

# Konseptutredning for innovative energiløsninger i bygg, Ormen Lange Hinna Park

---

03.04.2017





---

Oppdragsgiver: Ormen Lange AS  
Oppdrag: Ormen Lange Hinna Park  
Del:  
Dato:  
Skrevet av: Hilde Sund (Hinna Park) Atle Geving (Arcsys AS)  
Kvalitetskontroll:

---

## 1. Innhold

<b>2. SAMMENDRAG .....</b>	<b>1</b>
<b>3. SØKER .....</b>	<b>1</b>
3.1 Om bedriften.....	1
3.2 Om prosjektet .....	2
<b>4. KONEPTUTREDNINGEN.....</b>	<b>3</b>
4.1 Konvensjonell teknologi for et slikt prosjekt.....	3
4.1.1 Ventilert fasade .....	3
4.1.2 Curtain wall glassfasade.....	3
4.2 Referanse grunnlag prosjekt Gullfaks med ventilert fasade .....	4
4.3 Q-Air teknologi .....	4
4.3.1 Oppbygning.....	4
4.3.2 Pumping isolerglass .....	6
4.3.3 Veggtykkelse.....	6
4.3.4 Ingen utvendig solskjerming .....	7
<b>5. Kartlegging beregninger scenarioanalyser.....</b>	<b>8</b>
5.1.1 Klimabaserte dagslysberegninger over året.....	11
5.1.2 Blending.....	12
5.1.3 Inneklima .....	15
(1) Simuleringer Q-air .....	15
(2) Simuleringer Ormen Lange og referansebygg .....	17
5.1.4 Energi.....	21
(1) Inndata og modell.....	21
5.1.5 Resultater levert energibehov .....	22
5.1.6 During cooling .....	23
5.1.7 During Hetaing.....	24
5.1.8 TEK10 §14 Energi.....	25
5.2 System.....	26



## HINNA PARK

<b>6. Areal utnyttelse .....</b>	<b>29</b>
<b>7. ARKITEKTONISK LØSNING FASADE .....</b>	<b>30</b>
7.1 Oppdeling fasade.....	30
7.2 Silketrykk .....	30
7.3 Valg av glass .....	31
<b>8. TEKNISKE SYSTEMER .....</b>	<b>31</b>
<b>9. INNVENDIG BLENDING .....</b>	<b>32</b>
9.1.1 VEDLIKEHOLD VARIGHET .....	33
9.1.2 Økonomiske vurderinger.....	35
(1) Leienivå.....	35
(2) Felles utgifter.....	35
(3) Myke verdier .....	35
9.2 Avtaler tillatelse samarbeidspartnere .....	36
9.3 Konklusjon anbefaling i prosjektet.....	36
9.3.1 Leietagerens opplevelse av bygget.....	37
9.3.2 Energi.....	38
1) Energiforbruket til oppvarming for Q-air er ca. halvparten av Gullfaks sitt. I forhold til at energiprisene.....	38
9.3.3 TEK 10.....	38
9.3.4 Økonomi .....	38
(1) Leieinntekter.....	38
(2) Felleskostnader.....	39
(3) Soft values .....	39
<b>10. Løsningen / teknologiens markedspotensial.....</b>	<b>39</b>
10.1 Beskrivelse teknologiens nyhetsverdi .....	39
10.2 Beskrivelse av nytte / økt verdi ved innføring av løsningen/teknologien.....	39
10.3 Kort beskrivelse markedspotensial i Norge .....	41
10.4 Involvering av teknologimiljøer .....	41
<b>11. RISIKO OG RISIKODEMPENDE TILTAK .....</b>	<b>41</b>
<b>12. PROSJEKTØKONOMI FOR KONSEPTUTREDNINGEN .....</b>	<b>42</b>
<b>13. Vedlegg .....</b>	<b>42</b>

## **2. SAMMENDRAG**

*Konvensjonell fasadeteknologi er ventilerte fasader bestående av ca. 50% glass og 50% klimavegg der varmetapet i glass oppveies av klimavegger med lavt varmetap. Rene glassfasader benyttes i dag kun på deler av bygg, og bruk av glass må veies opp av relativt lave U-verdier på klimavegger. Prosjekt Ormen Lange med 100% glassfasade uten utvendig solskjerming strider derfor mot bransjens oppfattelse av hva et energieffektivt bygg skal være, og hva glass betyr i forhold og energiforbruk.*

