

Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Masteroppgave 2017 30 stp
Fakultet for miljøvitenskap og naturforvaltning

Energieffektivisering av verneverdig murgård

Ilyas Chelouati
Fornybar energi

Forord

Med denne masteroppgaven ferdigskrevet, er det slutt på mitt studie i fornybar energi ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU), og tilsammen 18 år med skolegang. Dette er en milepæl som markerer et nytt kapittel i livet mitt.

Jeg vil først og fremst å takke veileder, professor Thomas Martinsen, som har hjulpet meg siden dag 1. Du har motivert meg i nedturer, og inspirert meg når jeg gikk tom for ideer. Takk for at jeg aldri gikk tomhendt hjem fra veiledningsmøtene. Takk til de i Seilduksgata 26a som ga meg tillitten deres når jeg trengte personlig informasjon, og takk til styret i Sameiet som alltid har gitt rask tilbakemelding på spørsmål.

Jeg vil også utnytte denne muligheten til å takke foreldrene mine som alltid har pushet meg og holdt motet mitt oppe gjennom dette semesteret, og igjennom hele min skolegang. Jeg er evig takknemlig for dere. Takk til Linh Phuong Thi Nguyen for moralsk støtte under hele semesteret, takk til Emil Skar for korrekturlesning og tilslutt takk til Slangehulen for underholdning i pausene.

Ås, 15.mai 2017

Ilyas Chelouati

Sammendrag

Mål:

Gjennom klimaavtaler settes det mål om utslippsreduksjon av klimagasser og mål om energieffektivisering (Utenriksdepartementet 2014). Et steg nærmere disse målene er å redusere energibehovet i husholdningssektoren ved å energieffektivisere bygninger. En liten andel av husholdningssektoren består av verneverdige bygninger, som med sin status gjør det vanskelig å utføre enkelte energieffektiviserende tiltak. Dette gjelder tiltak som medfører en risiko for tap av kulturhistorisk verdi ved inngrep på bygningsmassen. På bakgrunn av dette undersøkes det i denne oppgaven mulighetene for energieffektivisering av en fredet 1800-talls murgård og reduksjonen i energibehovet tiltakene medfører.. Dette gjøres ved å foreta et casestudium av den fredede murgården i Seilduksgata 26a.

Metode:

I casestudiet foretas det energiberegninger av Seilduksgata 26a. Energiberegningene gjøres ved å modellere og simulere bygget i programmet SIMIEN, og resultatene sammenlignes opp mot reelt forbruk. Deretter velges tiltak ved å gjøre en følsomhetsanalyse.

Følsomhetsanalysen viser hvor mye endringer i forskjellige bygningsparametre påvirker det totale energibehovet. Basert på dette velges det ut fem tiltak:

Tiltak 1: Etterisolere fasade

Tiltak 2: Etterisolere tak, gulv mot kjeller og gulv mot portrom

Tiltak 3: Restaurere originalvinduer

Tiltak 4: Montere solceller på taket

Tiltak 5: Kombinere tiltak 1 – 4

For isoleringen av fasade og gulv mot portrom blir det tatt i bruk aerogelbasert mørtel, mens for tak og gulv mot kjeller blir det tatt i bruk mineralull. Det velges å montere solceller på tak, fordi forholdene ligger så godt til.

Resultater:

Simulasjon av Seilduksgata 26a: Netto spesifikt energibehov på 313 kWh/m², spesifikt levert energibehov på 349,2 kWh/m² og energimerke rød G.

Reelt forbruk og levert energi: 206,5 kWh

Tiltak 1: En nedgang på 17,4% i total netto energibehov og 12% for levert energi.
Energimerke rød G.

Tiltak 2: En nedgang på 17,6% i total netto energibehov og 18% for levert energi.
Energimerke rød G.

Tiltak 3: En nedgang på 7,1% i total netto energibehov og 7,2% for levert energi.
Energimerke rød G.

Tiltak 4: En nedgang 7,7% for netto levert energi. Produksjonen av solkraft gjør opp for 7,65% av levert strøm. Energimerke rød G.

Tiltak 5: En nedgang på 42,11% i total netto energibehov og 50,6% for levert energi. Produksjonen fra solcelleanlegget vil stå for 13,4% av strømforbruket. Tiltaket ga energimerke rød F.

Konklusjon

Det konkluderes med at selv om beregnet energiforbruk og energibehov har en tendens til å overestimeres, er hovedgrunnen til overestimasjonen i dette tilfelle mest sannsynligvis på grunn av inndata for klima.

Tiltak 1: Konkluderer med at varmetapet reduseres betraktelig, og at utvendig etterisolering er bedre for konstruksjonen og beboernes komfort, i motsetning til innvendig isolasjon.

Problemet med tiltak 1 er at det ikke er langtidstestet under norske forhold, og kan medføre tap av kulturhistorisk verdi, spesielt stukkatur. Det er derfor ikke anbefalt å utføre tiltak 1 på fasader med stukkatur som har kulturhistorisk verdi, enda.

Tiltak 2 – 4: Disse tiltakene er lettere å gjennomføre med tanke på vedtaksfredningen til Seilduksgata 26a, og gir en god gevinst ved redusert energibehov. Ulempen er at det er større sannsynlighet for kuldebroer, hvor isolasjon møter fasade, og dermed øker også faren for sopp. Tiltak 2 – 4 er anbefalt for bygninger som faller under samme vernestatus som Seilduksgata 26a, og har de samme solforholdene.

For Seilduksgata 26a er det anbefalt å gjennomføre tiltak 2 – 4, og tiltak 1 kun på bakgårdsfasaden.

Abstract

Goal:

During recent climate agreements, the aim is to reduce greenhouse gas emissions and increase the energy efficiency (Utenriksdepartementet 2014). One way to get closer to these goals is by reducing the energy demand in the household sector by making existing buildings energy efficient. A small proportion of the household sector consists of protected buildings, which makes it difficult to carry out certain energy efficiency measures. This is because they might imply a risk to the loss of historical value by changing the construction. Based on this, the possibilities for energy measures of a protected 19th century brick building, and their effects, is investigated. This is done by conducting a case study of the protected brick building in Seilduksgata 26a.

Method:

In the case study, energy calculations are performed on Seilduksgata 26a. The energy calculations are done by simulating the building in the software SIMIEN. The results are compared to actual consumption. Then the measures are chosen by doing a sensitivity analysis. The sensitivity analysis shows how much changes in different building parameters affect the overall energy demand. Based on this, five measures are chosen:

Measure 1: Insulate façade

Measure 2: Insulating roof, floor against basement and floor against the gate

Action 3: Fixing original windows

Action 4: Mount PV-panels on the roof

Measure 5: Combine Actions 1 – 4

The insulation used on the façade and floor against the gate is made of aerogel-based plaster, while mineral wool is used for the roof and floor against the basement. PV-panels is mounted on the roof because the placement is favorable.

Results

Simulation of Seilduksgata 26a: Net specific energy requirement of 313 kWh / m², specifically delivered energy demand of 349.2 kWh / m² and energy labeled red G.

Actual consumption and delivered energy: 206.5 kWh.

Measure 1: A decrease of 17.4% in total net energy demand and 12% for delivered energy. Energy-saving red G.

Measure 2: A decrease of 17.6% in total net energy demand and 18% for delivered energy. Energy-saving red G.

Measure 3: A decrease of 7.1% in total net energy demand and 7.2% for delivered energy. Energy-saving red G.

Measure 4: A decrease of 7.7% for net delivered energy. The production of solar power accounts for 7.65% of delivered power. Energy-saving red G.

Measure 5: A decrease of 42.11% in total net energy demand and 50.6% for delivered energy. The production from the solar system will account for 13.4% of the power consumption. Energy-saving red F.

Conclusion

It is concluded that, although estimated energy consumption and energy demand tend to be overestimated, the main reason for the overestimation in this case is most likely due to climate input.

Measure 1: Significantly reduces the heat loss. To insulate on the outside of the facade is better for the construction and residents' comfort, as opposed to insulation on the inside. The problem with measure 1 is that it is not long-term tested in Norwegian conditions, and that can lead to loss of cultural historical value, especially with stucco. Therefore, it is not recommended to do measure 1 on the facades containing stucco that has cultural historical value.

Measures 2 - 4: These measures are easier to implement on Seilduksgata 26a, and reduces energy requirements significantly. The downside is that there is a greater likelihood of thermal bridges where the insulation meets the facade, thus increasing the risk of fungus. Measures 2 - 4 are recommended for buildings that fall under the same protection status as Seilduksgata 26a, and have the same solar conditions.

For Seilduksgata 26a it is recommended to do measures 2 - 4, and measure 1 only on the backyard side.

Innhold

1 Innledning.....	10 -
1.1 Problemstilling	11 -
1.2 Omfang og avgrensning.....	11 -
1.3 Gjennomførelse av casestudium.....	12 -
2 Teori.....	13 -
2.1 Murgårder fra siste halvdel av 1800-tallet	13 -
2.2 Vernestatus.....	15 -
2.3 Begreper.....	16 -
2.4 Norsk standard (NS3031): Beregning av bygningers energiytelse, metode og data	19 -
2.5 Varmetap i bygg.....	20 -
2.5.1 Transmisjonstap	21 -
2.6 Inneklima og energieffektivisering.....	23 -
2.7 Hvordan påvirker varmetap inneklimaet	24 -
3 Metode.....	26 -
3.1 SIMIEN	26 -
3.2 Følsomhetsanalyse.....	28 -
3.3 Datainnsamling: Strømforbruk.....	28 -
4 Casestudiet: Seilduksgata 26a.....	29 -
4.1 Generell informasjon	30 -
4.2. Kulturminneloven og Seilduksgata 26a.....	31 -
4.3 Seilduksgata 26a i SIMIEN	33 -
4.4 Valg av tiltak.....	37 -
4.5 Tiltak	39 -
4.5.4 Tiltak 4: Montere solcellepanel på tak.....	42 -
5 Resultat.....	44 -
5.1 Referansebygg.....	44 -
5.2 Datainnsamling: Strømforbruk.....	45 -
5.3 Tiltak 1: Fasade	46 -
5.4 Tiltak 2: tak, gulv over kjeller og gulv over portrom	47 -
5.5 Tiltak 3 Utskiftning av vinduer	49 -
5.6 Tiltak 4: Solcellepaneler på tak.....	50 -
5.7 Tiltak 5: kombinert tiltak	51 -
6. Diskusjon.....	54 -
6.1 Referansebygg sammenlignet med strømhistorikk.....	54 -
6.2 Tiltak 1: fasade.....	56 -

6.3 Tiltak 2.....	- 58 -
6.4 Tiltak 3.....	- 59 -
6.5 Tiltak 4.....	- 60 -
6.6 Tiltak 5.....	- 60 -
7 Konklusjon	- 61 -
7.1 Tiltak 1.....	- 61 -
7.2 Tiltak 2 – 4.....	- 61 -
7.3 Beregnet energiforbruk vs. reelt energiforbruk.....	- 61 -
7.4 Energieffektivisering av Seilduksgata 26a.....	- 61 -
7.5 Aerogelbasert kalkmørtel.....	- 62 -
8. Referanseliste.....	- 63 -
9. Vedlegg	- 65 -
9.1 Excel.....	- 65 -
9.2 SIMIEN	- 71 -
9.3 Leveranseskjema for restaurerte vinduer	- 73 -
9.4 Kilde til referansene	- 74 -

1 Innledning

Gjennom nasjonale- og internasjonale avtaler settes det mål om å redusere utslipp av klimagasser og øke produksjonen av fornybar energi. Det europeiske råd har vedtatt nye klima- og energimål frem mot 2030. Disse målene innebærer blant annet utslippskutt på 40%, et fornybar mål på minst 27% på EU-nivå og et indikativt mål for energieffektivisering på minst 27% på EU-nivå (Utenriksdepartementet 2014). Disse settes for å øke jordas bærekraftighet, og dempe den globale oppvarmingen.

I Norge produseres 98% av elektrisiteten fra fornybare kilder (energidepartementet 2014), men ved å redusere energiforbruket i landet kan norsk strøm, i større kvantitet, selges til Europa. Der blir det i større grad brukt fossilt brensel til å produsere elektrisitet.

Strømproduksjonen i Norge kan også rettes mot andre deler av industrien hvor fossilt brensel tas i bruk, og stimulere til miljøvennlige alternativer.

Husholdningen i Norge står for en årlig stasjonær energibruk på om lag 45 TWh, noe som tilsvarer omtrent 27% av den totale stasjonære energibruken (Enova 2012). De siste årene har det vært en merkbar nedgang i energiforbruket i denne sektoren (Bøeng 2012). Dette er på grunn av høyere utetemperaturer, men også fordi det settes strengere krav til energibruk ved nybygg. Energieffektivisering av eksisterende bygninger har også bidratt til denne nedgangen, men det finnes fortsatt et stort energisparingspotensiale. Ved å oppgradere alle eksisterende boligenhetene til å tilfredsstille TEK10-kravene innen 2020, og at all nybygging i perioden 2010-2020 skjer på lavenerginivå, vil det utgjøre en årlig energisparing på 13,4 TWh (Enova 2012). Det finnes et stort potensial for energisparing i vernet bygg. Mye av vernet bygg, spesielt i byene, har et stort varmebehov om vinteren grunnet gammeldags konstruksjon med dårlig varmeisolerende egenskaper. Dette påvirker ikke bare energibruken men også komforten til beboere, klimabelastningen og attraktiviteten til bygget.

Strengt krav til endringer av fasade og bygningsmasse på historiske bygninger gjør det vanskelig å imøtekomme dagens standarder for bærekraftig energibruk i bygg. Dette er nødvendig for å forhindre skader på bygg, og å bevare kulturhistoriske verdier. Derfor tvinges ingeniører og arkitekter til å tenke annerledes for å forbedre energisituasjonen i slike bygg, og de må grundigere vurdere energieffektiviseringstiltak som innebærer inngrep i konstruksjonen.

Selv om Oslo ligger på bunnen over energiforbruk i husholdningene (Bøeng 2012), befinner det seg et potensial i energieffektiviseringen av murgårder. Oslo identifiseres som en

murgårdsby, hvor mange av murgårdene i sentrum ble bygget i løpet av industrialiseringen på 1800-tallet. For å forhindre tap av kulturhistorisk verdi er det nødvendig å forstå byggets utforming, og funksjonene til de forskjellige konstruksjonsdelene som inngår i tiltakene.

1.1 Problemstilling

Planen for oppgaven er å se på potensialet for reduksjon av energibehovet for fredede 1800-talls murgårder i Oslo. Fokuset vil ligge på løsninger som medfører inngrep på konstruksjonen. Dette er i mange sammenhenger utfordrende, fordi slike inngrep kan redusere byggets kulturhistoriske verdi, og kan da komme i konflikt med loven. Derfor må gevinsten ved slike tiltak vurderes opp mot tapet det medfører. Dermed kommer jeg til spørsmålet:

Hva er muligheten for bygningsmessige tiltak for energieffektivisering av verneverdige 1800-talls murgårder, og hvordan påvirker disse energibehovet og konstruksjonen?

1.2 Omfang og avgrensning

Oppgaven tar for seg Seilduksgata 26a i Oslo. Byggets energibehov analyseres ved å modulere bygget i simuleringsprogrammet SIMIEN. Det er kun energieffektiviteten som beregnes. Kostnader for energieffektiviseringstiltak nevnes, men beregnes ikke.

Det samme gjelder også rundt diskusjonen av tiltakene. Reduksjon av energibehov, konsekvensene tiltakene medfører for konstruksjonen, og beboerens komfort diskuteres opp mot hverandre. Kostnadene nevnes kort i noen deler, men er ikke en utgjørende faktor for konklusjonen i denne oppgaven.

Det sees kun på de inngrepene i bygningsmassen som utgjør størst reduksjon i energibehovet. Mindre tiltak som krever at beboere endrer sitt brukermønster undersøkes ikke.

Ikke all konstruksjonsdata for Seilduksgata 26a er tilgjengelig. Da antas det en verdi som er typisk for 1890-talls murgårder. Dette belyses nærmere i oppgaven, med kilder for å styrke antakelsene.

I oppgaven mottas strømhistorikk for beboere i Seilduksgata 26a. Det ble sendt ut fullmaktsskjema til alle boenheter om tillatelse for innhenting av strømhistorikk, men det lyktes kun å innhente 6 av 12 fullmakter.

Det er ikke utført noen intervjuer med beboere, med unntak av samtaler og utveksling av e-mailer med styret.

1.3 Gjennomførelse av casestudium

For å besvare problemstillingen brukes det et casestudium. Casestudiet omhandler 1890-talls murgården som ligger i Seilduksgata 26a, og utføres slik:

Bygget undersøkes ved hjelp av kilder tilgjengelig på internett, samtaler med styret i Seilduksgata 26 og byantikvar. Aktuelle lover knyttet til byggets vernestatus undersøkes.

Det gjennomføres en energiberegning av bygget. Denne brukes som referanse når tiltakenes påvirkning skal måles.

Reelt forbruk i bygget estimeres etter innhenting av strømhistorikk. Det reelle forbruket sammenlignes med statistikker fra SSB og det beregnede forbruket. Dette gjøres for å sjekke om simuleringen stemmer.

Deretter velges tiltak ved å gjøre en følsomhetsanalyse. Følsomhetsanalysen viser hvor mye endringer i forskjellige bygningsparametre påvirker det totale energibehovet. Basert på dette velges det ut fem tiltak.

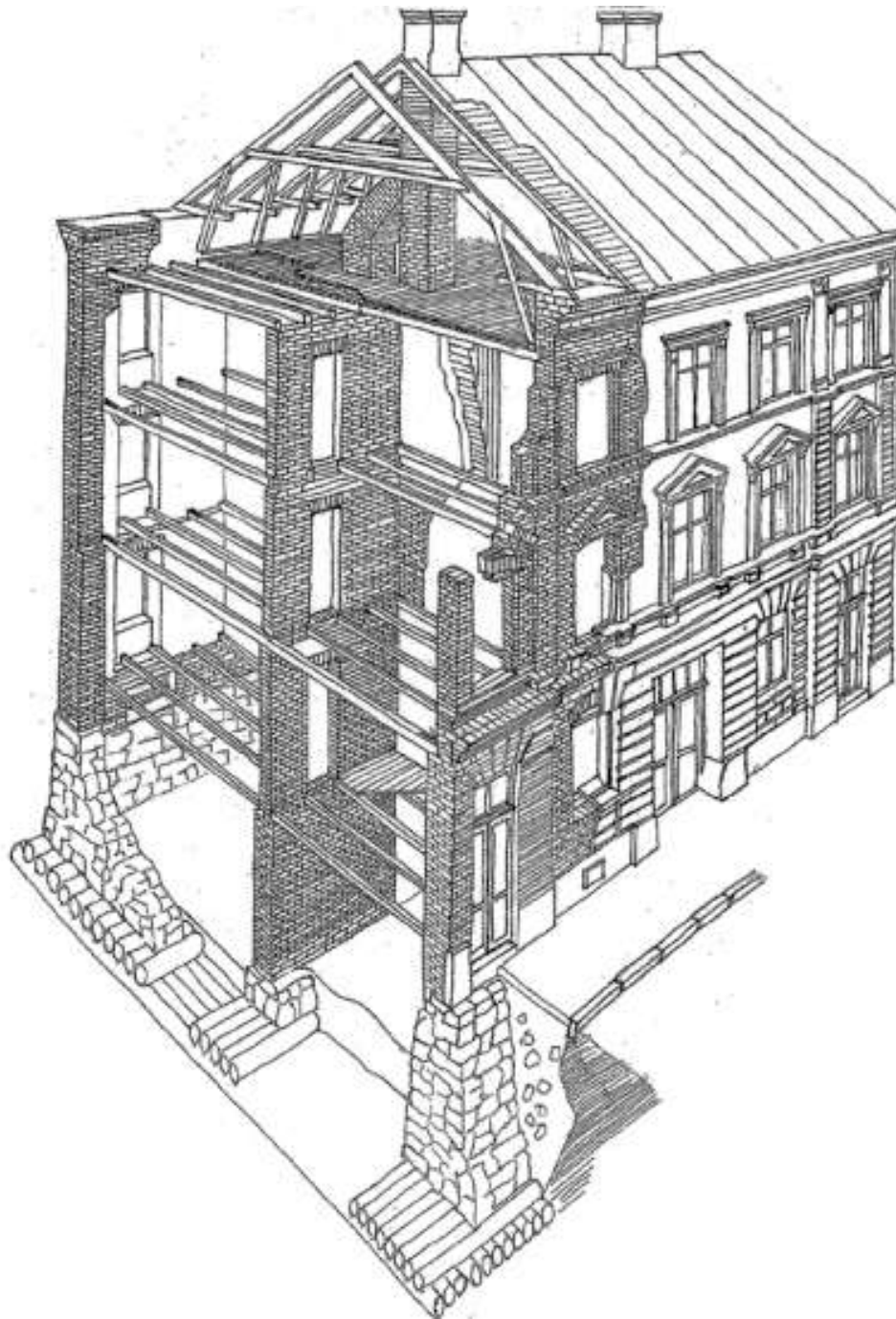
2 Teori

Teorien starter med en kort innføring om konstruksjonen til 1890-talls murgårder. Deretter følger definisjoner på sentrale energibegreper. Videre forklares det hva som inngår i energi- og varmetapsberegningene. Kapittelet avsluttes med definisjonen på inneklima og konsekvensene inneklimaet får ved stort varmetap.

