:\Users\ms\Desktop\Masteroppgave\Årssimuleringer\Hammerfest_type 1.smi
Prosjekt: Referansebolig Hammerfest
Sone: Hele boligen

Dokumentasjon av sentrale inndata (2)

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Estimert virkningsgrad gjenvinner justert for frostsikring [%]:	0,0	
Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m ³ /s]:	1,00	
Luftmengde i driftstiden [m ³ /hm ²]	1,20	
Luftmengde utenfor driftstiden [m ³ /hm ²]	0,00	
Systemvirkningsgrad oppvarmingsanlegg:	2,60	
Installert effekt romoppv. og varmebatt. [W/m ²]:	65	
Settpunkttemperatur for romoppvarming [°C]	20,3	
Systemeffektfaktor kjøling:	2,50	
Settpunkttemperatur for romkjøling [°C]	0,0	
Installert effekt romkjøling og kjølebatt. [W/m ²]:	0	
Spesifikk pumpeeffekt romoppvarming [kW/(l/s)]:	0,50	
Spesifikk pumpeeffekt romkjøling [kW/(l/s)]:	0,00	
Spesifikk pumpeeffekt varmebatteri [kW/(l/s)]:	0,00	
Spesifikk pumpeeffekt kjølebatteri [kW/(l/s)]:	0,00	
Driftstid oppvarming (timer)	16,0	

Dokumentasjon av sentrale inndata (3)

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Driftstid kjøling (timer)	0,0	
Driftstid ventilasjon (timer)	24,0	
Driftstid belysning (timer)	16,0	
Driftstid utstyr (timer)	16,0	
Oppholdstid personer (timer)	24,0	
Effektbehov belysning i driftstiden [W/m ²]	1,95	
Varmetilskudd belysning i driftstiden [W/m ²]	1,95	
Effektbehov utstyr i driftstiden [W/m ²]	3,00	
Varmetilskudd utstyr i driftstiden [W/m ²]	1,80	
Effektbehov varmtvann på driftsdager [W/m ²]	3,40	
Varmetilskudd varmtvann i driftstiden [W/m ²]	0,00	
Varmetilskudd personer i oppholdstiden [W/m ²]	1,50	
Total solfaktor for vindu og solskjerming:	0,77	
Gjennomsnittlig karmfaktor vinduer:	0,21	
Solskjermingsfaktor horisont/utspring (N/Ø/S/V):	0,90/0,96/0,81/0,88	



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering

Tid/dato simulering: 11:56 11/5-2017

Programversjon: 6.005

Simuleringsansvarlig: Marina Sokolova

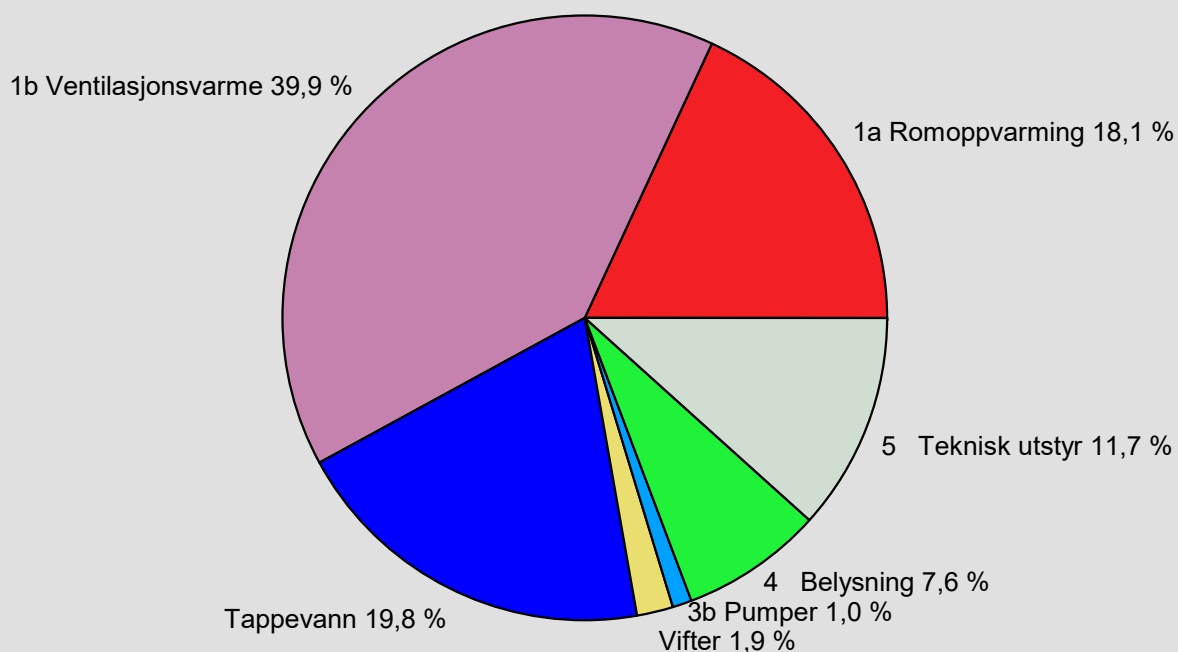
Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: C:\Users\ms\Desktop\Masteroppgave\Årssimuleringer\Hammerfest_type 11.smi