*Utredningne viser at de kalkulerte energieresultatene blir vesentlig bedre sammelingnet med referanseprosjekt Gullfaks med konvensjonell fasade og bedre enn konvensjonell fasade passivus. Resultatene er interessante i forhold til effekt, da utredningen peker på flere forhold av redusert energibehov på kalde dager når forbruket er høyt, se figur 22 og 24. Ytterligere potensiale kan avdekkes i detaljprosjektering gjennom optimalisering av løsning. Eventuelle forskjeller mellom reelt og kalkulert energibehov kan ikke avdekkes før prosjektet er gjennomført.*

*Investeringen for Ormen Lange øker som følge av dyrere fasadeløsning hvis en velger Q-Air løsningen. Hvis fasaden gjør at vi oppnår opp mot 200 kr/m<sup>2</sup> økt leieinntekt kan denne merinvesteringen hentes inn. Dette er lite sannsynlig i dagens marked, Enova støtte for ny teknologi vil være utslagsgivende for å velge glassfasade for å redusere merinvestering.*

*Reduserte felleskostnader og positive aspekter i forhold til innemiljø kan utnyttes i forhold til attraktivitet. Dette vil kunne utnyttes i forhold til økt stabilitet utleie forhold, og kortere tid for å leie ut ledige lokaler sammenlignet med referanseprosjektet.*

*Konseptutredningen peker i retning av at de forhold som berører leietagerens trivsel og opplevelse i bygget er godt ivaretatt med Q-Air løsningen, og at flere forhold knyttet til kvaliteter som berører trivsel/arbeidsforhold vil øke med Q-Air løsningen.*

*Løsning med 100% glassfasade vil kreve dispensasjon fra § 14-3. Dette bør være enkelt ved å vise til at U<sub>cv</sub> (gjennomsnittlig U-verdi vinduer, dører og vegger over bakkenivå) for bygget og energiforbruket slik det er prosjektert, er bedre enn et tradisjonelt bygg med vinduer og vegger og utvendig solavskjerming.*

## **3. SØKER**

### **3.1 Om bedriften**

Før 1998 fantes ikke Hinna Park bydel. Da het området Jåttåvågen, og var et industriområde. Hinna Park as ble stiftet for å utvikle Stavanger kommunes satsing på å bygge opp en ny og vital bydel. Industrien skulle vekk.



## HINNA PARK

Med basis i å være en internasjonal ledende olje- og gassregion, er Hinna Park nå et arnested for kunnskapsbaserte forretningsmuligheter og ny teknologisk avansert industri. Her skal den nye generasjonen av nysgjerrige bedrifter få utvikle seg.

Hinna Park er et selskap med 16 dyktige medarbeidere fordelt på Hinna Park Facility Management AS og Hinna Park AS. Vi bygger verdier gjennom kompetanse og solid erfaring. Med selskap som eier, forvalter og er totalleverandør, blir det en unik servicegrad og fleksibilitet for bedriftene. Vår portefølje inkluderer cirka 165 000 kvadratmeter med prima næringslokaler, inkludert prosjekterte bygg. I tillegg har vi store innendørs parkeringsanlegg.

Hinna Park har en beliggenhet som må sies å være i hjertet av regionen, med god tilgjengelighet via alle transportmidler. Selvfølgelig finner du et stort utvalg parkeringsplasser i parken, og et steinkast unna næringsbyggene ligger jernbanestasjon med avgang i begge retninger hvert kvarter.

[www.hinnapark.no](http://www.hinnapark.no)

### 3.2 Om prosjektet

Prosjekt Ormen Lange ligger i området Hinna Park som er ett bydelsutviklingsprosjekt i Stavanger kommune. Det planlagte bygget er et kontorbygg som er delt i tre tårn der parkeringskjeller binder byggene sammen under bakken og kantinen knytter to av tårnene sammen i først etasje.

Prosjektet er samlet på ca. 17 000 kvm gulvareal BTA. Prosjektet har rammetillatelse og man vil i løpet av våren 2017 starte markedsføring i forhold til utleie. Bygget trenger 70% utleid areal før oppstart av byggeprosess.