2.1 Murgårder fra siste halvdel av 1800-tallet

Murgårder fra slutten av 1800-tallet ble for det meste bygd på samme måte, men den håndverksmessige utformingen varierte fra bygg til bygg. Punktene under viser hva slags bygningsdeler som er typisk for 1890-talls murgårder (Berg & Flyen 2015):

- «Takkonstruksjon i tre. Takstoler med bukker for å oppta horisontallast.
- Etasjeskiller i tre, evt. fylt med leire eller koksstøv. Ankere langs gavlene.
- Yttervegger i bærende tegl. Avtrappende veggtykkelse oppover.
- Bærende midtvegg i tegl ("hjerteveggen"). Øvrige innvendige vegger i tre eller tegl.
- Kjellermur og fundamenter av naturstein. Evt. sokkel av granitt.
- Treflåter, evt. med pæler, der en ikke kunne fundamenterer på fast fjell.»



Figur 1: Konstruksjonen til en 1890-talls murgård

En typisk gatefasade på en 1890-talls murgård består av (innenfra og ut): tapet, furupanel, teglstein, kalkmørtel, kalkmaling og gips. Fasaden på murgårdene består hovedsakelig av teglstein, som har sin største tykkelse ved fundamentet.

Tykkelsen varierer mellom 1,5 – 2 teglsteinslengder (Byantikvaren 2014). Standardformatet på teglsteinen er antatt å være lik formatet brukt til å bygge Slottet på 1830-tallet.

Teglsteinene hadde en lengde på rundt 23 cm, bredde på rundt 11 cm og høyde rundt 4,5 cm. (Røysland; Wikipedia 2017)

Utenpå teglsteinen ligger et lag med kalkmørtel og kalkmaling. Disse materialene ble ikke bare brukt på grunn av estetikk, men heller på grunn av egenskapene. Materialene skal beskytte teglstein mot frostsprengning og fuktskader. Sjøktene er diffusjonsåpne og slipper fukt igjennom.

Mange murgårder bygget på slutten av 1890-tallet har gatefasader med detaljer som rosetter, masker, gavlmotiver og lignende. Disse arkitektoniske elementene er ofte støpt i gips eller utført i kalkpuss, og kalles for stukkatur. Gårdsfasaden er diskuré, og har ikke stukkatur på veggen. Det er også et tynnere lag med kalkmørtel på gårdsfasaden, og vanligvis ingen kalkmaling (Byantikvaren 2014).

2.2 Vernestatus

Fredet: Fredning er den strengeste formen for vern, og inngrep som går utover kulturminnet må diskuteres med myndighetene. Kulturminneloven gjelder for fredede kulturminner. Et fredet kulturminne kan enten være vedtaksfredet gjennom særskilte vedtak, eller automatisk fredet uten særskilte vedtak (Riksantikvaren).

Vernet: Et vernet kulturminne kan ha hjemmel i lov og andre virkemidler som f.eks. statlige verneplaner (Riksantikvaren).

Verneverdig: Et kulturminne er verneverdig hvis den er oppført på en liste som skal forvaltes på en definert måte. Et verneverdig kulturminne trenger ikke å være formelt vernet (Riksantikvaren).

2.2.1 Kulturminneloven: Definisjon

«Med kulturminner menes alle spor etter menneskelig virksomhet i vårt fysiske miljø, herunder lokaliteter det knytter seg historiske hendelser, tro eller tradisjon til.

Med kulturmiljøer menes områder hvor kulturminner inngår som del av en større helhet eller sammenheng.

Reglene om kulturminner og kulturmiljøer gjelder så langt de passer også for botaniske, zoologiske eller geologiske forekomster som det knytter seg kulturhistoriske verdier til.

Etter denne lov er det kulturhistorisk eller arkitektonisk verdifulle kulturminner og kulturmiljøer som kan vernes. Ved vurdering av verneverdier kan det i tillegg legges vekt på viktige naturverdier knyttet til kulturminnene.» (Lovdata 1979).

2.3 Begreper

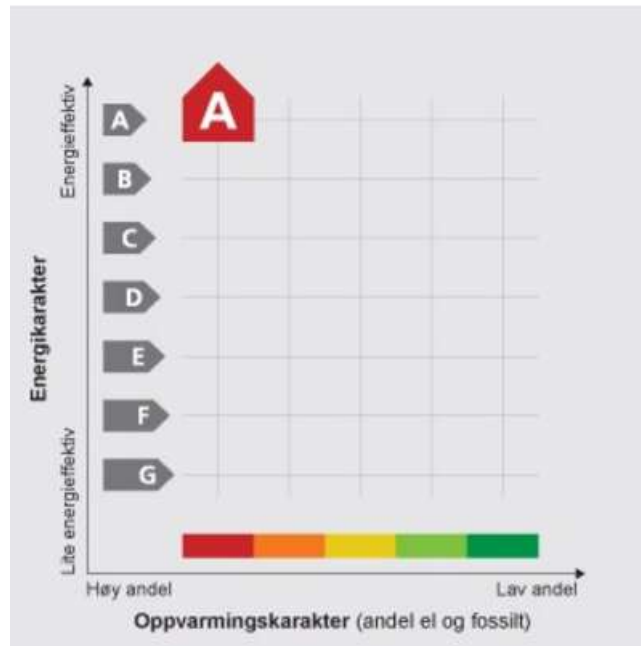
I løpet av teksten er det en del sentrale fagbegreper som dukker opp. De er definert nedenfor.

2.3.1 Energimerke

Energimerket er et todelt karaktersystem som gir en indikasjon på energistandarden i et bygg. Energimerket består av én energikarakter og én oppvarmningskarakter.

Energikarakteren er en bokstav fra A til G. Bokstaven er basert på levert energi til boligen, og er i de fleste tilfeller en indikator på energieffektiviteten i bygget. Den tar i betraktning standardiserte betingelser, og ikke bruksmønsteret. Det vil si hvor mye levert energi som kreves for å holde en komfortabel innetemperatur under normale forhold. Beregningen gjøres i henhold til NS3031.

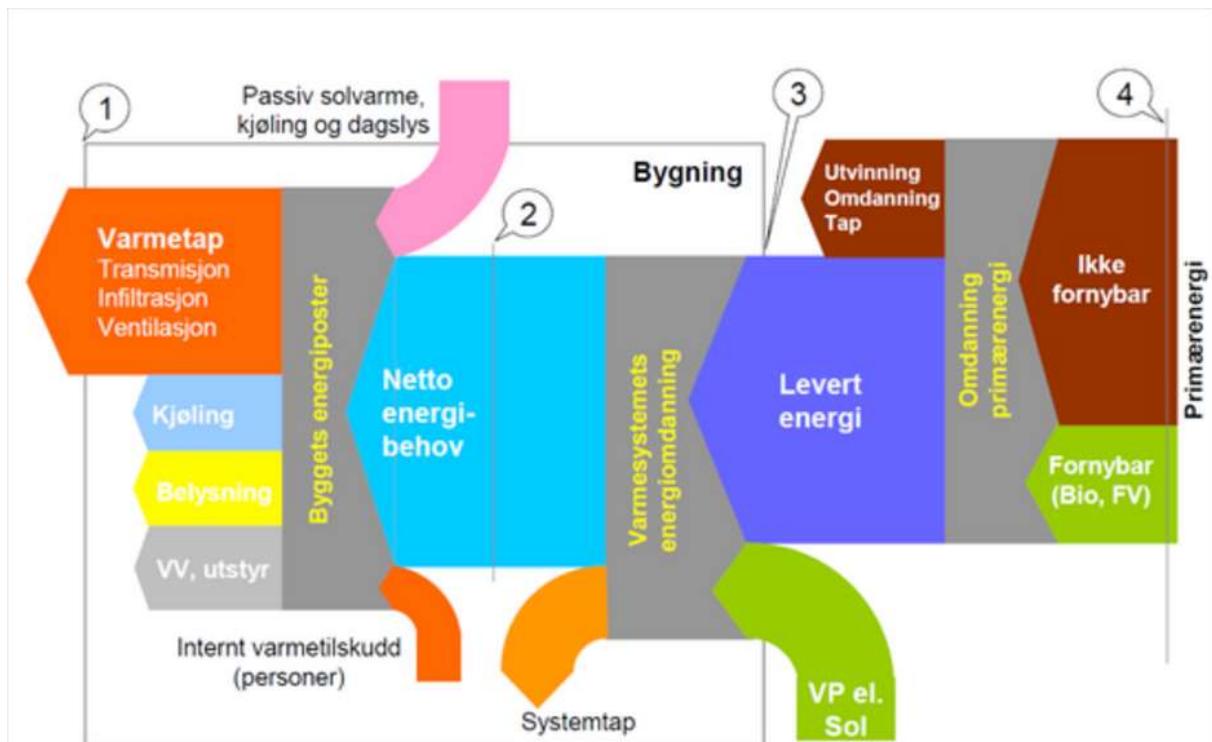
Oppvarmningskarakteren er en fargeskala fra grønt til rødt. Fargen forteller hvor stor andel av det fossile brenselet og elektrisiteten som brukes til oppvarming (Enova 2009).



Figur 2: Energimerkingsskala

2.3.2 Energibalanse i bygg

Det er mange faktorer som må tas i betraktning når man foretar energiberegninger. Det skal ikke mye til før man mistolker begrepene som inngår. For visuelt oversiktlig presentasjon av faktorene se figur 3.



Figur 3: Energibruk og tilført energi sitt samspill i et bygg (Lavenergiprogrammet 2015)

2.3.3 Netto energibehov

Netto energibehov er en verdi på hvor mye energi som er nødvendig for å gjøre opp for energiforbruket. Dette innebærer energi som går til romoppvarming, kjøling, oppvarming av tappevann, teknisk utstyr og belysning. Denne verdien tar ikke systemtap med i betraktningen. Systemtap er tap av energi forårsaket av virkningsgraden til det tekniske utstyret og installasjonene. Nettoenergi-behov er levert energi og lokalprodusert energi trukket fra systemtapet. Se figur 3.

2.3.4 Spesifikk energibehov

Det spesifikke energibehovet er det totale energiforbruket per kvadratmeter BRA.

2.3.5 Levert energi

Levert energi er energi som leveres til bygget fra en ekstern kilde. Det er ofte denne energien som dukker opp på strømregningen.

2.3.6 Varmetilskudd

Varmetilskuddet er summen av soltilskudd og interne tilskudd. Solttilskudd er passiv solvarme som transporteres via flatene i bygget. I NS3031 tas kun solvarmen som slippes gjennom vinduet i betraktning ved beregning av energibehov.

Internt varmetilskudd betraktes som varme fra belysning, utstyr, personer og vifter. Utstyr gjelder innretninger, apparater og installasjoner som avgir varme til oppvarmet areal.

2.3.7 Varmetap

Varmetapet er et mål på hvor mye varme som strømmer i gjennom bygningsskallet mot fri luft ved romtemperatur. Dette er en avgjørende variabel i beregningen av energi, og forklares nærmere lengre ned i kapitlet.

2.3.8 Varmebehov

Varmebehovet er et mål på hvor mye varme som er nødvendig for å gjøre opp for varmetapet.

2.4 Norsk standard (NS3031): Beregning av bygningers energiytelse, metode og data

Norsk standard 3031 er en anerkjent brukerveiledning som brukes for å beregne energibehov og teoretisk energiytelse for bygninger i Norge. Standarden inneholder også inndata i tabeller som brukes til kontrollberegning mot offentlige krav. Standarden kan blant annet brukes til å se om en bygning tilfredsstiller energikrav gitt i den tekniske forskriften, og for å vurdere energiltak med hensyn på redusert energibruk, CO₂-utslipp og kostnader. I standarden beskrives tre beregningsmetoder for oppvarmings- og kjølebehov:

- **Månedsberegning (stasjonær metode) etter NS-EN ISO 13790.** Denne metoden er også den eneste som blir beskrevet i detalj i standarden.
- **Forenklet timesberegning (dynamisk metode) etter NS-EN ISO 13790**
- **Detaljerte beregningsprogrammer (dynamisk metode) validert etter NS-EN 15256**

Hvilken beregningsmetode som skal tas i bruk avhenger av den aktuelle bygningens kompleksitet, hvordan den skal brukes og om bygningen er ny eller allerede oppført. For enkle bygninger uten kjølesystem og med normalt glassareal vil en månedsberegning være tilstrekkelig. For komplekse bygninger med større grad av dynamiske påvirkninger vil det

være hensiktsmessig å benytte seg av dynamiske beregningsmetoder. Dynamiske beregningsmetoder vil i alle tilfeller gi et mer realistisk resultat (komité 2007).

2.5 Varmetap i bygg

Det meste av energiforbruket for bygg i Norge går til romoppvarming. Oppvarming av rom gjøres for å opprettholde den termiske komforten til beboerne på grunn av varmetapet gjennom byggets systemgrenser.

Energien i et varmt legeme vil alltid overføres til et kaldere legeme og ikke omvendt uten en påvirkning utenifra. Samme prinsipp gjelder for hele universet og naturligvis også for bygninger. Varmen i en bygning vil bevege seg fra varmt til kaldt som transmisjonsvarmetap gjennom flatene i bygget eller via luften som ventilasjons- eller infiltrasjonstap.

Infiltrasjonstap skjer som en konsekvens av utettheter i bygget. I henhold til NS3031 (komité 2007) beregnes varmetransportkoeffisienten slik:

$$H = HD + HU + Hg + Hv + Hinf \quad [\text{W/K}]$$

H_D = Direkte transmisjonstap til det fri

H_U = Transmisjonstap til uoppvarmet sone

H_g = varmetap mot grunnen

H_v = ventilasjonsvarmetap

H_{inf} = Infiltrasjonsvarmetap

Varmetapskoeffisienten multipliseres med forskjellen på ute- og innetemperaturen, og slik finner man det totale varmetapet. Hvis varmeanlegg skal dimensjoneres må man multiplisere varmetapskoeffisienten med anbefalt romtemperatur, og den dimensjonerte utetemperaturen for området bygget befinner seg i. Dimensjonerende utetemperatur (DUT) er høyeste og laveste middeltemperatur over tre døgn i en gitt periode.

2.5.1 Transmisjonstap

Transmisjonsvarmetap skjer via flatene i huset. Dette er varmetap til det fri, til uoppvarmede soner og varmetap til grunnen. En vegg består som oftest av flere sjikt som til sammen har en varmegjennomgangskoeffisient, også kalt «U-verdi». U-verdien har benevnningen $[W/m^2 \cdot K]$ og forteller oss hvor mye varme som passerer gjennom et tverrsnitt på én kvadratmeter. U-verdien regnes ut ved å dele 1 på den totale varmemotstanden (R) til veggen (Edwardsen & Ramstad 2010).

Varmemotstanden for homogene sjikt er gitt ved:

$$I. \quad R = \frac{d}{\lambda} \text{ [m}^2\text{K / W]}$$

Hvor:

d = materialsjiktets tykkelse (m)

λ = Materialets dimensjonerende varmeledningsevne (W/mk)

Varmemotstanden for flere sjikt er gitt ved:

$$II. \quad R = \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} \dots \frac{d_n}{\lambda_n} \text{ [m}^2\text{K / W]}$$

Når man har R finner man U-verdien for veggen:

$$III. \quad U - verdi = \frac{1}{R} \text{ [W / m}^2\text{K]}$$

Etter å ha funnet varmetapet gjennom alle bygningsdeler, må disse summeres sammen med kuldebroverdien:

$$IV. \quad H_D = \sum_i U_i A_i + \psi A$$

Hvor:

U_i = Varmeovergangskoeffisientene for bygningsdelene $[W / m^2K]$

A_i = Det utvendige arealet til bygningsdelene [m^2]

Ψ = Den normaliserte kuldebroverdien [W / m^2K]

A = Oppvarmet BRA [m^2]

Kuldebroverdien må også tas i betraktning når man regner ut transmisjonsvarmetapet.

Kuldebroer oppstår når deler av konstruksjonen har en høyere varmeledningsevne enn resten.

Områder utsatt for kuldebroer kan være etasjeskiller eller vinduskarmer.

2.5.2 Ventilasjonstap

I bygg med naturlig ventilasjon vil tapet oppstå i luftkanalene i huset, og når bygget luftes ved å åpne vinduer. Mekanisk ventilasjon er når man har avtrekk med motoriserte vifter (Edwardsen & Ramstad 2010). Bygget luftes naturlig og luften strømmer igjennom huset og ender opp i avtrekket, som oftest plassert i bad og kjøkken. Ved mekanisk ventilasjon oppstår det varmetap når det luftes og igjennom avtrekket. Kort sagt er det dette varmetapet som går på bekostning av frisklufttilførselen (komité 2007):

$$V. \quad H_v = 0,33 \times V_{mengde}(1 - \eta) \quad [W/K]$$

Hvor:

0,33 = luftens varmekapasitet per m^3

V_{mengde} = Gjennomsnittlig ventilasjonsmengde, i m^3/h

η = Virkningsgraden for varmegjenvinneren

2.5.3 Infiltrasjonsvarmetap

Infiltrasjonsvarmetap skjer som en konsekvens av utettheter i konstruksjonen. Man kan si at bygget «lekker» luft. Dette skjer på grunn av trykkforskjeller mellom inne- og utelufta.

Varmetapet beregnes som følger (komité 2007):

$$VI. \quad H_{inf} = 0,33 \times (n_{inf} \times V) \quad [W/K]$$

Hvor:

n_{inf} = Luftskifte på grunn av infiltrasjon. Denne verdien beregnes blant annet ved å finne lekkasjetall ved en trykkforskjell på 50 pascal, inne og ute. [h^{-1}]

V = oppvarmet luftvolum [m^3]

2.6 Inneklima og energieffektivisering

Energieffektivisering handler i bunn og grunn om å redusere energibehovet. Dette burde derimot ikke gå på bekostning av komforten til brukerne av bygget. Komforten påvirkes av flere faktorer og kan forklares best ved å se på definisjonen av inneklima.

WHO (verdens helseorganisasjon) definerer inneklima som de fem første punktene til det som utgjør innemiljø. Disse fem punktene er termisk-, atmosfærisk-, akustisk-, aktinisk- og fysisk miljø (NFBIB 2010).

2.6.1 Termisk miljø

Termisk miljø tar for seg de faktorene som påvirker menneskets varmemalansse, og hvordan man oppfatter det termiske innemiljøet. Det er det termiske innemiljøet som er mest merkbart i en situasjon med høyt varmetap, og ujevnheter i bygningskroppen. Faktorene som påvirker det termiske miljøet er operativ temperatur, lufttemperatur, lufthastighet, metabolisme, kledning og luftfuktigheten.

2.6.2 Atmosfærisk miljø

Atmosfærisk miljø tar for seg kvaliteten i innelufta. Vi oppholder oss for det meste inne og for vår egen helses skyld, er det derfor nødvendig med nok tilførsel av friskluft. Faktorer som påvirker luftkvaliteten er gasser, damper, lukter, støv og luftelektriske forhold.