Prosjekt: Referansebolig Hammerfest

Sone: Hele boligen

Årlig energibudsjett



1a Romoppvarming	4778 kWh
1b Ventilasjonvarme (varmebatterier)	10532 kWh
2 Varmtvann (tappevann)	5240 kWh
3a Vifter	514 kWh
3b Pumper	272 kWh
4 Belysning	2004 kWh
5 Teknisk utstyr	3084 kWh
6a Romkjøling	0 kWh
6b Ventilasjonkjøling (kjølebatterier)	0 kWh
Totalt netto energibehov, sum 1-6	26423 kWh



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering

Tid/dato simulering: 11:56 11/5-2017

Programversjon: 6.005

Simuleringsansvarlig: Marina Sokolova

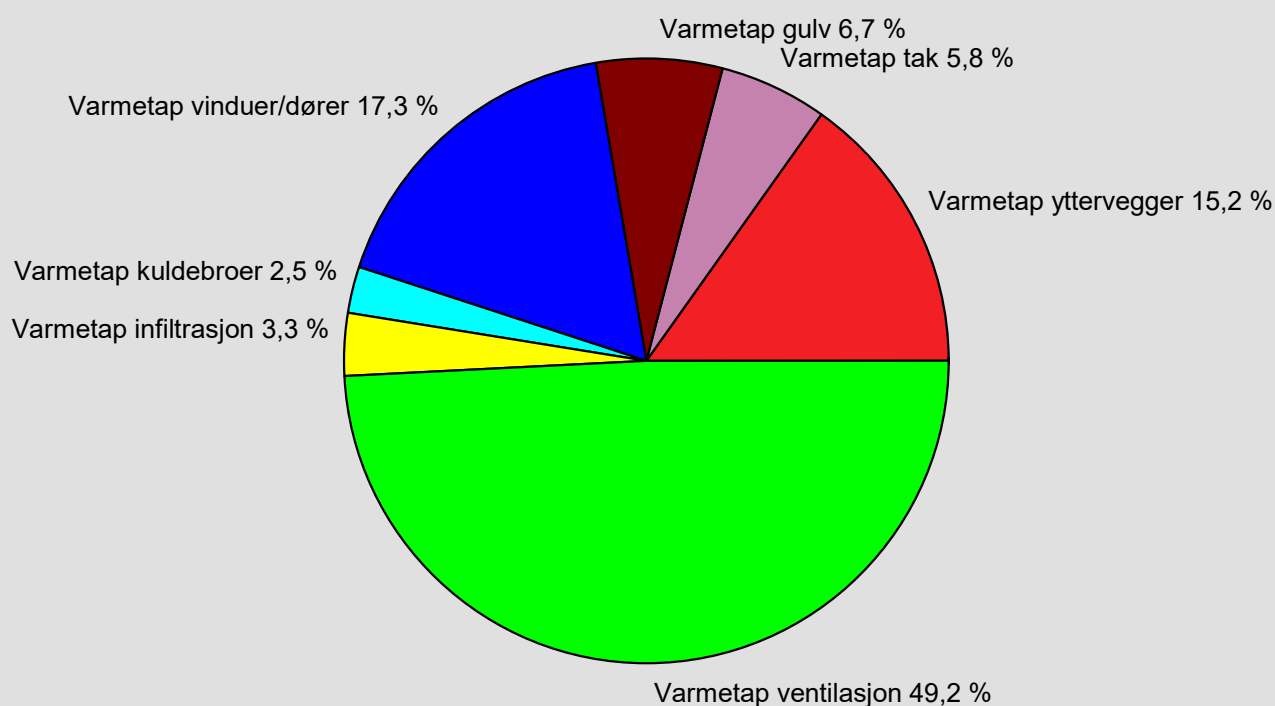
Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: C:\Users\ms\Desktop\Masteroppgave\Årssimuleringer\Hammerfest_type 11.smi

Prosjekt: Referansebolig Hammerfest

Sone: Hele boligen

Varmetapsbudsjett (varmetapstall)



Varmetapstall yttervegger	0,12 W/m ² K
Varmetapstall tak	0,05 W/m ² K
Varmetapstall gulv på grunn/mot det fri	0,05 W/m ² K
Varmetapstall glass/vinduer/dører	0,14 W/m ² K
Varmetapstall kuldebroer	0,02 W/m ² K
Varmetapstall infiltrasjon	0,03 W/m ² K
Varmetapstall ventilasjon	0,40 W/m ² K
Totalt varmetapstall	0,80 W/m ² K



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering

Tid/dato simulering: 11:56 11/5-2017

Programversjon: 6.005

Simuleringsansvarlig: Marina Sokolova

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: C:\Users\ms\Desktop\Masteroppgave\Årssimuleringer\Hammerfest_type 11.smi