Vi har utredet Q-Air 6 lags glassløsning med svært lave U-verdier og uten utvendig solskjerming i forhold til energiforbruk, termisk komfort, dagslys og blending. Utredningen har måttet ta stilling til følgende:

- Utnytte og optimalisere varmetilskudd fra sol gjennom tilpasning av G-verdier uten utvendig solskjerming
- Optimalisere og balansere dagslysforhold og varme tilskudd med konstante G-verdier
- Optimalisering av dagslys med konstante G-verdier
- Tilpassing av Arkitektonisk løsning og utforming av fasade i forhold til glassløsning

Vurderingene gjort i konseptutredningen tar utgangspunkt i sammenligning med konvensjonell ventilert fasade fra et realisert Hinna Park prosjekt Gullfaks, bestående av ca 50% klimavegg og 50% glass og utvendig solavskjerming. I forhold til energiforbruk er Q-Air løsningen uten utvendig solskjerming vurdert i forhold til oppgradert Gullfaks løsning til passivhusnivå. Vurderingene som er gjennomført er:

- Løsningens innvirkning på markedet.
- Kostander og merverdi knyttet til 100% glassløsning
- Vurdering av innvendig blending
- Utnyttbart gulvareale
- Utbedringer av evt skadet fasade i drift

Utredningen danner grunnlag for

- beslutningsprosess knyttet til fasadeløsning og igangsetting av prosjektet Ormen Lange,
- Strategi i forhold til oppmerksomhet rundt bygget.

Detaljprosjektering og spredning av kunnskap og teknologi vil bli utarbeidet etter valg av løsning.

## 4. KONEPTUTREDNINGEN

### 4.1 Konvensjonell teknologi for et slikt prosjekt

100% glassfasade er i seg selv en ukonvensjonell løsning som av bygge bransjen generelt oppfattes som lite energivennlig og problematisk i forhold til innemiljø. 3 lags glass og utvendig solskjerming vil optimalt ha en  $U_{cw}$  verdi på ca. 0,8 w/kvMk og ha et vesentlige høyere energiforbruk enn løsning med 50% glass og 50% klimavegg.

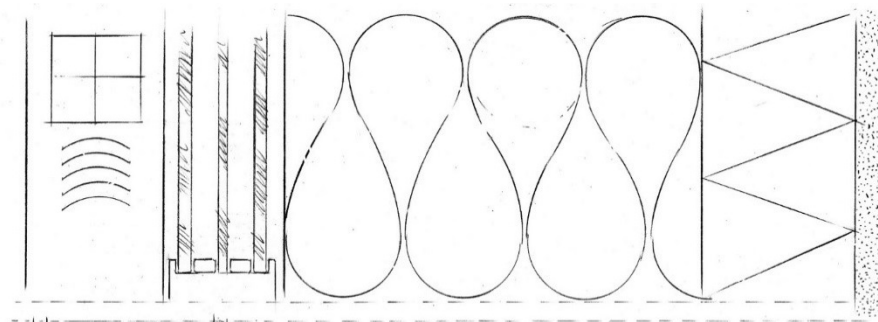
Dersom den utvendige solavskjermingen i tillegg fjernes, vil bygget få ytterligere økning i energiforbruket da varmetilskuddet (G-verdi) må reduseres med utvendig coating på glasset for at kjøle behov og termisk komfort sommerhalvåret skal kunne ivaretas. Dette resulterer i redusert varmetilskuddet vinterstid, og dermed økt energibehov.

For konvensjonelle løsninger benyttes derfor rene glassfasader i dag kun på deler av bygg, og bruk av glass må veies opp av relativt lave U-verdier på klimavegger. Konvensjonell teknologi er ventilerte fasader bestående av ca. 50% glass og 50% klimavegg der varmetapet oppveies av klimavegger med lavt varmetap. Prosjekt Ormen Lange med 100% glassfasade uten utvendig solskjerming strider derfor mot bransjens oppfattelse av hva et energieffektivt bygg skal være, og hva glass betyr i forhold og energiforbruk.