2.6.3 Aktinisk miljø

Aktinisk miljø tar for seg belysningen og strålinger i et bygg. Belysning påvirker menneskets helse og psykologi, og må bestemmes på bakgrunn av hva rommet er ment å brukes til. I et kontor skal det være nok belysning slik at arbeidet kan utføres uten anstrengelser, men heller ikke for mye slik at man føler ubehag.

2.6.4 Akustisk miljø

Akustisk miljø tar for seg støy, vibrasjoner, lydoverføringer og etterklang. Som regel er støy utenifra det største problemet, spesielt i byer. Det oppstår også støy i bygget, og kan komme fra trampelyder, renovering eller tekniske anlegg. Dette skyldes i de fleste tilfeller dårlig lydisolering og plassering av rom i forhold til lydkildene.

2.6.5 Mekanisk miljø

Fysisk miljø handler om den fysiske utførelsen av omgivelsene i et bygg, og hvordan det tilrettelegges for å menneskelige behov. Mekanisk miljø tar for seg blant annet ergonomi. Innemiljøet og møbler er tilrettelagt for å sikre mot fysiske skader og slitasje. Et eksempel er tilretteleggelse for handikappede.

2.7 Hvordan påvirker varmetap inneklimate

Konsekvensene som kommer med høyt varmetap er først og fremst økte kostnader og redusert komfort. Høyt varmetap fører til større varmebehov, som i mange tilfeller betyr større mengder levert strøm.

Det er det termiske miljøet som blir mest påvirket av varmetapet. Flatene på innsiden av huset vil være kaldere, og det oppstår kaldras. Kaldras skjer ved at overflatetemperaturen reduserer temperaturen på inneluften. Denne luften får en høyere masse og siver nedover. Dermed øker lufthastigheten i rommet og konveksjonen mellom kroppen og innelufta. Dette skaper ubehag.

Dette gjelder også for kuldebroer. Kuldebroer er områder i konstruksjonen som har høyere varmetap enn normalt. Kuldebroer oppstår på grunn av ujevnheter i isolasjonen, og skjer i mange tilfeller ved etasjeskillere og vinduer.

Lav overflatetemperatur fører også til overflatekondens, som er en kombinasjon mellom høy luftfuktighet og lav overflatetemperatur. Inneluften blir avkjølt mot den kalde overflaten, noe som videre øker den relative fuktigheten (RF). Relativ fuktighet er et mål på mengden vanndamp i luften i forhold til hvor mye vanndamp det kan være i lufta før den kondenserer. Hvis den relative fuktigheten er lik eller over 100% vil det oppstå kondens. Kondens på konstruksjonen vil føre til muggvekst. Muggvekst kan ødelegge materialer eller i verste fall gi negative helseeffekter (Gustavsen et al. 2008).

Frostsprenning er også et problem som delvis skjer på grunn av fukt. Dersom fasaden utsettes for fukt og denne fukten ikke ledes bort fra bygningen, kan den sette seg i

konstruksjonen. Dette vil være tilfelle hvis det er lav diffusjon i sjiktene. Når vannet fryser og utvider seg kan dette skade konstruksjonen. Temperaturspenninger er et likt problem, men oppstår på grunn av temperaturforskjeller i veggene. (Byantikvaren 2014)

3 Metode

Det gjennomføres en casestudie i oppgaven hvor det foreslås ulike tiltak for forbedring av energieffektiviteten i Seilduksgata 26a. Energiberegningene ble utført i SIMIEN, men inndataen ble bestemt ved å studere relevant litteratur, utføre målinger på stedet og etter samtaler med byantikvaren i Oslo. For å forstå og tolke resultatene er det nødvendig å få et korrekt bilde av murgården slik at man får en solid referanse å bygge tiltakene på. Det er også gjennomført en datainnsamling, hvor målet har vært å få tilgang på strømhistorikken til beboerne. Dette for å forstå brukermønstre til beboere og få sammenlignbare simuleringresultater.

3.1 SIMIEN

SIMIEN er et simuleringverktøy som brukes til å estimere energibruk og inneklimate i bygg. Man starter med å gjengi en realistisk beskrivelse av bygget som skal simuleres. Dette gjøres ved å beskrive byggets planløsning, oppbygning og dets egenskaper. Deretter utføres det simuleringer av bygget. Simuleringene baseres seg på den dynamiske beregningsmetoden beskrevet i NS3031, og beregner tilstanden i bygget med et intervall på 15 minutter. I SIMIEN er det muligheter for å utføre syv simuleringer (Programbyggerne):

- **Evaluering mot forskrifter**
Sammenligner resultatet av bygget opp mot energi- og inneklimatekrav i de tekniske forskriftene.
- **Energimerking**
Bygget energimerkes. Basert på resultatene gis en energi- og oppvarmningskarakter.
- **Årssimulering**
Beregner blant annet energibruket og levert energi. Bygget simuleres et helt kalenderår.
- **Dimensjonerende sommerforhold**
Simulerer 1-30 dager om sommeren, under dimensjonerende sommerforhold.
- **Dimensjonerende vinterforhold**
Simulerer 1-30 dager om vinteren, under dimensjonerende vinterforhold.
- **Passivhus/lavenergi**
Simulerer bygget opp mot passivhus/lavenergi-kriterier.

- **Lønnsomhet**

Beregner årlige besparelser, nåverdi og internrente for innlagte tiltak.

3.1.1 SIMIEN i casestudiet

SIMIEN brukes til å utføre energisimuleringer på bygget slik det er i dag. Deretter utføres simuleringer med foreslåtte tiltak. Dette er for avansert til å gjøres for hånd, da det kreves at energiforbruket beregnes ved hjelp av den dynamiske metoden. Derfor benyttes SIMIEN. For å simulere resultatene må bygget modelleres, og det gjøres ved å fylle inn data for disse punktene. Punktene under er ikke komplette, men tar for seg de viktigste stegene ved beskrivelsen av bygget.

- Prosjekt og lokasjon: Her angis klimasted og bygningskategori.
- Energiforsyning: Tar for seg energikildene i huset, og hvordan energien distribueres.
- Rom/soner: Dette er et større punkt som tar for seg bygningskroppen. Her angis størrelser og isoleringsegenskapene til fasade, vinduer, dører, tak og gulv. Det skilles mellom oppvarmede soner og uoppvarmede soner. I dette punktet beskrives også oppvarming, ventilasjon og internlast. De fleste faktorene som faller under disse punktene er nødvendige for å beregne varmetapet og inngår i formlene IV. V. VI. nevnt i teoridelen.
- Solcellepanel: Dimensjonerer PV-system.

I situasjoner hvor inputdata ikke er tilgjengelig, og det ikke er mulig å måle fysisk har det blitt tatt i bruk verdier som er typisk for 1890-talls murgårder. Disse verdiene er stort sett hentet fra rapporten "*Energieffektivisering i eksisterende bygninger*" (Svensson et al. 2012).

3.1.2 Fasade

Det finnes ingen oversikt over hvordan veggen ser ut, men etter å ha snakket med byantikvaren i Oslo (Byantikvaren 5.4.2017) og undersøkt på nett, gjøres det et omtrentlig anslag av sjiktens tykkelse. Fasaden består av furupanel, teglstein, kalkmørtel og gips. For å bestemme u-verdien ble formel I. og II. tatt i bruk. R ble funnet ved hjelp av tabeller i (Edvardsen & Ramstad 2010) og (Enova 2007).

De fleste murgårder i Oslo har en utvendig fasade med stukkatur. Formen og tykkelsen av stukkaturen varierer fra bygg til bygg, men det aller meste av stukkatur har til felles at de

stikker ut fra fasaden. Dette betyr at det legges til et sjikt utenpå grunnfasaden slik at varmeisolasjonen blir høyere der hvor stukkaturen befinner seg (Byantikvaren 2014).

Stukkaturen på gatefasaden er lagd av gips, og gips har relativt god varmeisolasjon i forhold til de andre sjiktene. Derfor har jeg tatt med stukkaturen i beregningene.

3.2 Følsomhetsanalyse

Følsomhetsanalysen gjøres ved å beregne spesifikt energibehov for så å endre de aktuelle variablene med +/- 20% og 40%. Dette utføres i Excel og variablenes påvirkning presenteres visuelt med et diagram. Dette brukes som et virkemiddel i casestudiet for valget av tiltak. Noen av variablene er omtrentlige anslag som er kommet fram til etter å ha undersøkt flere kilder. Hvilke variable dette gjelder sees nærmere på i casestudiet. Følsomhetsanalysen blir også tatt i bruk for å se hvor stort utslag disse har på varmetapet, slik at man kan se nærmere på disse.

3.3 Datainnsamling: Strømforbruk

For å videre sikre at referansebygget er riktig simulert, sammenlignes simulert energiforbruk med det reelle energiforbruket i Seilduksgata 26 a. Strømhistorikken til beboerne hentes fra Hafslund etter å ha fått samtykke, se kapittel 9.1.1. Dette utgjør halvparten av boenhetene i Seilduksgata 26a. Strømhistorikken viser månedlig strømforbruk opp til de siste fem årene.

Med strømhistorikken tilgjengelig beregnes et gjennomsnittsforkbruk per m² for hver enkel boenhet, som det igjen beregnes et gjennomsnitt av. Dette anslaget sammenlignes med energiforbruket regnet ut i SIMIEN, og med statistikker fra SSB.

4 Casestudiet: Seilduksgata 26a



Figur 4: Gatefasaden til Seilduksgata 26a

Dette kapittelet beskriver Seilduksgata 26a, og inkluderer følgende punkter:

- Generell informasjon om Seilduksgata 26a
- Inndata for energisimuleringen av referansen
- Vurdering av tiltak på bakgrunn av følsomhetsanalyse
- Inndata for tiltakene bestemmes

4.1 Generell informasjon

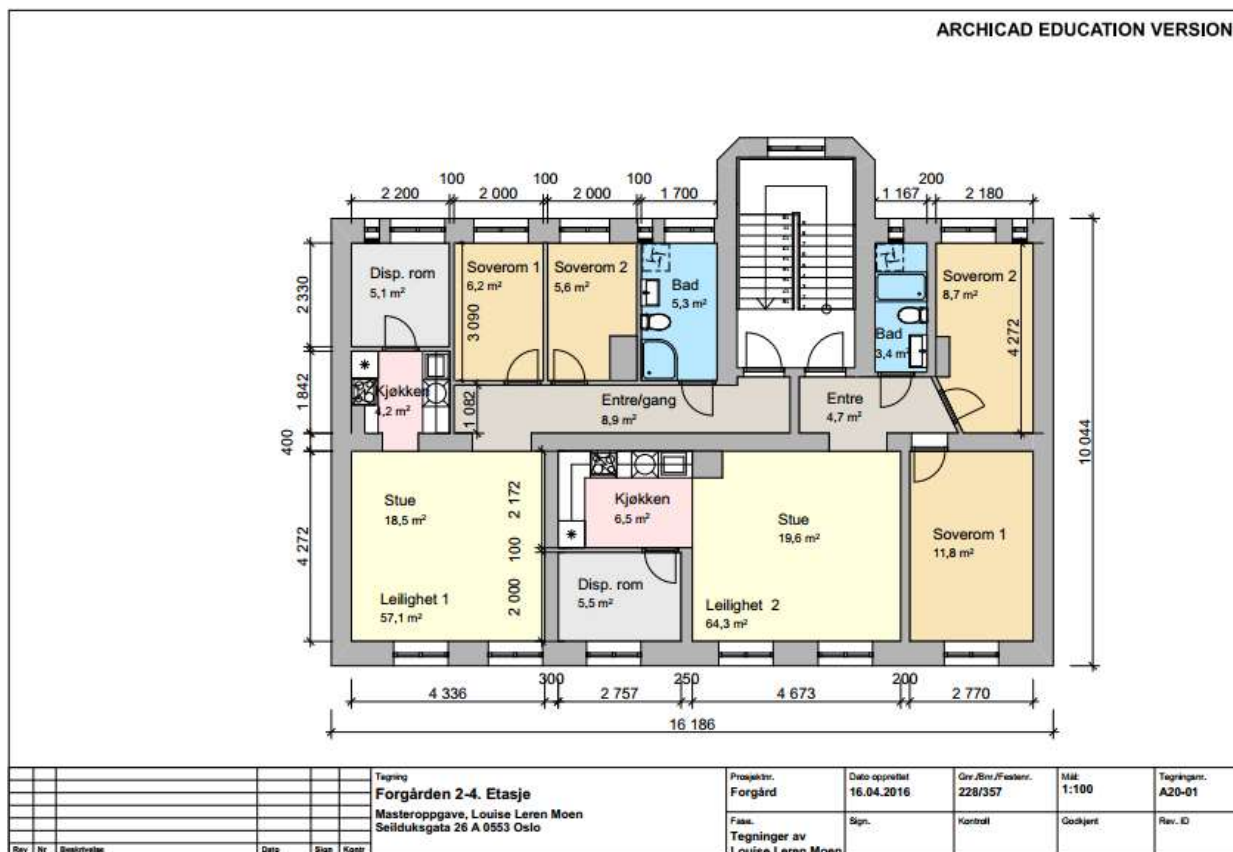
Seilduksgata 26a er en av to bygninger som utgjør en bygård bygget i fjerde kvartal på 1800 tallet, og befinner seg i Birkelunden i Oslo. Bygården er en av 139 bygårder som i 2006 ble fredet under Birkelunden kulturmiljø. Formålet er å «sikre og bevare et bymiljø fra annen halvdel av 1800-tallet av nasjonal interesse når det gjelder byplanshistorie, kulturhistorie og arkitektur» (Berg & Flyen 2015; Lovdata 2006).



Figur 5: Kvartalet hvor Seilduksgata 26a og b befinner seg

Seilduksgata 26a står plassert mellom to murgårder, slik at gavlveggene vender mot øst og vest. Gatefasaden står plassert mot sør, og ligger lyst og luftig til. Den har stukkatur i tredje og fjerde etasje, hvor stukkaturen utgjør en stor andel av veggen. Det er til sammen fem etasjer, inkludert loft. Gårdsfasaden er dekorert og ligger stort sett i skygge året rundt. Det som skiller gårdsfasaden med gatefasaden er trappehuset som stikker ut.

I første etasje befinner det seg et næringslokale og en leilighet. I hovedetasjene, andre til fjerde etasje, er det to leiligheter per etasje. Leilighetene som ligger på vestsiden av bygget har et areal på omtrent 57 m² mens leilighetene på den østlige delen av bygget har et omtrentlig areal på 64 m² (Moen 2016). Loftet har i nyere tider blitt renoveret, og gjort om til leiligheter. Det er fire leiligheter med areal på 26 - 46 m² (Tronstad 2.2.2017).



Figur 6: Planløsningen av bygget fra andre til fjerde etasje

4.2. Kulturminneloven og Seilduksgata 26a

Bygningene i Seilduksgata 26 er vedtaksfredet som en del av Birkelunden kulturmiljø, og er fredet etter kulturminneloven § 15 og § 20. Kulturminneloven § 15 omfatter:

«Trapperommene og deres interiør, det vil si trappeløp, dører, vinduer og alle overflater», mens § 20 omfatter:

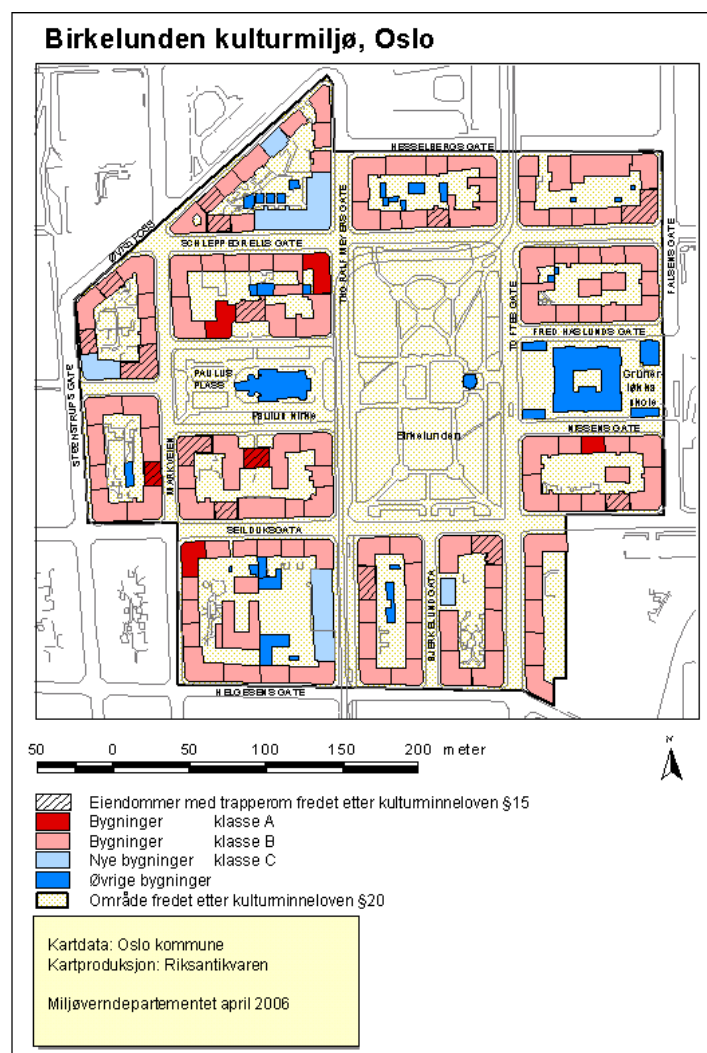
«Alle utvendige arealer og eksteriøret til alle byggverk, faste konstruksjoner, anlegg og installasjoner innenfor kartavgrensningen, herunder portrom, gårdsrom, faste konstruksjoner i terrenget som murer, gjerder, trapper o.l., gategrunn med gateløp, faste dekker og beleg, og parker og annen grønnstruktur. Opplystingen er ikke fullstendig.» (Lovdata 2006)

Det som går igjen i forskriften er at uten særskilt tillatelse kan det ikke iverksettes tiltak eller inngrep som kan endre eksteriøret på bygningene. Dette betyr også endring av materialet på bygningene. Det må søkes om tillatelse til forvaltningsmyndighetene, som i dette tilfelle er Byantikvaren. I §7, punkt 3 b) står det:

«Mindre tiltak i eksteriøret til bygninger som er klassifisert i kategori A og B, så fremt tiltakene ikke vil endre eksteriøret eller kulturmiljøet for øvrig i vesentlig grad, jf. vedlegg 1.»

Seilduksgata 26a går under klasse B og gjelder for dette punktet. Det samme står i kulturminneloven § 15a (Lovdata 1979). Videre står det i paragrafen at man kan få dekket utgifter, hvis et vilkår for dispensasjonen fordyrer arbeidet.

«Departementet kan i særlige tilfeller gjøre unntak fra vedtak om fredning og fredningsbestemmelser for tiltak som ikke medfører vesentlige inngrep i det fredete kulturminnet. Blir det satt vilkår for dispensasjonen som fordyrer arbeidet, skal eier eller bruker få helt eller delvis vederlag for denne utgiftsøkningen.»