Prosjekt: Referansebolig Hammerfest

Sone: Hele boligen

Måned	Månedlige temperaturdata (lufttemperatur)					
	Midlere ute	Maks. ute	Min. ute	Midlere sone	Maks. sone	Min. sone
Januar	-4,7 °C	4,7 °C	-15,7 °C	20,5 °C	21,0 °C	19,0 °C
Februar	-5,3 °C	5,7 °C	-15,8 °C	20,5 °C	21,0 °C	19,0 °C
Mars	-3,6 °C	4,6 °C	-12,4 °C	20,6 °C	21,3 °C	19,0 °C
April	-1,1 °C	6,6 °C	-8,9 °C	20,7 °C	22,0 °C	19,1 °C
Mai	3,2 °C	12,9 °C	-2,5 °C	21,8 °C	25,1 °C	19,8 °C
Juni	8,2 °C	21,7 °C	0,3 °C	24,1 °C	28,5 °C	20,4 °C
Juli	11,6 °C	24,7 °C	3,4 °C	25,6 °C	29,4 °C	22,6 °C
August	10,3 °C	19,8 °C	3,9 °C	23,1 °C	25,8 °C	20,5 °C
September	6,7 °C	16,6 °C	-2,4 °C	21,4 °C	24,8 °C	19,7 °C
Oktober	2,5 °C	10,0 °C	-5,3 °C	20,7 °C	21,2 °C	19,4 °C
November	-1,6 °C	4,5 °C	-8,9 °C	20,7 °C	21,0 °C	19,1 °C
Desember	-3,6 °C	5,1 °C	-14,0 °C	20,7 °C	21,0 °C	19,0 °C

Dokumentasjon av sentrale inndata (1)		
Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Areal yttervegger [m ²]:	169	
Areal tak [m ²]:	88	
Areal gulv [m ²]:	88	
Areal vinduer og ytterdører [m ²]:	24	
Oppvarmet bruksareal (BRA) [m ²]:	176	
Oppvarmet luftvolum [m ³]:	410	
U-verdi yttervegger [W/m ² K]	0,13	
U-verdi tak [W/m ² K]	0,09	
U-verdi gulv [W/m ² K]	0,11	
U-verdi vinduer og ytterdører [W/m ² K]	1,00	
Areal vinduer og dører delt på bruksareal [%]	13,9	
Normalisert kuldebroverdi [W/m ² K]:	0,02	
Normalisert varmekapasitet [Wh/m ² K]	55	
Lekkasjetall (n50) [1/h]:	0,50	
Temperaturvirkningsgr. varmegjenvinner [%]:	0	



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering

Tid/dato simulering: 11:56 11/5-2017

Programversjon: 6.005

Simuleringsansvarlig: Marina Sokolova

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: C:\Users\ms\Desktop\Masteroppgave\Årssimuleringer\Hammerfest_type 11.smi

Prosjekt: Referansebolig Hammerfest

Sone: Hele boligen

Dokumentasjon av sentrale inndata (2)

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Estimert virkningsgrad gjenvinner justert for frostsikring [%]:	0,0	
Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m ³ /s]:	1,00	
Luftmengde i driftstiden [m ³ /hm ²]	1,20	
Luftmengde utenfor driftstiden [m ³ /hm ²]	0,00	
Systemvirkningsgrad oppvarmingsanlegg:	2,83	
Installert effekt romoppv. og varmebatt. [W/m ²]:	65	
Settpunkttemperatur for romoppvarming [°C]	20,3	
Systemeffektfaktor kjøling:	2,50	
Settpunkttemperatur for romkjøling [°C]	0,0	
Installert effekt romkjøling og kjølebatt. [W/m ²]:	0	
Spesifikk pumpeeffekt romoppvarming [kW/(l/s)]:	0,50	
Spesifikk pumpeeffekt romkjøling [kW/(l/s)]:	0,00	
Spesifikk pumpeeffekt varmebatteri [kW/(l/s)]:	0,00	
Spesifikk pumpeeffekt kjølebatteri [kW/(l/s)]:	0,00	
Driftstid oppvarming (timer)	16,0	

Dokumentasjon av sentrale inndata (3)

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Driftstid kjøling (timer)	0,0	
Driftstid ventilasjon (timer)	24,0	
Driftstid belysning (timer)	16,0	
Driftstid utstyr (timer)	16,0	
Oppholdstid personer (timer)	24,0	
Effektbehov belysning i driftstiden [W/m ²]	1,95	
Varmetilskudd belysning i driftstiden [W/m ²]	1,95	
Effektbehov utstyr i driftstiden [W/m ²]	3,00	
Varmetilskudd utstyr i driftstiden [W/m ²]	1,80	
Effektbehov varmtvann på driftsdager [W/m ²]	3,40	
Varmetilskudd varmtvann i driftstiden [W/m ²]	0,00	
Varmetilskudd personer i oppholdstiden [W/m ²]	1,50	
Total solfaktor for vindu og solskjerming:	0,51	
Gjennomsnittlig karmfaktor vinduer:	0,21	
Solskjermingsfaktor horisont/utspring (N/Ø/S/V):	0,90/0,96/0,81/0,88	