#### 4.1.1 Ventilert fasade

Konvensjonell teknologi for kontorbygg er fasade bestående av ca. 50% 3 lags glass, og 50% ventilert klimavegg med isolasjon og utlektet kledning. Tre lags glasset med karm har U-verdier optimalt på ca. 0,8 W/kvMk og klimaveggen ca. 0,15 W/kvMk. Den gjennomsnittlige U-verdien for kontorbygg ut fra erfaringstall ligger i området =0,7-0,45 w/kvMk, der 0,45 representerer nedre grense verdi med ca. 50% glass i fasaden.

Ventilerte fasader med 3 lags glass benytter høy lystranmisjon, ca. 70%, og høye G-verdier, ca. 0,4. Prinsippet baseres på at høye G-verdier (høyt varmetilskudd) vinterstid bidrar positivt til energiregnskapet ved å kompensere for varmetap gjennom glasset. Det positive varmetilskuddet vinterstid vil på sommertid bli en utfordring i forhold til høye innetemperaturer som vil utløse kjølebehov. Varmetilskuddet må derfor reduseres ved å benytte utvendig solskjerming for å reduserer varmeinnstrålingen sommerhalvåret, og dermed kjølebehovet. Total veggtykkelse for denne type konstruksjon for passivhusnivå ligger på 50-60 cm inklusiv solskjerming.



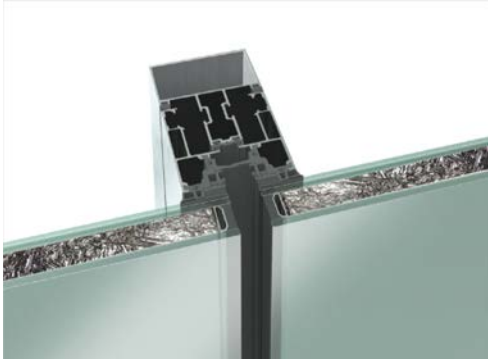
Figur 1 Prinsipp oppbygging av Ventilert fasade

#### 4.1.2 Curtain wall glassfasade

Erfaringstall viser at beste gjennomsnittlig U-verdi for konvensjonelle glass fasader (vinduer og klimavegg) er ca. 0,8 W/m<sup>2</sup>K..

Konvensjonelle curtainwall-systemer med beste U-verdi i dag oppnås ved å benytte vakuum paneler eller firelagsglass-løsninger.

- Vakuumpaneler:  $U_{cw}$  0,35 W/m<sup>2</sup>K, pris ca. 10 000 kr/m<sup>2</sup> + solavskjerming
- 4-lags glass:  $U_{cw}$  0,65 W/m<sup>2</sup>K, pris ca. 4500 kr/m<sup>2</sup> + solavskjerming (1200 – 5000 kr/m<sup>2</sup>)
- Trippels glass  $U_{cw}$  0,8 W/m<sup>2</sup>K: Pris ca. 4000 kr/m<sup>2</sup> + solavskjerming (1200 – 5000 kr/m<sup>2</sup>)



Figur 2 Vakuum panel curtain wall

## 4.2 Referanse grunnlag prosjekt Gullfaks med ventilert fasade

Vi har benyttet nabobygget Gullfaks som referanseprosjekt i energi beregningene. Gullfaks er bygget med konvensjonell teknologi ventilert fasade. Vi har benyttet  $U_{cw}$  på 0,47 W/m<sup>2</sup>K, men  $U_{cw}$  ligger sannsynligvis nærmere 0,60 W/m<sup>2</sup>K ettersom oppgitte U-verdier for Gullfaks også inneholder vegger under bakkenivå. G verdi for Gullfaks er 0,43 og lystramisjon på 70%.

Typiske inndata for inneklimasimuleringer er hentet fra HEA 10 rapport til Gullfaks og er basert på erfaring med tilsvarende bygg som holder Passivhus/BREEAM Excellent-nivå. Sammenligningsgrunnlaget og beregningene for Gullfaks blir derfor mer som NS 3701:2012 *Kriterier for passivhus og lavenergibygninger – Yrkesbygninger*, bortsett fra vi ikke har jobbet med å se på luftmengdene.