Figur 7: Klassifiseringer av bygninger som er en del av Birkelunden kulturmiljø

4.3 Seilduksgata 26a i SIMIEN

I situasjoner hvor innputdata ikke er tilgjengelig og det ikke har vært mulig å måle fysisk har det blitt tatt i bruk verdier som er typisk for 1890-talls murgårder. Disse verdiene er stort sett hentet fra rapporten "*Energieffektivisering i eksisterende bygninger*" (Svensson et al. 2012) og består av:

Kuldebroer: 0,03 W/m²K

Lekkasjetall (n_{50}): 4 h⁻¹

Naturlig ventilasjon: 1,2 m³/hm²

U-verdi vinduer/dører: 2,6 W/m²K

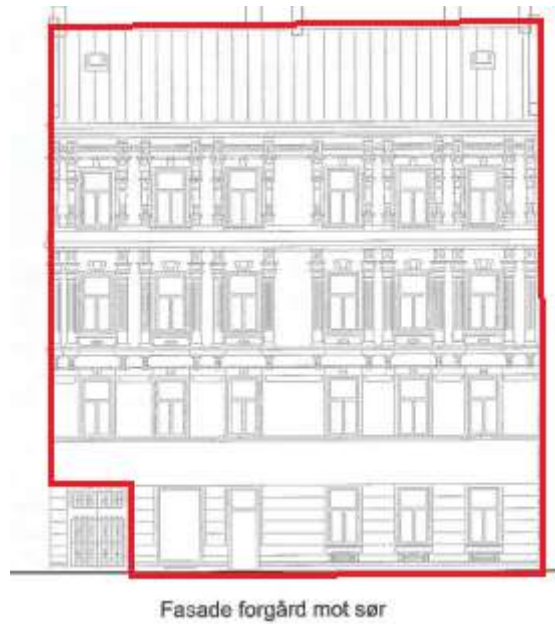
U-verdi etasjeskiller mot kjeller: 0,96 W/m²K

U-verdi gulv mot fri luft over portrom: 0,9 W/m²K

4.3.1 Oppvarmet og uoppvarmet sone

Det finnes ingen oppdatert planløsning tilgjengelig i plan- og bygningsetaten. Derfor måtte det tas i bruk planløsningen funnet i (Moen 2016) og bygge videre på denne. I oppgaven hennes finnes planløsningen for andre til fjerde etasje, samt volum for etasjene. Arealet og vinkelen for taket kan man også finne i oppgaven. Ved hjelp av dette ble det utarbeidet en oversikt over areal og volum for 5. etasje (loftet), se kapittel 9.1. Høyden i første etasje og portroms volum ble målt på stedet, slik at resten av arealet i første etasje kunne beregnes.

Det første steget er å definere oppvarmet og uoppvarmet areal og volum. Oppvarmet areal er definert som første til femte etasje. Bildene under viser fasade mot nord og sør. Område markert i rødt viser oppvarmet sone.

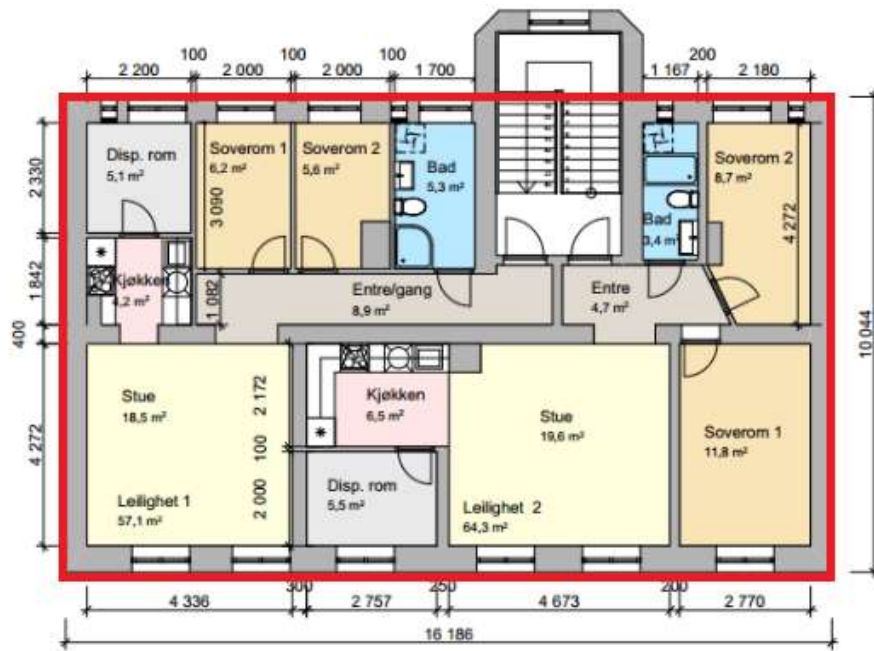


Figur 8: Oppvarmet sone sett mot forgård



Figur 9: Oppvarmet sone sett fra bakgård

På gårdssiden av bygget befinner det seg en trappeoppgang. Denne trappeoppgangen er utstikkende og for å forenkle beregningene er denne utelatt, slik at oppvarmet areal blir et rektangel sett ovenfra. Deler av trappeoppgangen betraktes også i beregningene som en del av boarealet, slik at det forventes at temperaturen holdes lik resten av etasjen.



Figur 10: Oppvarmet sone for andre til femte etasje

Ved hjelp av planløsningen for andre til fjerde etasje (Moen 2016) og målinger gjort på stedet er det utarbeidet en oversikt over total oppvarmet areal som inputdata i SIMIEN.

Etasje:	Areal [m ²]	Volum [m ³]
1 etg.	108.2	285.7
2 - 4 etg.	136.7	360.8
5 etg. (loft)	136.7	288.9
Total:	655	1657

Tabell 1: Total oppvarmet areal og volum / oppvarmet areal og volum fordelt på hver etasje

Første etasje har et mindre areal enn de andre etasjene. Dette fordi portrommet tar opp mye av arealet. Femte etasje/loftet har et mindre volum på grunn av skråtaket. Takets areal er omtrent 100 m², med en helning på 30 grader. Ved hjelp av disse tallene ble volumet beregnet.

4.3.2 Fasade

Den beregnede U-verdien for gate- og gårdsfasaden er listet i tabell 2.

4.3.3 Gatefasade

Sjikt	Furupanel	Teglstein	Kalkmørtel	Stukkatur(gips) [25%]
Tykkelse [m]	0.02	0.345	0.03	0.05
Varmeledningsevne [W/m*k]	0.14	0.62	1	0.2
Tot.Uverdi [W/m2*k]	1.26			

Tabell 2: Total u-verdi for gatefasade og sjiktene tykkelser og varmeledningsevne

I tillegg til sjiktene nevnt over, består veggen av et tynt lag tapet på innsiden og kalkmaling på utsiden. Disse er ikke tatt med i beregningene da de vil gi minimal uttelling på den totale u-verdien. Det er anslått at stukkaturen utgjør 25% av veggarealet. Teglsteintykkelsen er anslått til å være 1,5 som tilsvarer omtrent 0.345 m.

4.3.4 Gårdsfasade

Sjikt	Furupanel	Teglstein	Kalkmørtel
Tykkelse [m]	0.02	0.345	0.01
Varmeledningsevne [W/m*k]	0.14	0.62	1
Tot.Uverdi [W/m2*k]	1.41		

Tabell 3: Total u-verdi for gatefasade og sjiktene tykkelser og varmeledningsevne

Gårdsfasaden er estetisk diskret og har ikke noe form for stukkatur. Kalkmørtellaget er også tynnere, dette gjelder for den typiske 1890-talls murgården. Den totale u-verdien for fasadene vises i tabell 2 og 3 og brukes som inputdata i SIMIEN.

Fasadene mot øst og vest defineres i SIMIEN som skillekonstruksjon til rom med samme temperatur.

4.3.5 Tak

Takets tykkelse ble ikke målt, og tilgjengelige dokumenter er fraværende. Takkonstruksjonen består av massivt tre, og det antas å ha en gjennomsnittstykkelse på 0.15 meter. Denne verdien divideres med trevirkets varmeledningsevne (0.18)(Edwardsen & Ramstad 2010) for å gi resistansen, som igjen gir en u-verdi på 1.2.

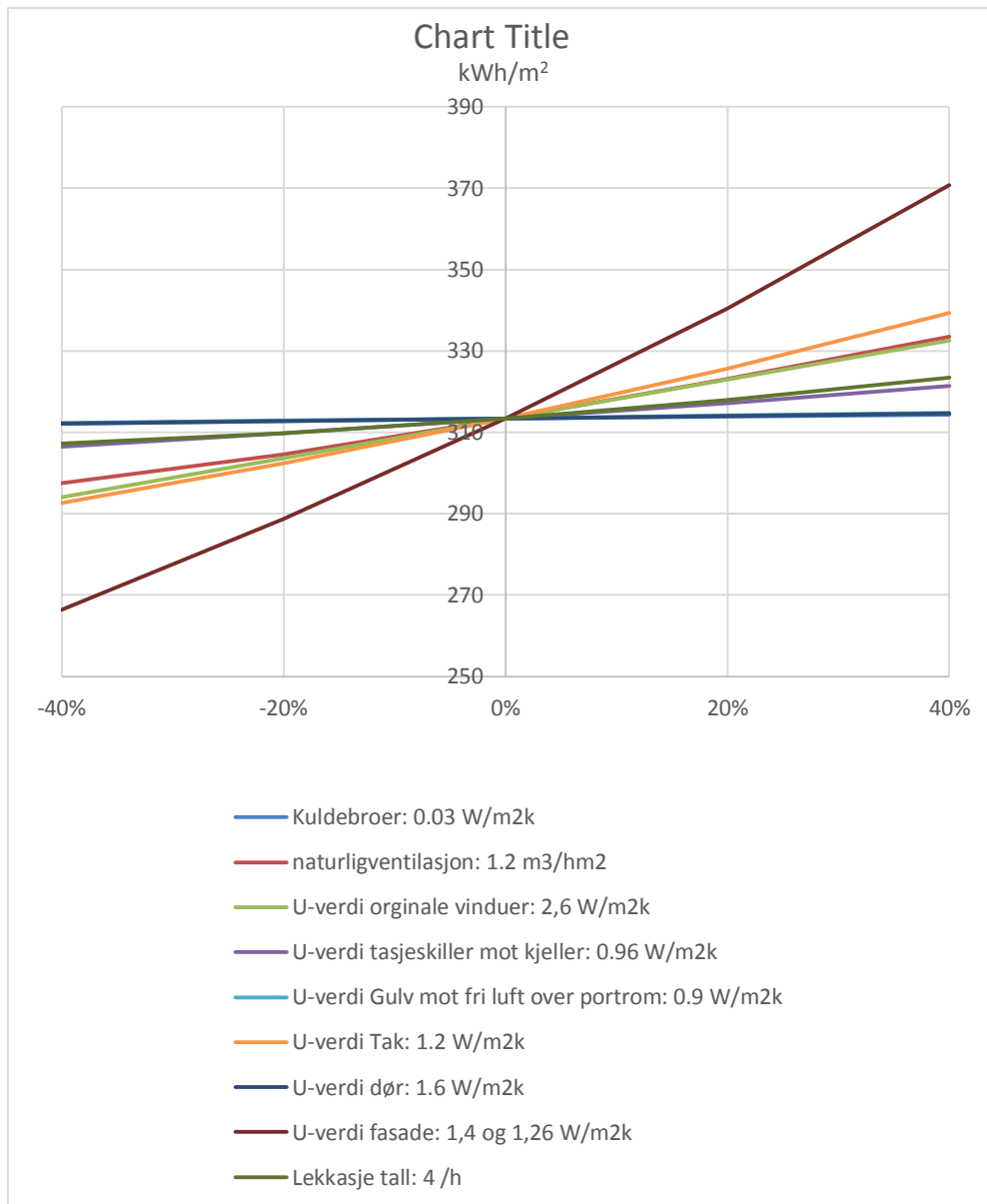
4.3.6 Vindu og dører

Det er totalt 58 vinduer på bygget av forskjellige størrelser og u-verdier. Originalvinduene har en u-verdi antatt å være på 2,6, lik u-verdien oppgitt i rapporten. Syv av originalvinduene er restaurert med lavere u-verdi (Tronstad 28.3.2017). To av vinduene er helt nye og vil dermed ha en lavere u-verdi. Dørene er heller ikke originaldeler og er satt til å ha middels isolasjon. Varmetilskuddet fra interne laster settes til gjennomsnittsverdi for boliger i Norge.

4.4 Valg av tiltak

4.4.1 Følsomhetsanalyse

Det er flere faktorer som må vurderes når man skal bestemme hvilke tiltak som lar seg gjøre. Bygget er vedtaksfredet og gir relativt lite spillerom for hvilke tiltak som kan gjennomføres. Hvis et tiltak lar seg gjennomføre er spørsmålet hvor stor nytten er. For å få bedre innsikt i påvirkningen av de forskjellige parameterne har det vært gjort en følsomhetsanalyse. Dette er som sagt kun en ett virkemiddel for valg av tiltak basert på reduksjon av energibehovet.



Figur 11: Variablene som har mest påvirkning rangert fra størst til minst: fasade, tak, vinduer, naturligventilasjon, etasjeskiller mot kjeller, lekkasje tall, dør, gulv over portrom og kuldebro

Som forventet har u-verdien for fasaden størst innvirkning på energibehovet i bygget. Alle bygningsdeler har høy u-verdi i forhold til dagens standard, men fordi fasaden har størst areal mot friluft vil en endring her utgjøre den mest merkbare forskjellen. Fasaden må etterisoleres for å senke u-verdien.

Etter fasade kommer endring i tak, vinduer, naturlig ventilasjon og gulv mot kjeller. Disse har så å si lik påvirkning på energibehovet. Naturlig ventilasjon er satt til å være minimumskravet i «Teknisk forskrift» for gjennomsnittliglufttilførsel når rommene eller boenheten er i bruk.

Denne variabelen er i denne situasjonen veldig avhengig av brukermønsteret til beboere. Derfor velger jeg å se bort ifra ventilasjonstiltak, da jeg kun tar for meg tiltak på bygningskroppen. Tak, gulv mot kjeller og gulv mot portrom etterisoleres for å redusere energibehovet. Vinduene skiftes ut.

4.5 Tiltak

Bygget er simulert og energiberegninger gjennomført. Følsomhetsanalysen brukes som en pekepinn på hvilke av variablene som har størst påvirkning. Referansebygget brukes for å se hvor mye av tiltakene endrer energibruket i bygget ved å endre variablene som er aktuelle.

4.5.1 Tiltak 1: Fasade

I det første tiltaket reduseres u-verdien i gate- og gårdsfasade samt vegg mot portrom. Kalkmørtel-sjiktet i veggene erstattes med aerogelbasert kalkmørtel, som har svært gode varmeisolerende egenskaper. Produktet som blir tatt i bruk er Fixit 222 superisolerende kalkmørtel med aerogel fra Isokalk. Produktet har en varmeledningsevne på 0.028 W/mk (IsokalkAS 2016).

Aerogel er et materiale opprinnelig utviklet som isolasjon for romfartsdrakter. Aerogel er ikke et spesifikt materiale, men heller en betegnelse på høyt porøst skum. Selv om aerogel er et fast materiale, inneholder aerogel opp til 99,8 prosent luft. Dette gjør materiale til et av de letteste i verden, med svært gode isoleringsegenskaper. Disse egenskapene har ført til innovative løsninger i byggsektoren, hvor aerogel har blitt tatt i bruk for isolasjon. Dette gjelder blant annet aerogelbasert kalkmørtel, panel og vinduer (Thomas 2012).

Gatefasade

Ved å skifte ut kalkmørtellaget med aerogelbasert kalkmørtel reduseres fasadens u-verdi med 56%.

Sjikt	Furupanel	Teglstein	Fixit 222	Stukkatur(gips) [25%]
Tykkelse	0.02	0.345	0.03	0.05
Varmemotstand	0.14	0.62	0.028	0.2
Tot. U-verdi	0.55			

Tabell 3: U-verdi for gatefasade etter tiltak

Gårdsfasade

For gatefasaden vil u-verdien reduseres med 32%.

Sjikt	Furupanel	Teglstein	Fixit 222
Tykkelse	0.02	0.345	0.01
Varmeledningsevne	0.14	0.62	0.028
Tot. U-verdi	0.95		

Tabell 5: U-verdi for gårdsfasade etter tiltak

4.5.2 Tiltak 2: tak, gulv over kjeller og gulv over portrom

Neste steg tar for seg de resterende overflatene mot uoppvarmet sone. Dette gjelder taket, gulv mot kjeller og gulv over portrom. Taket og gulv mot kjeller planlegges å etterisolerers med Glava proff rull 34, mens gulv over portrom etterisoleres med samme isolasjon som fasadene. Produktets u-verdi varierer med tykkelsen (Glava 2017).

4.5.2.1 Tak

U-verdi reduseres etter tiltaket med 83%.

Sjikt	Trevirke	Glava
Tykkelse	0.15	0.2
Varmeledningsevne	0.18	0.047
Tot- U-verdi	0.2	

Tabell 6: U-verdi for tak etter tiltak

4.5.2.2 Gulv over kjeller

U-verdien reduseres etter tiltaket med 80.2%. Grunnen til at tykkelse og varmeledningsevnen er ukjent er fordi u-verdien for «gulv mot kjeller» er hentet ut fra rapporten nevnt tidligere.

Dermed kunne resistansen beregnes ved å endre på formel III.

Sjikt	Blandet	Glava
Tykkelse	ukjent	0.2
Varmeledningsevne	ukjent	0.047
Resistanse	1.04166667	4.25531915
Tot- U-verdi	0.19	

Tabell 7: U-verdi for gulv over kjeller etter tiltak

4.5.2.3 Gulv over portrom

U-verdien reduseres etter tiltaket med 54.4%. Støter på samme situasjon som med gulv over kjeller.

Sjikt	Blandet	kalkmørtel
Tykkelse	ukjent	0.04
Varmeledningsevne	ukjent	0.028
Resistanse	1.04166667	1.42857143
Tot- U-verdi	0.41	

Tabell 8: U-verdi for gulv over portrom etter tiltak

4.5.3 Tiltak 3: Utskiftning av vinduer

Siste tiltak som innebærer endring av konstruksjonen er utskiftning av vinduene. De originale vinduene har en u-verdi på 2,6, noe som er høyt. Denne verdien settes til 1,4. U-verdien tilsvarer u-verdien til de restaurerte originalvinduene, se kapittel 9.3.

4.5.4 Tiltak 4: Montere solcellepanel på tak

Seilduksgata 26a har et godt ressursgrunnlag for solkraft. Skråtaket har en himmelretning mot nord og sør, hvorav den sørlige delen av taket har et areal på ca. 100 m² og en helningsvinkel på 30 grader. Sett fra den sørvendte delen av taket er det ingen objekter eller bygninger i horisonten som begrenser direkte solinnstråling. Energiforsyningen i bygget er direkte elektrisitet. Dette gjør at energi produsert av solcellepanelene gjennomgår minst mulig tap på veien til varme. Produksjonen av energi fra solcellepanelene simuleres i SIMIEN. Dette vil redusere andelen levert energi, men ikke energibehovet.

Solcellepanelene som brukes i simuleringen er typen BenQ PM096B00 327 SunForte (Solcellesspesialisten 2017).

Den har en virkningsgrad på 20, 1% og et areal på 1,63 m² per panel. I SIMIEN settes tapsfaktor for inverter og panel til standardverdien på 0.95. Overskuddsproduksjonen leveres til nettet.

4.5.5 Tiltak 5: Kombinere tiltak

Det foretas en simulering for å undersøke hvor mye alle tiltakene ville ha redusert varmetapet, energiforbruket og levert energi.

5 Resultat

5.1 Referansebygg

Energibudsjettet og levert energi ved årssimuleringen av Seilduksgata 26a vises henholdsvis i tabell 9 og 10.