## 4.3 Q-Air teknologi

Q-Air fasade består av flere kammer glass der man oppnår  $U_g$  verdier helt ned i 0,13W/kvmK. For denne utredningen er det tatt utgangspunkt i 5 kammers løsning med  $U_g$  verdi på 0,24 W/kvmK.

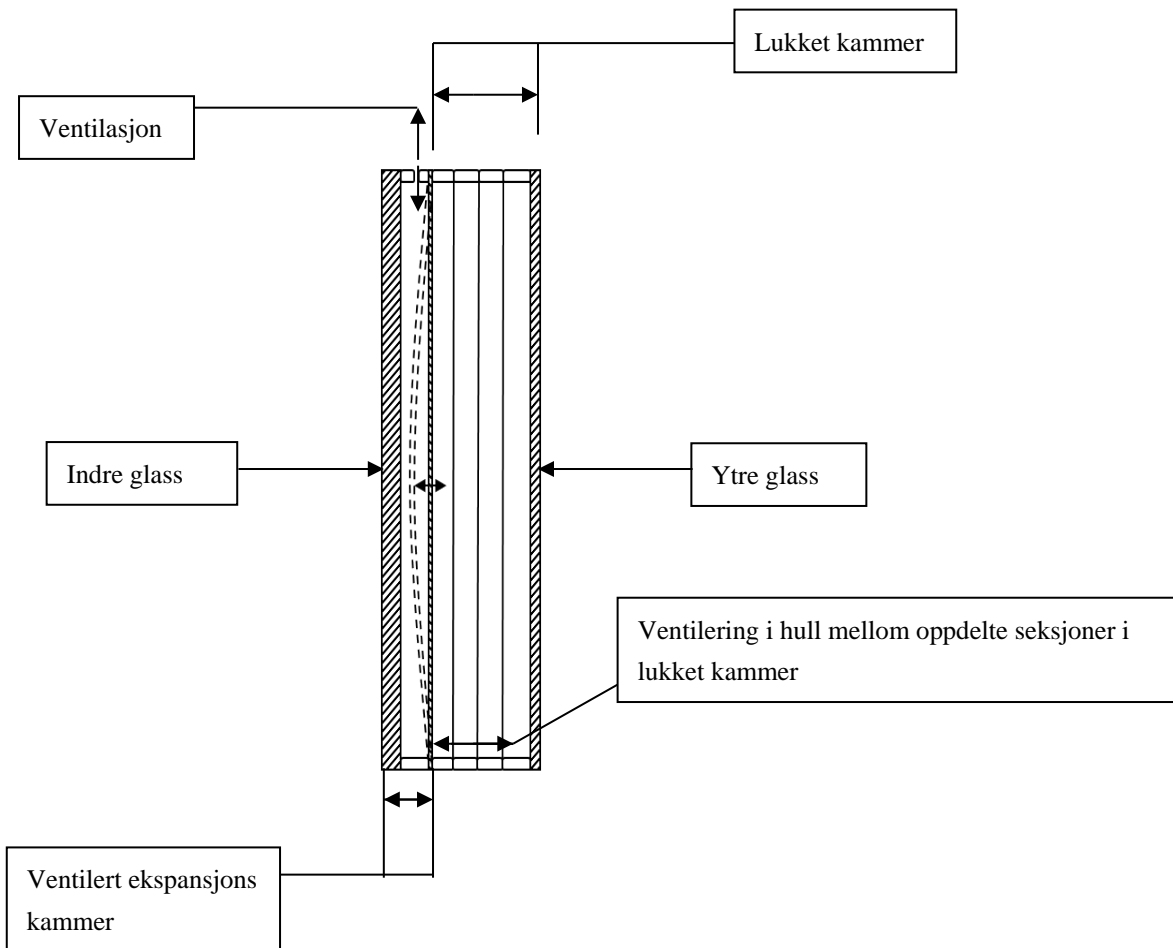
### 4.3.1 Oppbygning

For å oppnå gode U-verdier med gasser i lukket volum som i isolerglass, er det optimalt å ha et bredt tverrsnitt, og dermed et stort volum med gass mellom yterside og innerside. Problemet med store volum er å kontrollere trykkbelastninger og temperaturer som oppstår i kammeret.

Q-Air er delt i 2 hoved kammer:

- 1) *Indre ventilert kammer*
- 2) *Lukket kammer med edelgass*

Det Lukkede kammeret er igjen oppdelt i mindre seksjoner, som er forbundet gjennom ett hull i glassenes nedre del som gjør at de 4 ytre kumerner opptrer som ett kammer i forhold til trykk. Se figus neste side.



Figur 3 Prinsipp oppbygging av Q-Air

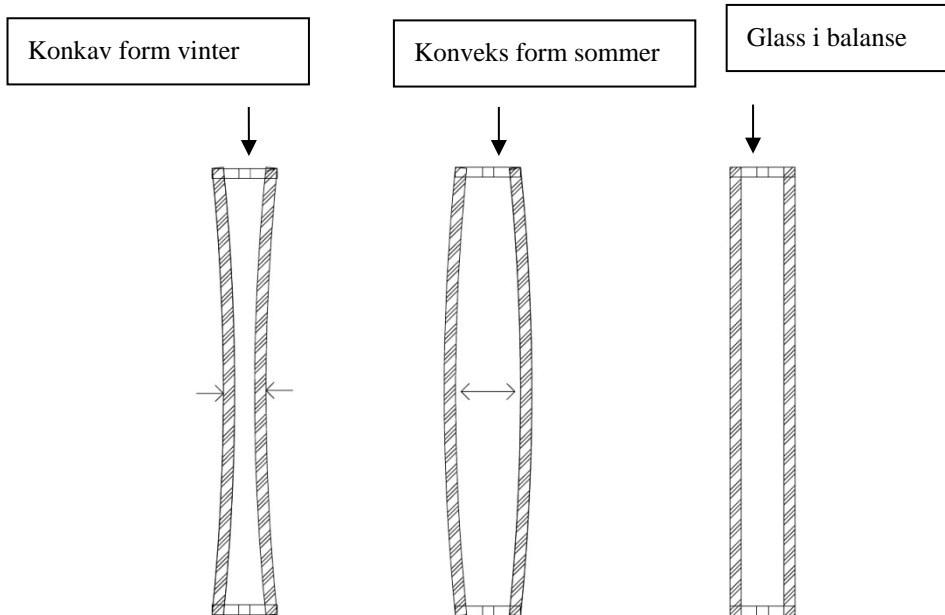




### 4.3.2 Pumping isolerglass

Konvensjonelle glasspaneler vil om sommeren få en konveks form, og om vinteren (ved lave temperaturer) en konkav form. (Se Figur). Dette medfører økning av U-verdi om vinteren, og reduksjon av U-verdi vil skje om sommeren. Dette har også en estetisk side da buet glass gir ujevne refleksjoner.

Levetiden for glassene til Trimo forventes av leverandør å være lengre pga. mindre belastninger som skyldes volumendringer. Livsløps analyse er igangsatt for verifisering av dette.