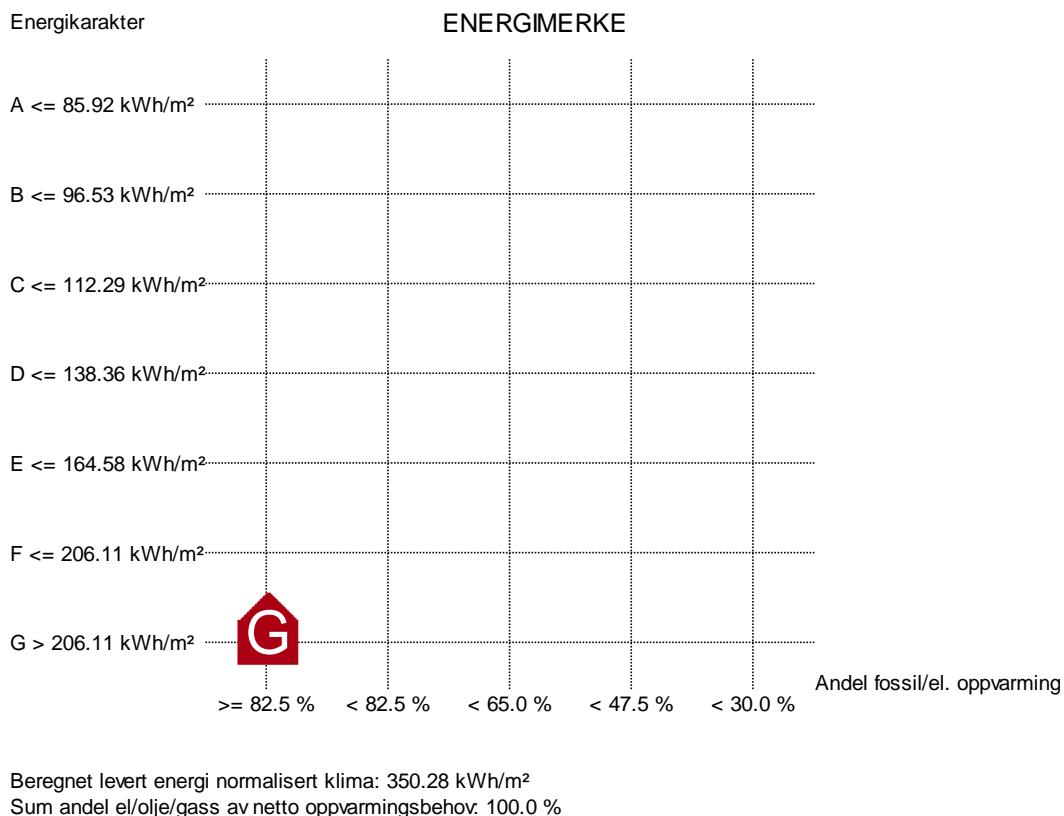
Energibudsjett		
Energipost	Energibehov	Spesifikt energibehov
1a Romoppvarming	169184 kWh	258,3 kWh/m ²
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	0 kWh	0,0 kWh/m ²
2 Varmtvann (tappevann)	19510 kWh	29,8 kWh/m ²
3a Vifter	0 kWh	0,0 kWh/m ²
3b Pumper	0 kWh	0,0 kWh/m ²
4 Belysning	6528 kWh	10,0 kWh/m ²
5 Teknisk utstyr	10038 kWh	15,3 kWh/m ²
6a Romkjøling	0 kWh	0,0 kWh/m ²
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	0 kWh	0,0 kWh/m ²
Totalt netto energibehov, sum 1-6	205260 kWh	313,4 kWh/m ²

Tabell 9: Energibudsjettet for Seilduksgata 26a

Levert energi til bygningen (beregnet)		
Energivare	Levert energi	Spesifikk levert energi
1a Direkte el.	228729 kWh	349,2 kWh/m ²
1b El. til varmepumpesystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
1c El. til solfangersystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
2 Olje	0 kWh	0,0 kWh/m ²
3 Gass	0 kWh	0,0 kWh/m ²
4 Fjernvarme	0 kWh	0,0 kWh/m ²
5 Biobrensel	0 kWh	0,0 kWh/m ²
6. Annen energikilde	0 kWh	0,0 kWh/m ²
7. Solstrøm til egenbruk	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Totalt levert energi, sum 1-7	228729 kWh	349,2 kWh/m ²
Solstrøm til eksport	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Netto levert energi	228729 kWh	349,2 kWh/m ²

Tabell 10: Levert energi til Seilduksgata 26a

Energimerket estimert for Seilduksgata 26a ga fargen rødt og bokstaven G. Energimerket vises i figur 11.



Figur 11: Energimerket til Seilduksgata 26a

5.2 Datainnsamling: Strømforbruk

Beboernes totale gjennomsnittlige forbruk i kWh per kvadratmeter vises i tabell 11.

Leilighetsnummer	202	201	302	402	101	501
gj. Forbruk per måned	837.7	881.9	862.4	887.2	913.6	618.5
gj. Forbruk per måned per kvm	14.7	13.8	15.1	15.6	20.3	23.8
gj. Forbruk per år per kvm	176.4	165.4	181.6	186.8	243.6	285.5
Tot. gj. Forbruk per år per kvm	206.5					

Tabell 11: Beboernes gjennomsnittlige energiforbruk. Forbruket oppgis i kWh.

5.3 Tiltak 1: Fasade

Energibudsjettet og levert energi ved årssimuleringen av Seilduksgata 26a med tiltak 1, vises henholdsvis i tabell 12 og 13. Resultatet ved tiltak 1 tilsvarer en nedgang på 17,4% i total netto energibehov og 12% for levert energi.

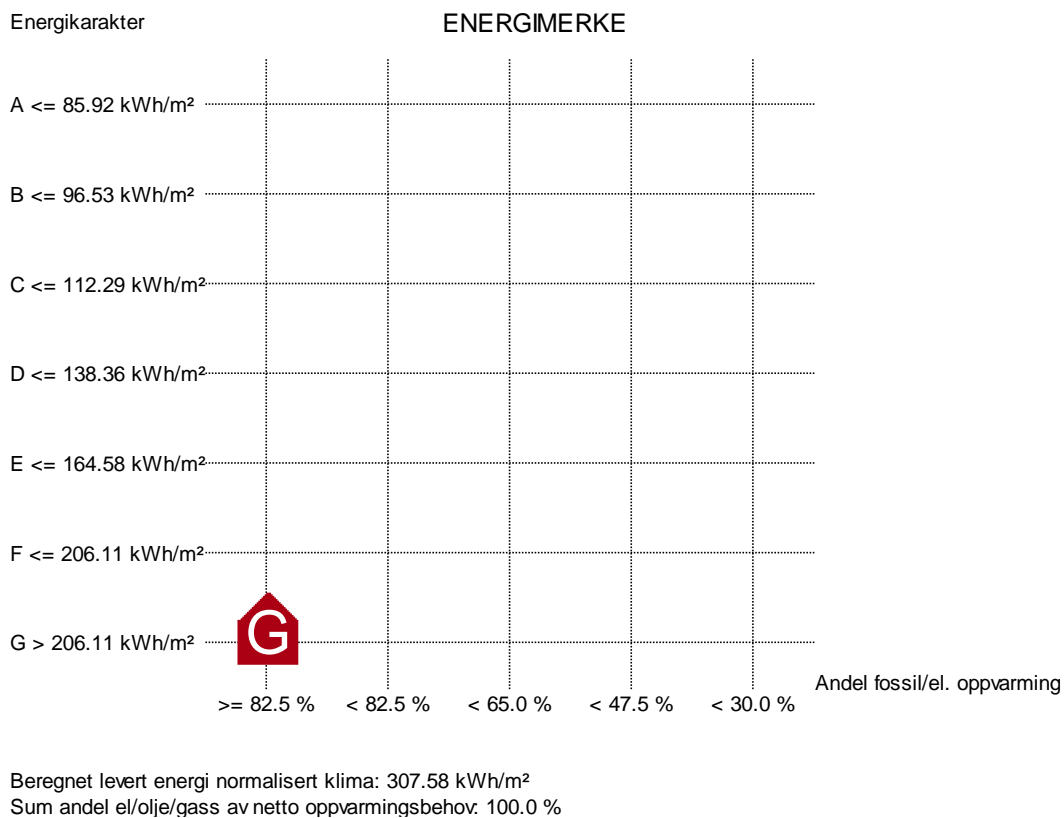
Energibudsjett		
Energipost	Energibehov	Spesifikt energibehov
1a Romoppvarming	133499 kWh	203,8 kWh/m ²
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	0 kWh	0,0 kWh/m ²
2 Varmtvann (tappevann)	19510 kWh	29,8 kWh/m ²
3a Vifter	0 kWh	0,0 kWh/m ²
3b Pumper	0 kWh	0,0 kWh/m ²
4 Belysning	6528 kWh	10,0 kWh/m ²
5 Teknisk utstyr	10038 kWh	15,3 kWh/m ²
6a Romkjøling	0 kWh	0,0 kWh/m ²
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	0 kWh	0,0 kWh/m ²
Totalt netto energibehov, sum 1-6	169576 kWh	258,9 kWh/m ²

Tabell 12: Energibudsjettet for Seilduksgata 26a etter tiltak 1

Levert energi til bygningen (beregnet)		
Energivare	Levert energi	Spesifikk levert energi
1a Direkte el.	200890 kWh	306,7 kWh/m ²
1b El. til varmepumpesystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
1c El. til solfangersystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
2 Olje	0 kWh	0,0 kWh/m ²
3 Gass	0 kWh	0,0 kWh/m ²
4 Fjernvarme	0 kWh	0,0 kWh/m ²
5 Biobrensel	0 kWh	0,0 kWh/m ²
6. Annen energikilde	0 kWh	0,0 kWh/m ²
7. Solstrøm til egenbruk	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Totalt levert energi, sum 1-7	200890 kWh	306,7 kWh/m ²
Solstrøm til eksport	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Netto levert energi	200890 kWh	306,7 kWh/m ²

Tabell 13: Levert energi til Seilduksgata 26a etter tiltak 1

Energimerket estimert etter tiltak 1 ga fargen rødt og bokstaven G. Energimerket vises i figur 12.



Figur 12: Energimerket til Seilduksgata 26a etter tiltak 1

5.4 Tiltak 2: tak, gulv over kjeller og gulv over portrom

Energibudsjettet og levert energi ved årssimuleringen av Seilduksgata 26a med tiltak 2, vises henholdsvis i tabell 14 og 15. Resultatet ved tiltak 2 tilsvarer en nedgang på 17,6% i total netto energibehov og 18% for levert energi.

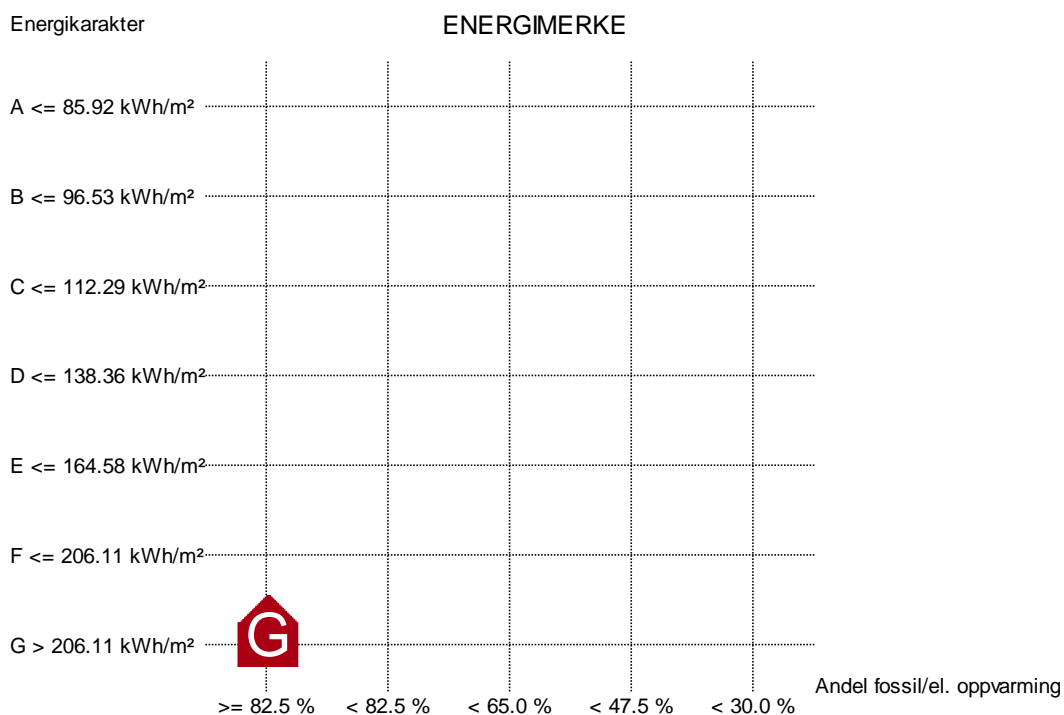
Energibudsjett		
Energipost	Energibehov	Spesifikt energibehov
1a Romoppvarming	133058 kWh	203,1 kWh/m ²
1b Ventilasjonvarme (varmebatterier)	0 kWh	0,0 kWh/m ²
2 Varmtvann (tappevann)	19510 kWh	29,8 kWh/m ²
3a Vifter	0 kWh	0,0 kWh/m ²
3b Pumper	0 kWh	0,0 kWh/m ²
4 Belysning	6528 kWh	10,0 kWh/m ²
5 Teknisk utstyr	10038 kWh	15,3 kWh/m ²
6a Romkjøling	0 kWh	0,0 kWh/m ²
6b Ventilasjonkjøling (kjølebatterier)	0 kWh	0,0 kWh/m ²
Totalt netto energibehov, sum 1-6	169134 kWh	258,2 kWh/m ²

Tabell 14: Energibudsjettet for Seilduksgata 26a etter tiltak 2

Levert energi til bygningen (beregnet)		
Energivare	Levert energi	Spesifikk levert energi
1a Direkte el.	187676 kWh	286,5 kWh/m ²
1b El. til varmepumpesystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
1c El. til solfangersystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
2 Olje	0 kWh	0,0 kWh/m ²
3 Gass	0 kWh	0,0 kWh/m ²
4 Fjernvarme	0 kWh	0,0 kWh/m ²
5 Biobrensel	0 kWh	0,0 kWh/m ²
6. Annen energikilde	0 kWh	0,0 kWh/m ²
7. Solstrøm til egenbruk	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Totalt levert energi, sum 1-7	187676 kWh	286,5 kWh/m ²
Solstrøm til eksport	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Netto levert energi	187676 kWh	286,5 kWh/m ²

Tabell 15: Levert energi til Seilduksgata 26a etter tiltak 2

Energimerket estimert etter tiltak 2, ga fargen rødt og bokstaven G. Energimerket vises i figur 13.



Beregnet levert energi normalisert klima: 287.62 kWh/m²
Sum andel el/olje/gass av netto oppvarmingsbehov: 100.0 %

Figur 13: Energimerke til Seilduksgata 26a etter tiltak 2

5.5 Tiltak 3 Utskiftning av vinduer

Energibudsjettet og levert energi ved årssimuleringen av Seilduksgata 26a med tiltak 3, vises henholdsvis i tabell 16 og 17. Resultatet ved tiltak 3 tilsvarer en nedgang på 7,1% i total netto energibehov og 7,2% for levert energi.

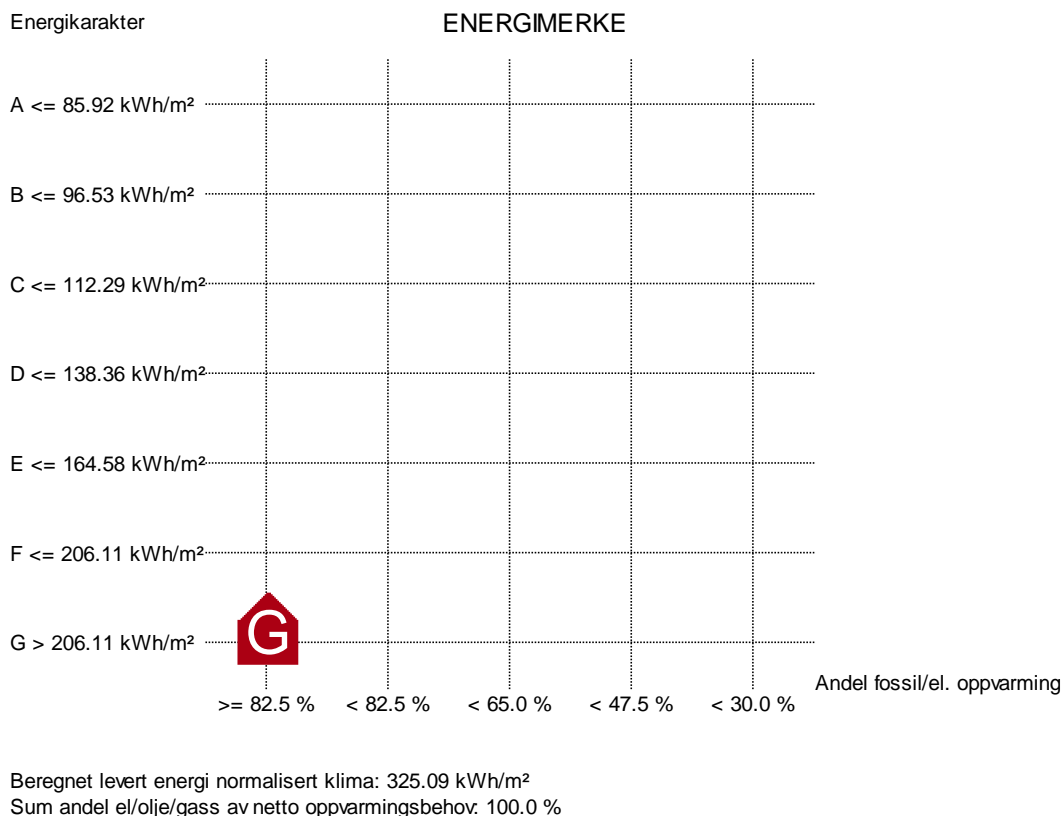
Energibudsjett		
Energipost	Energibehov	Spesifikt energibehov
1a Romoppvarming	154658 kWh	236,1 kWh/m ²
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	0 kWh	0,0 kWh/m ²
2 Varmtvann (tappevann)	19510 kWh	29,8 kWh/m ²
3a Vifter	0 kWh	0,0 kWh/m ²
3b Pumper	0 kWh	0,0 kWh/m ²
4 Belysning	6528 kWh	10,0 kWh/m ²
5 Teknisk utstyr	10038 kWh	15,3 kWh/m ²
6a Romkjøling	0 kWh	0,0 kWh/m ²
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	0 kWh	0,0 kWh/m ²
Totalt netto energibehov, sum 1-6	190734 kWh	291,2 kWh/m ²

Tabell 16: Energibudsjettet for Seilduksgata 26a etter tiltak 3

Levert energi til bygningen (beregnet)		
Energivare	Levert energi	Spesifikk levert energi
1a Direkte el.	212222 kWh	324,0 kWh/m ²
1b El. til varmepumpesystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
1c El. til solfangersystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
2 Olje	0 kWh	0,0 kWh/m ²
3 Gass	0 kWh	0,0 kWh/m ²
4 Fjernvarme	0 kWh	0,0 kWh/m ²
5 Biobrensel	0 kWh	0,0 kWh/m ²
6. Annen energikilde	0 kWh	0,0 kWh/m ²
7. Solstrøm til egenbruk	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Totalt levert energi, sum 1-7	212222 kWh	324,0 kWh/m ²
Solstrøm til eksport	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Netto levert energi	212222 kWh	324,0 kWh/m ²

Tabell 17: Levert energi til Seilduksgata 26a etter tiltak 3

Energimerket estimert etter tiltak 3 ga fargen rødt og bokstaven G. Energimerket vises i figur 14.



Figur 14: Energimerket til Seilduksgata 26a etter tiltak 3

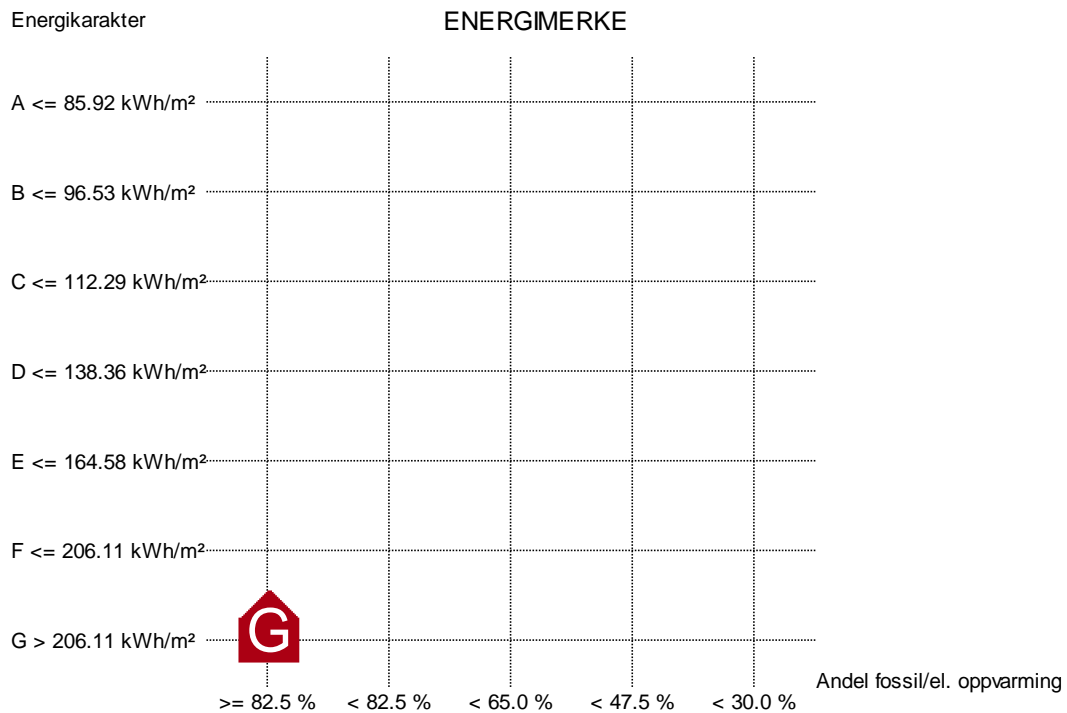
5.6 Tiltak 4: Solcellepaneler på tak

Levert energi ved årssimuleringen av Seilduksgata 26a med tiltak 4, vises henholdsvis i tabell 18. Resultatet ved tiltak 4 tilsvarer en nedgang 7.7% for netto levert energi. Produksjonen av solkraft utgjør da 7,7% av el forbruket i bygget.