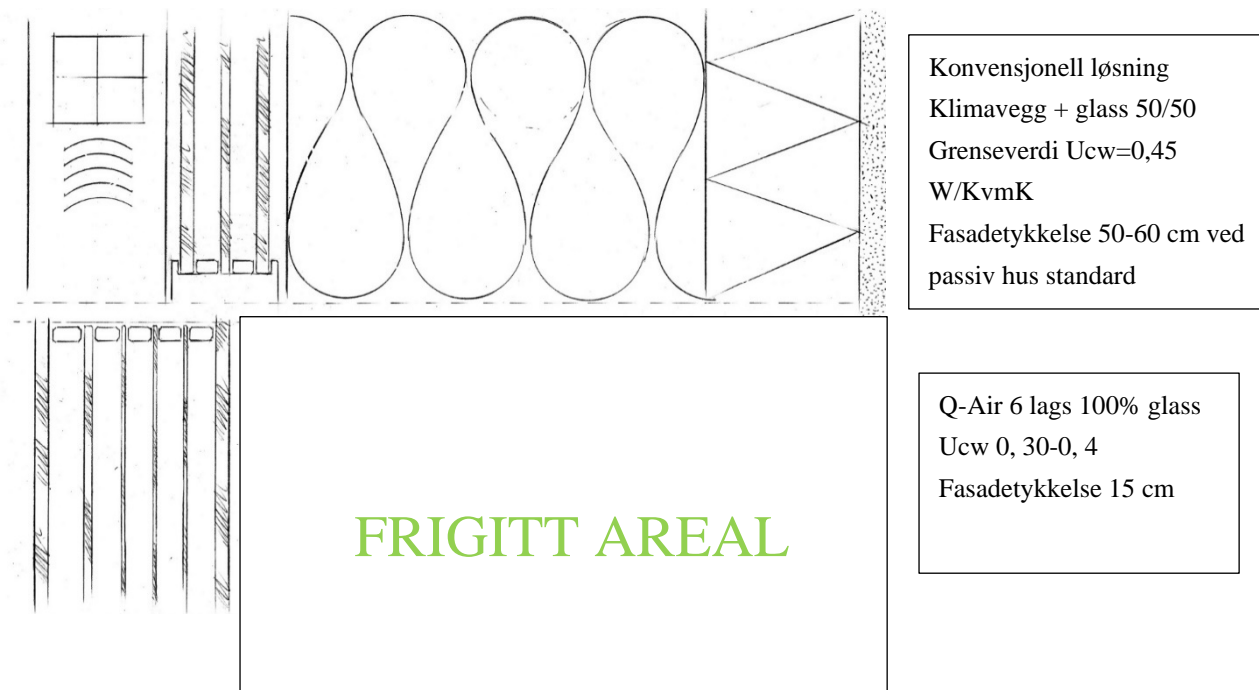
Figur 4 Bevegelse i isolerglass ved trykkendring

### 4.3.3 Veggtykkelse

Gode isolasjonsverdier assosieres med tykkere vegger. Med Q-Air teknologi kan fasadetykkelsen reduseres opp til 40 cm sammenlignet med konvensjonelle løsninger med passivhus standard og utvendig solavskjerming. Redusert tykkelse på fasaden kan bety mer innvendig areal og en forbedret brutto netto faktor.

Illustrasjonen viser konvensjonell fasadeoppbygning med klimavegg og glass (50/50) 50-60 cm tykk, som i forhold til funksjon erstattes med Qbiss Air 6 lagas glass 13 cm.

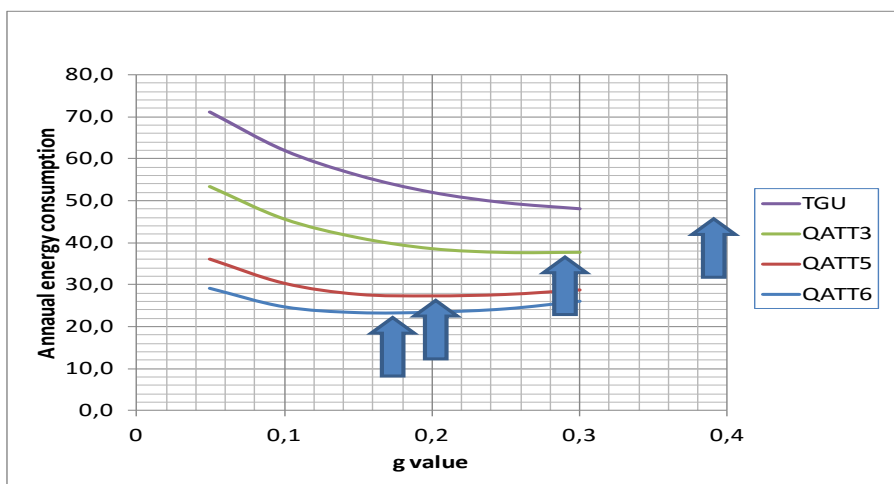
Erfaringstall viser at  $U_{cw}=0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$  representerer en grenseverdi for en konvensjonell løsning, mens man med Q- Air 6 lagas glass kan redusere  $U_{cw}$  med ca. 30% med ren glassfasade.



Figur 5 Sammenligning konvensjonell fasadeoppbygning og Q-Air fasadeoppbygning med  $U_{cw}$  verdier.