Energivare	Levert energi til bygningen (beregnet)	
	Levert energi	Spesifikk levert energi
1a Direkte el.	228729 kWh	349,2 kWh/m ²
1b El. til varmpumpesystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
1c El. til solfangersystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
2 Olje	0 kWh	0,0 kWh/m ²
3 Gass	0 kWh	0,0 kWh/m ²
4 Fjernvarme	0 kWh	0,0 kWh/m ²
5 Biobrensel	0 kWh	0,0 kWh/m ²
6. Annen energikilde	0 kWh	0,0 kWh/m ²
7. Solstrøm til egenbruk	-13838 kWh	-21,1 kWh/m ²
Totalt levert energi, sum 1-7	214891 kWh	328,1 kWh/m ²
Solstrøm til eksport	-3667 kWh	-5,6 kWh/m ²
Netto levert energi	211224 kWh	322,5 kWh/m ²

Tabell 18: Levert energi til Seilduksgata 26a etter tiltak 4

Energimerket estimert etter tiltak 4 ga fargen rødt og bokstaven G. Energimerket vises i figur 15.



Beregnet levert energi normalisert klima: 328.28 kWh/m²
 Sum andel el/olje/gass av netto oppvarmingsbehov: 100.0 %

Figur 15: Energimerket til Seilduksgata 26a etter tiltak 4

5.7 Tiltak 5: kombinert tiltak

Energibudsjetten og levert energi ved årssimuleringen av Seilduksgata 26a med tiltak 5, vises henholdsvis i tabell 19 og 20. Resultatet ved tiltak 5 tilsvarer en nedgang på 42.11% i total netto energibehov og 50,6% for levert energi. Produksjonen fra solcelleanlegget vil stå for 13,4% av strømforbruket.

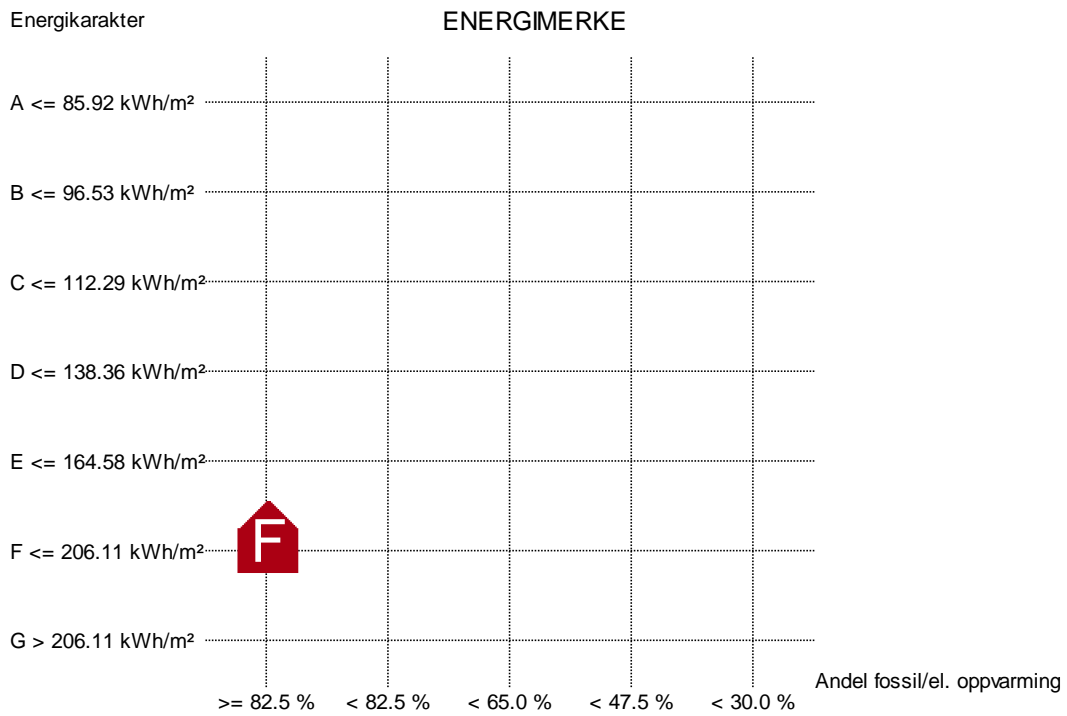
Energibudsjett		
Energipost	Energibehov	Spesifikt energibehov
1a Romoppvarming	82717 kWh	126,3 kWh/m ²
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	0 kWh	0,0 kWh/m ²
2 Varmtvann (tappevann)	19510 kWh	29,8 kWh/m ²
3a Vifter	0 kWh	0,0 kWh/m ²
3b Pumper	0 kWh	0,0 kWh/m ²
4 Belysning	6528 kWh	10,0 kWh/m ²
5 Teknisk utstyr	10038 kWh	15,3 kWh/m ²
6a Romkjøling	0 kWh	0,0 kWh/m ²
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	0 kWh	0,0 kWh/m ²
Totalt netto energibehov, sum 1-6	118793 kWh	181,4 kWh/m ²

Tabell 19: Energibudsjettet for Seilduksgata 26a etter tiltak 5

Levert energi til bygningen (beregnet)		
Energivare	Levert energi	Spesifikk levert energi
1a Direkte el.	130471 kWh	199,2 kWh/m ²
1b El. til varmepumpesystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
1c El. til solfangersystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
2 Olje	0 kWh	0,0 kWh/m ²
3 Gass	0 kWh	0,0 kWh/m ²
4 Fjernvarme	0 kWh	0,0 kWh/m ²
5 Biobrensel	0 kWh	0,0 kWh/m ²
6. Annen energikilde	0 kWh	0,0 kWh/m ²
7. Solstrøm til egenbruk	-12632 kWh	-19,3 kWh/m ²
Totalt levert energi, sum 1-7	117839 kWh	179,9 kWh/m ²
Solstrøm til eksport	-4872 kWh	-7,4 kWh/m ²
Netto levert energi	112967 kWh	172,5 kWh/m ²

Tabell 20: Levert energi til Seilduksgata 26a etter tiltak 5

Energimerket estimert etter tiltak 5 ga fargen rødt og bokstaven F. Energimerket vises i figur 16.



Beregnet levert energi normalisert klima: 179.94 kWh/m²
 Sum andel el/olje/gass av netto oppvarmingsbehov: 100.0 %

Figur 16: Energimerket til Seildukgata 26a etter tiltak 5

6. Diskusjon

6.1 Referansebygg sammenlignet med strømhistorikk

Varmetapet i referansebygget var som forventet høyt. Energibehovet ligger langt over gjennomsnittet i Norge, og naturligvis også langt kravene i tekniskforskrift. Sammenligner vi det simulerte resultatet med strømhistorikken for beboerne i Seilduksgata, ser vi at det er en feilmargin med omtrent 106.9 kWh/m² for netto energibehov. Dette er en stor forskjell som burde undersøkes.

Det første som mistenkes er utetemperaturen som oppgis for Oslo område i SIMIEN. SIMIEN simulerer bygget etter DUT (dimensjonerende utetemperatur) som er i Oslo. Dette vil simulere bygget under mye kaldere forhold enn det som har vært tilfelle i Oslo de siste 5 årene.

Måned	Månedlige temperaturdata (lufttemperatur)					
	Midlere ute	Maks. ute	Min. ute	Midlere sone	Maks. sone	Min. sone
Januar	-3,7 °C	10,7 °C	-22,0 °C	20,3 °C	21,0 °C	19,0 °C
Februar	-4,8 °C	10,2 °C	-24,7 °C	20,3 °C	21,0 °C	19,0 °C
Mars	-0,5 °C	14,1 °C	-17,7 °C	20,3 °C	21,0 °C	19,0 °C
April	4,8 °C	19,0 °C	-7,6 °C	20,3 °C	21,9 °C	19,0 °C
Mai	11,7 °C	26,4 °C	-1,0 °C	20,5 °C	25,0 °C	19,0 °C
Juni	16,5 °C	30,8 °C	3,5 °C	21,4 °C	26,9 °C	19,0 °C
Juli	17,5 °C	29,8 °C	8,0 °C	21,6 °C	28,8 °C	19,0 °C
August	16,9 °C	32,6 °C	5,2 °C	21,4 °C	27,8 °C	19,0 °C
September	11,5 °C	24,2 °C	-1,2 °C	20,4 °C	23,3 °C	19,0 °C
Oktober	6,4 °C	19,6 °C	-6,8 °C	20,3 °C	21,3 °C	19,0 °C
November	0,5 °C	12,9 °C	-14,7 °C	20,3 °C	21,0 °C	19,0 °C
Desember	-2,5 °C	11,2 °C	-20,9 °C	20,3 °C	21,0 °C	19,0 °C

Figur 17: Månedlige temperaturdata for simulasjonen

Hvis vi ser på klimadata fra det meteorologisk institutt, se kapittel 9.1.2.1, og sammenligner med temperaturdata fra SIMIEN ser vi at det er en betydelig forskjell på middeltemperaturen, spesielt om vinteren. Siden det meste av strømforbruket i boliger i Norge går til romoppvarming om vinteren, vil SIMIEN naturligvis gi en høyere verdi enn reelt forbruk.

En annen grunn til forskjell i reelt og simulert forbruk, kan være ujevnheter i strømhistorikken. Strømhistorikken tar ikke for seg samme periode for hver beboer. Det ble bedt om å få tilsendt 5 år med strømforbruk, men på grunn av at noen beboere har flyttet inn senere enn andre gjelder ikke fullmaktsskjema for strømforbruk i tiden før de flyttet inn. Det

lyktes heller ikke med å motta fullmaktskjema fra alle boenheter, men det burde være tilstrekkelig med strømhistorikk for boenheter fra hver enkelt etasje. For noen boenheter starter historikken om sommeren, og for andre om vinteren.

Et annet usikkerhetsmoment ligger i inndataene for konstruksjonen. Dette gjelder spesielt for tak. Informasjon om takets tykkelse ble ikke målt, og tilgjengelige dokumenter er fraværende. I SIMIEN simuleringer av 1890-talls murgårder kjørt av blant annet Sintef og Norconsult, har de definert bygget som en boks uten tak, men med etasjeskiller mot kaldt loft. Det ble til slutt antatt en u-verdi på 1.2. Det er høyt til et tak å være, men det er usikkert på hvordan denne u-verdien ligger i forhold til normen for 1890-talls murgårder. Ser vi på følsomhetsanalysen er taket også den verdien med nest størst følsomhet.

I andre deler av konstruksjonen ble inndata hentet fra «rapport om energieffektivisering i eksisterende bygninger». Verdiene dette gjelder er forklart i metoden. Dette er verdier som er typiske for 1890-talls murgårder, men trenger ikke nødvendigvis å gjelde for Seilduksgata 26a. Forskjellen på «den typiske verdien» og de verdiene som stemmer for Seilduksgata 26a vil derimot være liten, siden 1890-talls murgårder ble bygd på samme måte. Dette er også kontrollert ved å undersøke andre SIMIEN-filer, se kapittel 9.2.1.

Fasadekonstruksjonen ble beregnet etter samtaler med Byantikvaren i Oslo om sjiktlag og sjikttykkelse (Byantikvaren 5.4.2017). Den totale u-verdien for fasaden viser seg å ha en u-verdi relativt lik u-verdien for fasade som oppgis i andre rapporter og SIMIEN simulasjoner. Dette gjelder også for sluttresultatet, noe som indikerer at beregningen og antakelsene er på riktig spor (Svensson et al. 2012), se kapittel 9.2.1.

Selv om energiberegningene stemmer virker det som om det er en tendens til at beregnet energibehov etter standard forutsetninger (NS3031) overestimerer energibehovet i eldre bygninger (Riksantikvaren 2017). Overestimering av beregnet forbruk gjelder også for huset som energiberegnes i Riksantikvarens artikkel. Denne tendensen er i tråd med situasjonen i denne oppgaven. Det kan være tilfelle at beregnet energibehov er overestimert, selv om inndata i SIMIEN stemmer. Dette kan bare oppklares ved å gjennomføre målinger på stedet, og sammenligne dette med energiberegninger som bruker korrekt inndata for samme bygg.

Til syvende og sist så vet man at det reelle energibehovet er høyere enn gjennomsnittsverdien i Norge. Dette kan man se ved å undersøke gjennomsnittsverdiene for energibehov for husholdninger i Norge i 2012 (185 kWh/m²) (Bøeng 2012), og sammenligne denne verdien med gjennomsnittet for strømhistorikken (206,5 kWh/m²), se kapittel 9.1.1. Videre må det

nevnes at verdien for energibruk som oppgis i SSB gjelder for alle typer boliger i Norge, under forskjellig klimatiskeforhold. Dermed kan man anta at denne verdien hadde vært lavere i 2016 enn i 2012. Det kan nevnes at den gjennomsnittlige middeltemperaturen i 2012 (5.7), se kapittel 9.1.2.1, er lavere enn den gjennomsnittlige middeltemperaturen for 2013 – 2017 (7.3), se kapittel 9.1.2.2.

6.2 Tiltak 1: fasade

Det første tiltaket ga nest størst reduksjon av varmetapet. Tiltaket ga en reduksjon på 17,4% i netto energibehov, og 12% på levert energi. Fasadene mot friluft har et stort areal og en høy u-verdi. Dette vil føre til et betydelig varmetap, noe som også vises i følsomhetsanalysen. Tiltaket innebærer utvending etterisolering gjennom å erstatte kalkmørtellaget med aerogelbasert kalkmørtel fra Isokalk. Laget kunne ha vært tykkere og gitt enda bedre u-verdi.

Grunnen til at denne løsningen velges foran tradisjonelle løsninger i etterisolering av vegger er hovedsakelig på grunn av plass. Tiltaket erstatter kalkmørtellaget med aerogelbasert mørtel som befinner seg på den utvendig siden av fasaden. Vanligvis ville man ha isolert innvendig, med mineralull eller panel, men det ville ha gått på bekostning av bruksarealet. I Oslo sentrum er det høy pris per kvadratmeter, og man vil helst spare bruksareal. Kvadratmeterprisen på Grünerløkka ligger på 79600 kr, sammenlignet med resten av Norge, hvor den ligger på 40800 kr (Krogsveen 2017). Denne informasjonen er ikke essensiell for å svare på problemstillingen, men det er verdt å nevne denne faktoren.

Innvendig isolering vil også øke effekten til kuldebroer, fordi det vil være større forskjell på isolasjonsegenskapene i fasade og etasjeskiller. Dette øker sjansen for fukt og råte i områder hvor kuldebroer befinner seg. Lavere temperatur i de ytre delene av veggen vil også føre til frostskafer i tegl- og pusslaget.

Utvendig isolering vil derimot varme opp den opprinnelige konstruksjonen, og redusere risikoen for frostskafer. I tillegg vil utvendig isolering motvirke kuldebroeffekten ved etasjeskillere (Svensson et al. 2012), men den økes i område rundt vinduene. Dette skaper trekk som reduserer den termiske komforten.

For gatefasaden betyr dette at også stukkaturen må fjernes. Hvis ikke stukkaturen kan fjernes uten å ødelegge den vil dette mest sannsynlig medføre store kostnader, da det krever spesialiserte håndverkere for å støpe disse på nytt, og det er en større risiko for tap av kulturhistoriske verdier. For den mer diskre gårdsfasaden vil rivningen av kalkmørtellaget og påføringen av Fixit 222 være mer enkelt fordi det ikke er noen former for utsmykkinger på fasaden. Fixit 222 er ganske lik kalkmørtel ved at den er laget av mineralske råvarer og produktet er diffusjonsåpen gjennom at den lar vanndamp slippe igjennom. Produktet sies å ha lydemping på grunn av den porøse strukturen. Dette vil ikke bare øke det termiske miljøet, men også det akustiske (IsokalkAS 2016).

Inngrepet ved å gjennomføre tiltak 1 vil betraktes som et relativt stort inngrep da hele kalkmørtellaget skiftes ut. Det går imot kulturminneloven §20 ved at det utføres et inngrep på eksteriøret, men det kan i særskilte tilfeller gis tillatelse. Det vil sannsynligvis gis tillatelse hvis utseendet ikke endres og hvis produktets holdbarhet i norsk klima bevises.

Aerogelbasert kalkmørtel, slik som Fixit 222, har i tidligere prosjekter gitt gode resultater. I Sveits ble det gjennomført et prosjekt hvor et 700 år gammelt bygg ble energieffektivisert {Franov, 2014 #35}. Det ble gitt adgang til å avvike fra historisk puss på yttervegg, så aerogelmørtel ble tatt i bruk, noe som resulterte i stor reduksjon i energibehovet (Franov 2014). Problemet er at produktet ikke er langtidstestet, og blir i skrivende stund testet for første gang under norsk forhold ved Bergsliens gate 12b-c (Nal 2017).

6.3 Tiltak 2

Dette tiltaket ga størst reduksjon med liten margin. Tiltaket førte til en reduksjon i netto energibehov på 17,6% og en reduksjon 18% for levert energi. I likhet med tiltak 1, tar tiltak 2 for seg store arealflater mot friluft og uoppvarmet rom, men forskjellen ligger i isolasjonstypen. Tak og gulv mot kjeller isoleres med mineralull, og gulv over portrom isoleres med samme produkt som fasaden i tiltak 1.

6.3.1 Tak

Tak isoleres innvendig med 200 mm mineralull med omtrent 50 mm hulrom for lufting. Siden det ikke er klart om taket er diffusjonsåpent, blir det antatt at den ikke er det, og dermed trenger lufting. Det er to grunner til at tak med utvendig nedløp må luftes. For å fjerne fukt og for å forhindre snøsmelting som danner is og oppdemning av vann ved takutstikket (Edwardsen & Ramstad 2010). Det burde også å legges av noen centimeter på dampsperre og panel. Det anbefales at $\frac{3}{4}$ av isolasjonen ligger utenfor dampsperran fordi luften vil kondensere på kalde flater. Derfor må dampen hindres i å trenge ut på den kalde siden av isolasjonen (Lavenergiprogrammet 2017).

Siden takkonstruksjonen er i tre er det ikke like problematisk å isolere innsiden på taket som det er på innsiden av ytterveggene. Det er ikke fare for frostsprengning slik det er i tegl og puss. Det eneste problemet kommer ved at det blir en større kuldebroeffekt der hvor taket møter veggen, noe som øker faren for sopp og råte.

Innvendig isolasjon av taket vil redusere oppvarmet volum, men kan påvirke oppvarmet areal i den forstand at avstanden mellom gulv og tak reduseres. Dermed blir man nødt til å tilpasse møbler og annen innredning.

Innvendig isolasjon vil også redusere risikoen for tap av kulturhistoriskverdi og vil ikke gå imot vedtaksfredningen som gjelder for bygget.

6.3.2 Gulv over kjeller

Gulv over kjeller isoleres med 200 mm mineralull på kaldsiden, altså taket i kjelleren. Det nedføres på undersiden av bjelkelaget slik at bjelkelaget holder en høyere overflatetemperatur. Dermed reduserer man faren for kondens og fuktskader (Svensson et al. 2012). Dette påvirker ikke bruksarealet, og kommer heller ikke i konflikt med kulturminneloven §15 og §20.

Problemet her, som ved alle andre isoleringstiltak, er at kuldebroeffekten øker der hvor gulvet i første etasje møter ytterveggen. Det skal sies at kuldebroeffekten øker, men ikke i like stor

grad, fordi kjelleren, som er under bakkenivå, sjeldent vil ha en lavere temperatur enn utetemperaturen.

6.3.3 Gulv over portrom

Gulv over portrom isoleres på samme måte som tiltak 1 ved å etterisolere med Fixit. Dette betyr at de samme konsekvensene som medfører tiltaket vil gjelde her også. Det som er forskjellig er at det er mye mindre risiko for tap av kulturhistorisk verdi. Utvendig side, altså portromstaket, er veldig enkel og har ikke noen form for utsmykning.

Disse tiltakene vil redusere energibehovet mest, men kommer i mye mindre grad i konflikt med vernestatusen til bygget.

6.4 Tiltak 3

Ved å restaurere all originale vinduer vil nettoenergi behovet reduseres med 7,1% og 7,2% for levert energi. Dette er ikke den store besparelsen, men er mye lettere å gjennomføre. Det er allerede skiftet ut syv vinduer, noe som tyder på at det kan gis tillatelse til å skifte ut flere vinduer.

Ved å restaurere vinduene reduseres u-verdien med nesten 50%. Dette vil gi mindre fare for kaldras og trekk, som dermed øker den termiske komforten i bygget. Dette vil også redusere sjansen for råte- og soppangrep i området rundt karmen.

På den negative siden er det å restaurere vinduene dyrere enn å erstatte vinduene, fordi det kreves at dem sendes til en spesialist. I henhold til kulturminneloven §15a kan det søkes om å få dekket utgiftene restaureringen medfører, siden dette er et vilkår fra byantikvaren som fordyrer arbeidet.

6.5 Tiltak 4

Tiltak 4 er ikke et tiltak som reduserer netto energibehov, men heller andelen av levert energi. Produksjonen fra solcellepanelene tilsvarer årlig en andel på 7,7%. Denne verdien vil variere avhengig av årlig solinnstråling. Andelen er såpass liten, siden strømforbruket allerede er høyt, så i et tiltak alene vil den ikke utgjøre den store forskjellen.

Dette er ikke et tiltak som gjør boligen energieffektivt, men heller energiøkonomisk. Hvor energiøkonomisk tiltaket er avhenger av strømpris, kostnadene for anlegget og levetid.

Forholdene og solressursene i Seilduksgata 26a er ihvertfall perfekt tilrettelagt. Skråtak med vegg som har 30 graders vinkel og peker mot sør, uten hindring for solinnstrålingen, gir bra utnyttelse av den totale solinnstrålingen. Oslo har også omtrent samme årlige solinnstråling som sentrale byer i Tyskland (Lindahl & Kristiansen 2017).

Når det kommer til kulturminneloven, vil ikke montering av solcellepanel endre eksteriøret men kan komme til sjenanse. Dette er derimot lite sannsynlig da taket ligger relativt høyt oppe og sees ikke fra gatenivå.

6.6 Tiltak 5

Ved å kombinere alle tiltakene vil netto energibehov reduseres med 42,11% og 50,6% for levert energi. Produksjonen fra solcelleanlegget vil stå for 13,4% av strømforbruket. Denne verdien skal typisk være på 15-20 prosent (Lindahl & Kristiansen 2017). Så enten er anlegget for lite i forhold til huset, eller så er beregningene ikke helt korrekte. Dette fordi solcelleanleggets virkningsgrad er i toppsjiktet for serieproduserte solcellepaneler i markedet (NVE et al. 2016). Tiltak 5 er det eneste tiltaket som forbedret energimerket. Forbedringen kommer av det reduserte energibehovet.

Kombinert tiltak betyr at alle flater i huset isoleres. Dette vil, i motsetning til enkelttiltak, redusere faren for kuldebroer ved at det blir mindre forskjell på varmetapet i gjennom de forskjellige flatene i konstruksjonen. Dette vil også øke komforten for beboerne i boenheten ved at trekk reduseres og temperaturforskjellen i hode- og ankelhøyde blir mindre.

Dette er selvfølgelig dyrere å gjennomføre, men energibehovet reduseres betraktelig og hvis ikke kostnadene ved kombinert tiltak er et problem, gjenstår det å se på tap av kulturhistorisk verdi. Her vil ikke tiltak 5 komme i mer konflikt med vernestatusen enn tiltak 1.

7 Konklusjon

For å svare på problemstillingen finnes det definitivt muligheter for energieffektivisering av verneverdige murgårder, selv om tiltakene krever at det gjøres inngrep på konstruksjonen. Tiltakene må sees i sammenheng med vernestatusen og det må jobbes rundt den.

7.1 Tiltak 1

Tiltak 1 gir store gevinster når det kommer til varmetap. Etterisolering utvendig er også den beste løsningen når det kommer til redusert kuldebroeffekt, og redusert risiko for frostsprengning og råte. Problemet er at de to første sjiktene må rives, før den kan erstattes. Dette kan medføre problemer hvis det er stukkatur på fasaden, og redusere historiske verdier. Tiltaket er heller ikke langtidstestet i norsk klima, og det er derfor ikke anbefalt å utføre tiltak 1 på fasader med stukkatur som har kulturhistorisk verdi, enda.

7.2 Tiltak 2 – 4

Tiltak 2 gir også store gevinster gjennom redusert varmetap og energibehov. Dette er tiltak som har størst sannsynlighet for å realiseres med tanke på vedtaksfredningen i Seilduksgata 26a. Det har allerede blitt gitt tillatelse til å restaurere syv av originalvinduene, så det vil øke sannsynligheten for å få tillatelse til å skifte ut resten. Gulv over portrom er relativt gjemt bort og har ikke noen former for utsmykning eller stukkatur. Ulempen tiltakene medfører er økt kuldebroeffekt hvor isolerte flater møter uisolerte flater. Tiltak 2 – 4 er anbefalt for bygninger som faller under samme vernestatus som Seilduksgata 26a, og har de samme solforholdene.

7.3 Beregnet energiforbruk vs. reelt energiforbruk

Det reelle energiforbruk er definitivt lavere enn det beregnede energibehovet. Dette skyldes antageligvis temperaturene brukt i SIMIEN. I tillegg har tidligere studier nevnt at det er en tendens til at beregnet energibehov overestimeres. Så hvis tiltakene trår i kraft så vil også energibehovet etter tiltakene vært lavere enn det resultatene viser.

7.4 Energieffektivisering av Seilduksgata 26a

For Seilduksgata 26a er det anbefalt å gjennomføre tiltak 2 – 4, og tiltak 1 kun på bakgårdsfasaden. Hadde det vist seg at produktet ikke holder i lengden ville produktet bare blitt erstattet med tradisjonell kalkmørtel. Gatefasaden derimot er utsmykket og det ville kanskje ha vært fare for at stukkaturen ville ha gått i stykker under nedrivningen av sjiktene eller etter noen år hvis produktet ikke hadde holdt seg.

7.5 Aerogelbasert kalkmørtel

Aerogelbasert mørtel er et spennende produkt, som krever videre undersøkelse under norske forhold. Viser det seg at produktet har holdbarhet lik kalkmørtel, er dette en revolusjon innenfor rehabilitering av murgårder. Foreløpig anbefales det ikke å påføre dette produktet hvis det er stor risiko for tap av kulturhistorisk verdi. Det kan prøves ut litt på litt på bygninger uten eller med mildere former for vernestatus.

8. Referanseliste

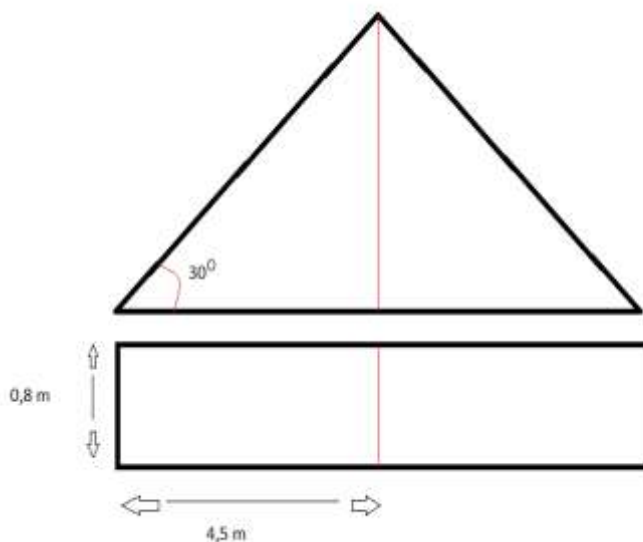
- Berg, F. & Flyen, A. C. (2015). Antikvarisk-teknisk tilstandsanalyse. Byantikvaren. (5.4.2017). *Samtale om sjikt tykkelse og sjikt lag*.
Byantikvaren. (2014). *Murgårdsfasader: Istandsetting og vedlikehold*.
<https://byantikvaren.files.wordpress.com/2015/05/informasjonsark-murgc3a5rdsfasader2014-31.pdf>.
- Bøeng, A. C. (2012). *Energibruk i husholdningene*. <http://www.ssb.no/energi-og-industri/artikler-og-publikasjoner/attachment/200772?ts=149086a42b0>.
- Edvardsen, K. I. & Ramstad, T. (2010). *Trehus*: Sintef Byggforsk. 333 s. Upublisert manuskript.
energidepartementet, O.-o. (2014). *Fornybar energiproduksjon i Norge*.
<https://www.regjeringen.no/no/tema/energi/fornybar-energi/fornybar-energi-produksjon-i-norge/id2343462/>.
- Enova. (2007). *Kuldebroverdier for tilslutninger mellom bygningsdeler. Grunnlag for beregninger*.
https://www.byggforsk.no/dokument/4048/kuldebroverdier_for_tilslutninger_mellom_bygningsdeler_grunnlag_for_beregninger.
- Enova. (2009). *Beregning av energikarakteren*. <https://www.energimerking.no/no/energimerking-bygg/om-energimerkesystemet-og-regelverket/beregning-av-karakter/>.
- Enova. (2012). *Potensial- og barrierestudie*.
- Franov, E. (2014). *Mühle Sissach*.
- Glava. (2017). *Yttervegg*.
<http://www.glava.no/bygg/losninger/byggkonstruksjoner/yttervegg/bindingverk-med-innvendig-paforing-og-vempro-vindsperre/>.
- Gustavsen, A., Thue, J. V., Blom, P., Dalehaug, A., Aurlien, T., Grynning, S. & Uvsløkk, S. (2008). *Kuldebroer - Beregning, kuldebroverdier og innvirkning på energibruk*.
- IsokalkAS. (2016). *Fixit brosjyre*. <http://www.isokalk.no/wp-content/uploads/2015/08/150820-Fixit-brosjyre-til-kunder.pdf>.
- komité, S. N. (2007). *NS 3031:2007 Beregning av bygningers energiytelse*.
- Krogsveen. (2017). *Grunerløkka: boligprisstatistikk for Oslo*.
[http://krogsveen.no/Boligprisstatistikk/Boligprisstatistikk-for-Oslo/\(area\)/4-2](http://krogsveen.no/Boligprisstatistikk/Boligprisstatistikk-for-Oslo/(area)/4-2).
- Lavenergiprogrammet. (2015). *Netto energibehov er det største nøtta*.
<http://lavenergiprogrammet.no/aktuelt/netto-energibehov-er-det-storste-notta/#>.
- Lavenergiprogrammet. (2017). *Slik unngår du fukt i konstruksjon når du skal etterisolere*.
<http://lavenergiprogrammet.no/artikkel/slik-unngar-du-fukt-nar-du-skal-etterisolere/>.
- Lindahl, H. & Kristiansen, T. E. O. (2017). *Ikke nok sol til solceller i Norge?*
<https://www.framtiden.no/myteknusing/ikke-nok-sol-til-solceller-i-norge.html>.
- Lovdata. (1979). *Kulturminneloven*. <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/1978-06-09-50>: Lovdata.
- Lovdata. (2006). *Forskrift om fredning av Birkelunden kulturmiljø*.
<https://lovdata.no/dokument/MV/forskrift/2006-04-28-442>.
- Moen, L. L. (2016). *Å bo i fredet bygård - Casestudium for vurdering av bokvalitet og energisparetiltak*. 98.
- Nal. (2017). *Bergsliens gate 12*. <http://www.arkitektur.no/bergsliens-gate-12>.
- NFBIB. (2010). *Definisjon på innemiljø*.
http://www.innemiljo.net/index.php?option=com_content&view=article&id=59:definisjon-pa-innemiljo&catid=32:innemiljo&Itemid=46.
- NVE, Enova, forskningsråd, N. & Norge, I. (2016). *Solceller*.
<http://www.fornybar.no/solenergi/elektrisk-energi-fra-solen/solceller>.
- Programbyggerne. *SIMIEN*. <http://programbyggerne.no/#SIMIEN>.
- Riksantikvaren. *Fredet - vernet - verneverdig*. <http://www.riksantikvaren.no/Fredning/Fredet-vern-neverdig>.

- Riksantikvaren. (2017). *Gamlehus kan være like klimavennlige som nye*.
<http://www.riksantikvaren.no/Tema/Energisparing/Gamle-hus-kan-vaere-like-klimavennlige-som-nye>.
- Røysland, O. J. *Murverk - norskprodusert tegl: standard mål*. <http://murbetong.no/wp-content/uploads/converted/joomdocs/301-teglmaal.pdf>.
- Solcellespesialisten. (2017). *BenQ PM09B00_327 SunForte*.
http://www.solcellespesialisten.no/solcellepanel/benq-pm096b00-327-sunforte.html#product_tabs_description_tabbed
- Svensson, A., Haugen, A., Kalbakk, T. E. & Gåsbak, J. (2012). Energieffektivisering i eksisterende bygninger. 34.
- Thomas, G. P. (2012). *What is aerogel? Theory, properties and applications*.
<http://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=6499>.
- Tronstad, S. (2.2.2017). *Informasjon om Seilduksgata*.
- Tronstad, S. (28.3.2017). Antall restaurerte originalvinduer i forgården.
- Utenriksdepartementet. (2014). *EUs klima- og energimål for 2030 vedtatt*:
<https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/EUs-klima--og-energimal-for-2030-vedtatt/id2009038/>.
- Wikipedia. (2017). *Tegl*. <https://no.wikipedia.org/wiki/Tegl>.

9. Vedlegg

9.1 Excel

Vinduer					
Gatefasade	Antall	Areal [m2]			
Originalvindu	16	2.185			
Restaurert originalvindu	5	2.185			
Stort vindu 1.etg	1	4.125			
Gårdsfasade	Antall	Areal [m2]			
Originalvindu liten	16	0.63			
Original vindu	18	2.185			
Restaurert originalvindu	2	2.185			
Areal og volum 1. etg	Oppvarmet bra [m2]	oppvarmet volum [m3]	Kortside innvendig lengde [m]	Langside innvendig lengde [m]	Areal port pluss vegg [m2]
	108.1926	285.628464	8.94	15.29	28.5
2./3./4. etg	Oppvarmet bra [m2]	oppvarmet volum [m3]	Kortside innvendig lengde [m]	Langside innvendig lengde [m]	Høyde innvendig [m]
	136.7	360.868464	8.94	15.29	2.64
Loft	Oppvarmet BRA [m2]	Oppvarmet volum [m3]	Tverrsnitt trekant [m2]	Tverrsnitt rektangel [m2]	Langside innvendig lengde [m]
	136.7	288.85	5.85	3.6	15.29



Dette vet man om loftet fra før.

9.1.1 Strømhistorikk

Dato	Forbruk (foregående måned)	Kunde: Alvilde Maria Ossum				Dato	Forbruk	Kunde: Ida Kristine Endresen	
01.06.2013	108.00	Adresse: Seildukgata 26A				01.10.2014	416.00	Adresse: Seildukgata 26A	
01.07.2013	-4.00	202				01.11.2014	1,034.00		
01.08.2013	440.00					01.12.2014	1,317.00	201	
01.09.2013	169.00					01.01.2015	1,316.00		
01.10.2013	869.00					01.02.2015	1,136.00		
01.11.2013	1,154.00					01.03.2015	2,088.00		
01.12.2013	1,333.00					01.04.2015	626.00		
01.01.2014	1,716.00					01.05.2015	831.00		
01.02.2014	1,193.00					01.06.2015	190.00		
01.03.2014	1,074.00					01.07.2015	543.00		
01.04.2014	560.00					01.08.2015	514.00		
01.05.2014	509.00					01.09.2015	535.00		
01.06.2014	408.00					01.10.2015	991.00		
01.07.2014	416.00					01.11.2015	394.00		
01.08.2014	458.00					01.12.2015	1,312.00		
01.09.2014	442.00					01.01.2016	1,597.00		
01.10.2014	895.00					01.02.2016	807.00		
01.11.2014	1,187.00					01.03.2016	916.00		
01.12.2014	1,511.00					01.04.2016	776.00		
01.01.2015	1,487.00					01.05.2016	580.00		
01.02.2015	1,325.00					01.06.2016	427.00		
01.03.2015	1,097.00					01.07.2016	666.00		
01.04.2015	854.00					01.08.2016	472.00		
01.05.2015	773.00					01.09.2016	488.00		
01.06.2015	279.00					01.10.2016	970.00		
01.07.2015	360.00					01.11.2016	1,091.00		
01.08.2015	436.00					01.12.2016	1,166.00		
01.09.2015	458.00					01.01.2017	1,262.00		
01.10.2015	689.00					01.02.2017	1,115.00	gjennomsn	881.93
01.11.2015	1,001.00								
01.12.2015	1,089.00								
01.01.2016	2,026.00								
01.02.2016	1,284.00								
01.03.2016	1,099.00								
01.04.2016	1,058.00								
01.05.2016	648.00								
01.06.2016	488.00								
01.07.2016	291.00								
01.08.2016	511.00								
01.09.2016	365.00								
01.10.2016	863.00								
01.11.2016	1,167.00								
01.12.2016	1,133.00								
01.01.2017	1,341.00								
01.02.2017	1,136.00								
gjennomsnitt	837.69								
Tot. gj.	833.5464815								
Leilighetsnummer	202	201	302	402	101	501			
gj. Forbruk per måned	837.69	881.93	862.42	887.15	913.55	618.54			
gj. Forbruk per måned per kvm	14.6962963	13.78016	15.13018	15.56404	20.30111111	23.79			
gj. Forbruk per år per kvm	176.3555556	165.3619	181.5621	186.7684	243.6133333	285.48			
Tot. gj. Forbruk per år per kvm	206.5235484								

Dato	Forbruk	Kunde: Anne-Mali Thyrum	Dato	Forbruk	Kunde: Kjell Hjöllund Madsen
01.04.2013	192.00	Adresse: Seildukgata 26A	0.07260417	233	Adresse: Seildukgata 26A leil:402
01.05.2013	736.00	302	0.07329861	1,195.00	
01.06.2013	572.00		0.0656713	1,372.00	
01.07.2013	488.00		0.06636574	1,123.00	
01.08.2013	551.00		0.06706019	2,079.00	
01.09.2013	28.00		0.06775463	681	
01.10.2013	927.00		0.06844907	609	
01.11.2013	1,141.00		0.06914352	386	
01.12.2013	1,302.00		0.06983796	498	
01.01.2014	1,496.00		0.07053241	199	
01.02.2014	1,224.00		0.07122685	476	
01.03.2014	1,209.00		0.0719213	782	
01.04.2014	936.00		0.07261574	1,232.00	
01.05.2014	798.00		0.07331019	1,473.00	
01.06.2014	583.00		0.06568287	1,837.00	
01.07.2014	494.00		0.06637731	1,480.00	
01.08.2014	591.00		0.06707176	1,235.00	
01.09.2014	675.00		0.0677662	818	
01.10.2014	511.00		0.06846065	617	
01.11.2014	1,200.00		0.06915509	504	
01.12.2014	1,527.00		0.06984954	595	
01.01.2015	1,526.00		0.07054398	214	
01.02.2015	1,317.00		0.07123843	421	
01.03.2015	1,250.00		0.07193287	886	
01.04.2015	630.00		0.07262731	1,061.00	
01.05.2015	900.00		0.07332176	1,418.00	
01.06.2015	714.00		0.06569444	878	
01.07.2015	585.00		0.06638889	1,359.00	
01.08.2015	633.00		0.06708333	1,020.00	
01.09.2015	754.00		0.06777778	944	
01.10.2015	-647.00		0.06847222	631	
01.11.2015	878.00		0.06916667	464	
01.12.2015	995.00		0.06986111	420	
01.01.2016	2,153.00		0.07055556	487	
01.02.2016	1,666.00		0.07125	512	
01.03.2016	1,078.00		0.07194444	868	
01.04.2016	866.00		0.07263889	1,082.00	
01.05.2016	648.00		0.07333333	321	
01.06.2016	476.00		0.06570602	1,184.00	
01.07.2016	431.00		0.06640046	1,892.00	
01.08.2016	500.00				
01.09.2016	525.00				
01.10.2016	890.00		gjennomsnitt	887.15	
01.11.2016	1,109.00				
01.12.2016	1,186.00				
01.01.2017	1,284.00				
01.02.2017	1,135.00				
01.03.2017	733.00				
gjennomsnitt	862.416667				

Dato	Forbruk	Kunde: Hildegunn Myrene Kvalvaag	Dato	Forbruk	Kunde: Steffen Tronstad
0.06982639	52	Adresse: Seilduksgata 26A	0.06981481	49	Adresse: Seilduksgata 26A leil:
0.07052083	715		0.07050926	82	501
0.07121528	258	101	0.0712037	85	
0.07190972	1,300.00		0.07189815	800	
0.07260417	1,522.00		0.07259259	587	
0.07329861	1,694.00		0.07328704	964	
0.0656713	1,587.00		0.06565972	952	
0.06636574	1,522.00		0.06635417	836	
0.06706019	1,260.00		0.06704861	836	
0.06775463	992		0.06774306	691	
0.06844907	263		0.0684375	493	
0.06914352	304		0.06913194	325	
0.06983796	162		0.06982639	525	
0.07053241	251		0.07052083	322	
0.07122685	402		0.07121528	578	
0.0719213	782		0.07190972	592	
0.07261574	1,228.00		0.07260417	656	
0.07331019	1,570.00		0.07329861	783	
0.06568287	1,695.00		0.0656713	994	
0.06637731	1,506.00		0.06636574	817	
0.06707176	1,347.00		0.06706019	648	
0.0677662	887		0.06775463	513	
0.06846065	783		0.06844907	440	
0.06915509	361		0.06914352	356	
0.06984954	106		0.06983796	301	
0.07054398	271		0.07053241	545	
0.07123843	444		0.07122685	473	
0.07193287	848		0.0719213	331	
0.07262731	1,155.00		0.07261574	922	
0.07332176	1,319.00		0.07331019	840	
0.06569444	2,085.00		0.06568287	938	
0.06638889	1,530.00		0.06637731	773	
0.06708333	1,141.00		0.06707176	662	
0.06777778	903		0.0677662	569	
0.06847222	494		0.06846065	597	
0.06916667	294		0.06915509	512	
0.06986111	78		0.06984954	392	
0.07055556	278		0.07054398	417	
0.07125	279		0.07123843	494	
0.07194444	874		0.07193287	491	
0.07263889	1,136.00		0.07262731	622	
0.07333333	1,386.00		0.07332176	955	
0.06570602	1,686.00		0.06569444	1,056.00	
0.06640046	1,446.00		0.06638889	892	
Gjennomsnitt	913.545455		0.06708333	791	
			0.06777778	455	
			0.06847222	482	
			0.06916667	359	
			0.06986111	404	
			0.07055556	618	
			0.07125	497	
			0.07194444	675	
			0.07263889	708	
			0.07333333	919	
			0.06570602	995	
			0.06640046	1,029.00	
			Gjennomsnitt	618.535714	

9.1.2 Middelterperaturer for 2012 og 2013 – 20117

9.1.2.1 2012

HOMOGENISERTE MÅNEDSVRDIER									
Stasjoner									
Stnr	Navn	I drift fra	I drift til	Hoh	Breddegrad	Lengdegrad	Kommune	Fylke	Region
18700	OSLO (R)	1937		94	59.9423	10.72	Oslo	Oslo	ØSTLANDET
I tabellen over vises den homogene tidsseriens navn og periode. R betyr rekonstruert stasjonserie.									
Elementer									
Kode	Navn	Enhet							
TAM	Middeltemper	Å°C							
Stnr	MÅned	TAM							
18700	1.2012	-2.4							
18700	2.2012	-2.2							
18700	3.2012	5.6							
18700	4.2012	4.9							
18700	5.2012	12.3							
18700	6.2012	13.7							
18700	7.2012	16.4							
18700	8.2012	16.1							
18700	9.2012	11.1							
18700	10.2012	5.2							
18700	11.2012	3.2							
18700	12.2012	-5.1							
18700	1.2013	-4.9							
Antall		13							
Laveste		-5.1							
Dato		12.2012							
HÅ,yeste		16.4							
Dato		7.2012							
Sum									
Middel		5.7							
18651 - Oslo II, 1837 - 1933									
18650 - Oslo I, 1934 - 1937									
18700 - Oslo - Blindern, 1937 - ->									
Kilde: Åˆ. Nordli, R.E. Benestad, G. Hestmark K. Isaksen. 2013: The Oslo Temperature series 1837-2012. Homogeneity testing and Climate Analysis. Under arbeid.									

Data er gyldig per 11.05.2017 (CC BY 3.0), Meteorologisk institutt (MET)									

9.1.2.2 2013 – 2017

HOMOGENISERTE MÅNEDSVÆRDIER										
Stasjoner										
Stnr	Navn	I drift fra	I drift til	Hoh	Breddegrad	Lengdegrad	Kommune	Fylke	Region	
18700	OSLO (R)	1937			94	59.9423	10.72	Oslo	Oslo	ØSTLANDET
I tabellen over vises den homogene tidsseriens navn og periode. R betyr rekonstruert stasjonserie.										
Elementer										
Kode	Navn	Enhet								
TAM	Middeltemper	Å°C								
		0								
Stnr	Måned	TAM								
18700	1.2013	-4.9								
18700	2.2013	-3.2								
18700	3.2013	-2.1								
18700	4.2013	4.3								
18700	5.2013	12.8								
18700	6.2013	15								
18700	7.2013	18.4								
18700	8.2013	16.3								
18700	9.2013	12								
18700	10.2013	7.5								
18700	11.2013	2.4								
18700	12.2013	2								
18700	1.2014	-2.6								
18700	2.2014	1.9								
18700	3.2014	4.3								
18700	4.2014	7.7								
18700	5.2014	12								
18700	6.2014	15.7								
18700	7.2014	20.8								
18700	8.2014	15.8								
18700	9.2014	13.1								
18700	10.2014	8.9								
18700	11.2014	4.1								
18700	12.2014	-2.2								
18700	1.2015	-0.3								
18700	2.2015	0.3								
18700	3.2015	3.5								
18700	4.2015	7.1								
18700	5.2015	9								
18700	6.2015	14.2								
18700	7.2015	16.2								
18700	8.2015	16.5								
18700	9.2015	12.5								
18700	10.2015	7.2								
18700	11.2015	3.2								
18700	12.2015	2.1								
18700	1.2016	-5.5								
18700	2.2016	-0.7								
18700	3.2016	3.1								
18700	4.2016	5.9								
18700	5.2016	12.3								
18700	6.2016	16.7								
18700	7.2016	17.2								
18700	8.2016	15.5								
18700	9.2016	15								
18700	10.2016	6.1								
18700	11.2016	0.7								
18700	12.2016	0.9								
18700	1.2017	-1.4								
Antall		49								
Laveste		-5.5								
Dato		1.2016								
HÅ_yeste		20.8								
Dato		7.2014								
Sum										
Middel		7.3								
18651 - Oslo II, 1837 - 1933										
18650 - Oslo I, 1934 - 1937										
18700 - Oslo - Blindern, 1937 - ->										
Kilde: Åˆ. Nordli, R.E. Benestad, G. Hestmark K. Isaksen. 2013: The Oslo Temperature series 1837-2012. Homogeneity testing and Climate Analysis. Under arbeid.										

9.2 SIMIEN

9.2.1 Norconsults simulering av 1800-talls murgård

Orginale verdier - SIMIEN

File Rediger Legg inn Vis Hjelp

Oslo

- 1800-talls murgård
- Energiforsyning
- Hele gården
 - Langvegg mot gaten
 - vinduer
 - Langvegg mot gården
 - Vegg portrom
 - Himling portrom
 - Begge gavler mot nabo/huin
 - Etasjeskiller mot uoppvarmet
 - Etasjeskiller mot kaldt loft
 - Ventilasjon
 - Internlast
 - Oppvarming
 - Evaluering
 - Vintersimulering
 - Årssimulering

Prosjektdata og bygningskategori

« Følgte side Neste side »

Navn bygning/zone: 1800-talls murgård

Simuleringene er utført av: Norconsult AS v/ Ingrid Hole

Bygningskategori: Bolgbløkker

Effekt belysning [W/m ²]:	1.95
Effekt utstyr [W/m ²]:	3.00
Ventilasjon [m ³ /m ² h]:	1.7/1.7
Effekt tappevann [W/m ²]:	3.4
Varmeavg. personer [W/m ²]:	1.5
Røntemperatur [°C]:	21/19
Driftstid interiøret:	16/7/52
Arbeidstid personer:	24/7/52
Driftstid ventilasjon:	24/7/52

Bygningskategorien brukes ved evaluering mot Byggeteknisk forskrift (TEK). Ved evaluering av bygninger som faller under flere kategorier må bygningen deles opp og beregnes hver for seg. Hver enkelt del må tilfredstille byggeforskriftene.

Valg av bygningskategori påvirker også standardverdiene for en rekke inndata. Disse standardverdiene er hentet fra tillegg A og B i NS 3031

Antall boenheter: 8,0

For å fastsette minste tillatte luftmengder i boliger og boligblokker må antall boenheter oppgis slik at midlere bruksareal pr enhet kan beregnes.

Kommentar

Orginale verdier - SIMIEN

File Rediger Legg inn Vis Hjelp

Oslo

- 1800-talls murgård
- Energiforsyning
- Hele gården
 - Langvegg mot gaten
 - vinduer
 - Langvegg mot gården
 - Vegg portrom
 - Himling portrom
 - Begge gavler mot nabo/huin
 - Etasjeskiller mot uoppvarmet
 - Etasjeskiller mot kaldt loft
 - Ventilasjon
 - Internlast
 - Oppvarming
 - Evaluering
 - Vintersimulering
 - Årssimulering

Inndata for en fasade (yttervegg)

« Følgte side Neste side »

Navn: Langvegg mot gaten

Størrelse: Totalt areal inkl. vinduer [m²]: 168,2

Inndata konstruksjon: Himmelretning/horisont Kommentar

Konstruksjon: 35mm bindingsvekk, 200mm isolasjon

Egendefinert konstruksjon

Uverdi [W/m²K]: 1,30

Solutsatt fasade (tar hensyn til absorbert solvarme i fasaden)

Utvendig absorpsjonskoeffisient: 0,80

Varmelagring i innvendig økt: Tung vegg

Egendefinert økt:

Effektiv varmeoppsatet [Wh/m²K]: 63,0

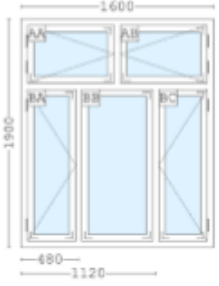
Help

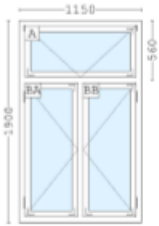
Simuleringsnavn: Årsimulering
 Tid/dato simulering: 20.05.13/5-2017
 Programversjon: 5.005
 Simuleringsansvarlig: Norconsult AS v/ Ingrid Hole
 Firma: Undervisningsløsning
 Inndatafil: C:\Users\ilyas\OneDrive\Documents\master\Originale verdier.smi
 Prosjekt: 1600-talls murgård
 Sone: Hele gården

Energibudsjett			
Energipost		Energibehov	Spesifikt energibehov
1a Romoppvarming		168862 kWh	355,5 kWh/m ²
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)		0 kWh	0,0 kWh/m ²
2 Varmtann (tappesann)		14154 kWh	29,8 kWh/m ²
3a Vifter		0 kWh	0,0 kWh/m ²
3b Pumper		0 kWh	0,0 kWh/m ²
4 Belysning		8547 kWh	16,9 kWh/m ²
5 Teknisk utstyr		11096 kWh	23,4 kWh/m ²
6a Romkjøling		0 kWh	0,0 kWh/m ²
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)		0 kWh	0,0 kWh/m ²
Total netto energibehov, sum 1-6		202159 kWh	425,6 kWh/m²

9.3 Leveranseskjema for restaurerte vinduer

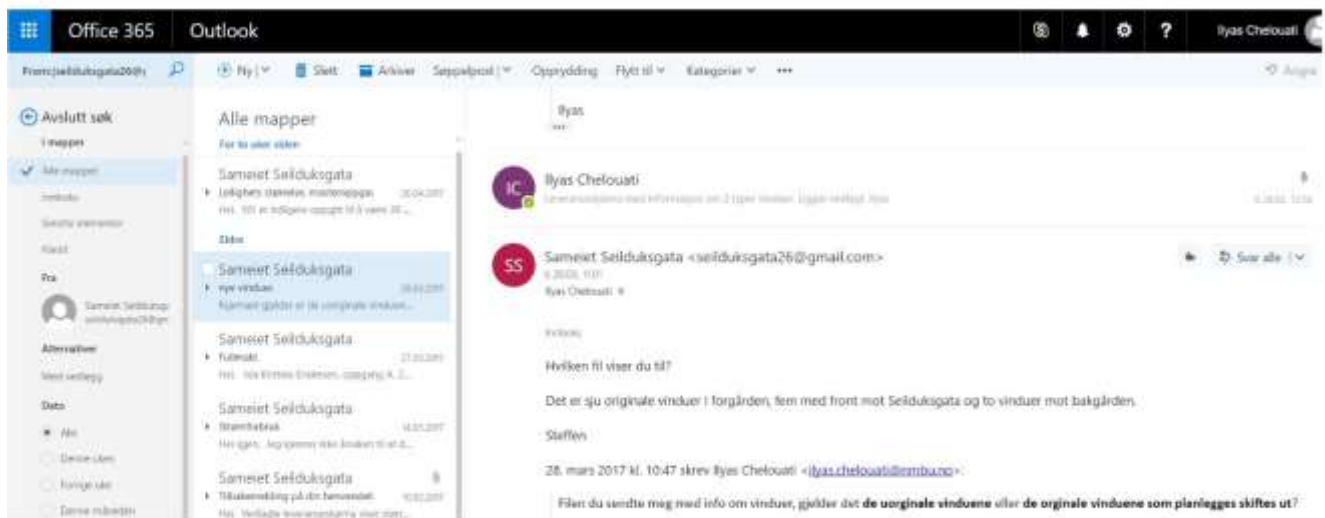
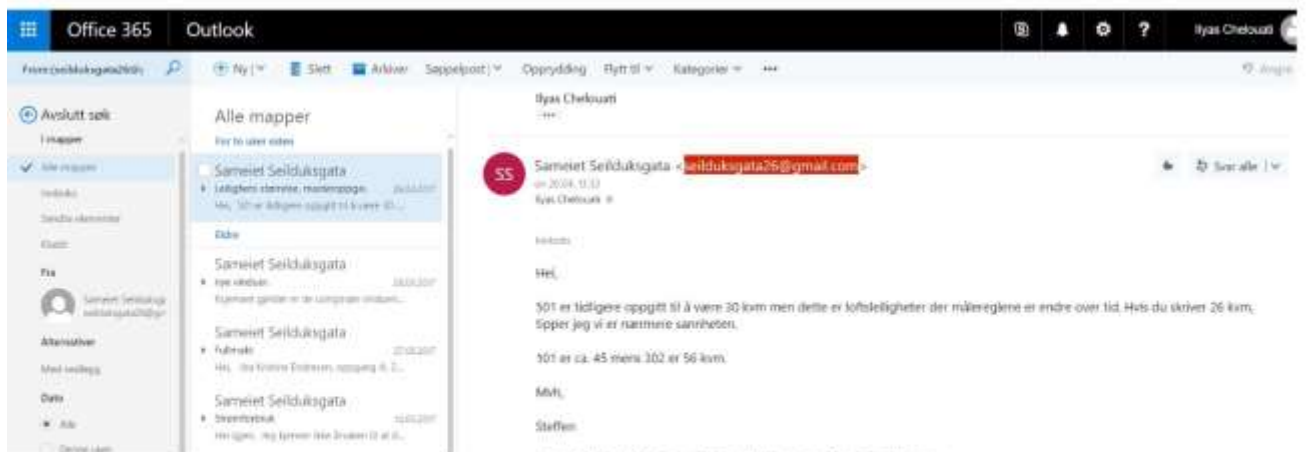
Leveranseskjema TB-0019496
Sameiet Seildukksgata 26

Tegning	Beskrivelse	Ant.
<p>V1</p> 	<p>KVO (1600x1900) NORDVESTVINDUET KITTVINDU MED OVERFALS (U=1,4) - spesifikasjon iflg. tegning Laminert fingerskjøtet furu Antikk profil med foringsnot Not for vannese Uten festehull 68x100mm post 76x109mm losholt 59mm kittramme med overfals 2L(26) termofloat (4e-18ar-4) Sort TGI varmkant spacer Sidehengslet Galvanisert m/antikk knapp 2 hengsler pr. ramme BB: Fast innskrudd ramme Høyre utadslående AA: Venstre utadslående BA: Venstre utadslående BB: Venstre og Høyre utadslående Vindushaspe el.forsinket (blank) Stormkrok 21372 elz innvendig montert Hjørnejern Fargelakkert Uten ventil Utvendig NCS (ETTER AVTALE) Spesialfarget kittfugemasse Innvendig Hvit (S0502Y) Vannese på losholt og underkarm ***** Hengsler og hjørnejern lakkert i valgfri RAL farge. ***** Kitt i valgfri lagerført farge. Farger å velge mellom: NCS S0500N, S0502G, S3500N, S5000N, S7000N, S7010R50B, S1010Y20R, S6020Y60R, S9000N</p> <p>Vekt 98,5 kg</p>	2,00

Tegning	Beskrivelse	Ant.	Pris	Sum
V2	 <p>KVO (1150x1900) NORDVESTVINDUET KITTVINDU MED OVERFALS (U=1,4) - spesifikasjon iflg. tegning Laminert fingerskjøtet furu Antikk profil med foringsnot Not for vannese Uten festehull 68x100mm post 76x109mm losholt 59mm kittramme med overfals 2L(26) termofloat (4e-18ar-4) Sort TGI varmkant spacer Sidehengslet Galvanisert m/antikk knapp 2 hengsler pr. ramme A: Topphengslet utadslående Høyre utadslående BA: Venstre utadslående Vindushaspe el.forsinket (blank) Stormkrok 21372 elz innvendig montert Hjørnejern Fargelakkert Uten ventil Utvendig NCS (ETTER AVTALE) Spesialfarget kittfugemasse Innvendig Hvit (S0502Y) Vannese på losholt og underkarm ***** Hengsler og hjørnejern lakkert i valgfri RAL farge. ***** Kitt i valgfri lagerført farge. Farger å velge mellom: NCS S0500N, S0502G, S3500N, S5000N, S7000N, S7010R50B, S1010Y20R, S6020Y60R, S9000N</p> <p>Vekt 69,3 kg</p>	47,00		
	NCS startillegg (pr.leveranse pr.farge) Oppstartstillegg for valgfri NCS farge på utvendig vindu. Beslag på neste varelinje.	1,00		
	Alustart (pr.leveranse pr.farge) Oppstartstillegg for pulverlakkerte hengsler og hjørnejern i RAL farge	1,00		
	Netto totalt eks.mva: Miljøavgift Mva (25%) Total ink.mva:	51,00		
	Gjennomsnittlig u-verdi 1,39 Samlet vekt: 3.439,00 kg			

9.4 Kilde til referansene

(Tronstad 2.2.2017; Tronstad 28.3.2017)





Norges miljø- og biovitenskapelig universitet
Noregs miljø- og biovitenskapelige universitet
Norwegian University of Life Sciences

Postboks 5003
NO-1432 Ås
Norway