#### 4.3.4 Ingen utvendig solskjerming

Grafen under viser at energiforbruket for 3 lags glass (Lilla linje) vil falle ved stigende varme tilskudd(G-Verdier). Man må derfor operere med høye G-verdier som igjen må reduseres ved hjelp av utvendig solavskjerming sommerhalvåret for å redusere kjøle behovet. For Q-Air med lavere U-verdier vil energiforbruket falle ned mot optimalt varme tilskudd for så å stige. Dette betyr at man energieffektivt kan operere med konstant varme tilskudd (G-Verdi) sommer og vinter istedenfor varierende G-verdier gjennom bruk av utvendig solavskjerming.



Figur 6 Grafene viser optimal g-verdi (forutsatt ikke bruk av utvendig solskjerming) i forhold til U-verdi og energiforbruk, hvor både varme og kjøling er inkludert.

TGU er trippelglass-enhet. Qatt 3-6 er Q-Air løsning med 3-6 indre kammer

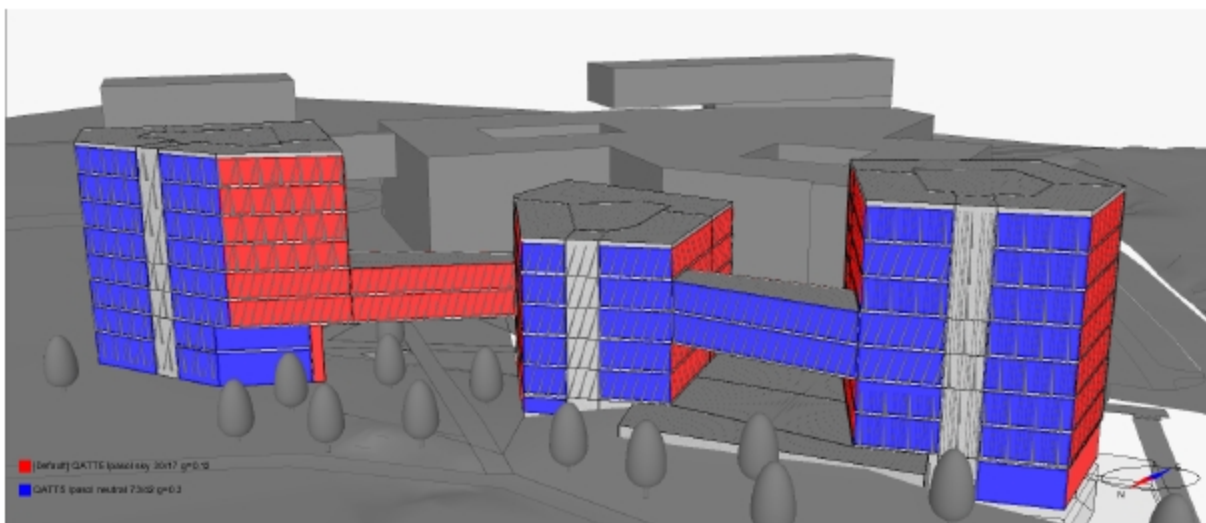


## 5. KARTLEGGING BEREGNINGER SCENARIOANALYSER

I konseptutredningen har vi vurdert bygget med «100 % glassfasade» med produktet Q-air fra Trimo opp mot en tradisjonell fasade med typisk 50-60 % glass i forhold til totalt veggareal. Q-air er videre kombinert med innvendig blendingsgardin, mens referansebygget har normale utvendige persienner.

Nabobygget Gullfaks er benyttet som referansebygg ved at fasadeoppbyggingen og enkelte internlaster er overført til innværende konseptutredning. Bygget, nabobyggene og området rundt er modellert ved import av IFC fra arkitekt. Figur 7 viser en oversikt over Ormen Lange sett fra nord vest med de nærmeste nabobyggene i bakkant. I majoriteten av beregninger og vurderinger vi har utført, er det benyttet en annen type ytterglass på Q-air fasadene mot nord, som er mindre solutsatt.

Figur 7 viser hvordan vi har differensiert valget av ytterglass på fasaden mot nord i Ormen Lange.



Figur 7 Oversikt over Ormen Lange med lite solutsatte fasader mot nord markert med blått.

Formen på bygget har vært låst i alle vurderinger og beregninger vi har gjort. Vi har valgt ut Plan 4 som standard etasjeplan. Dette ble valgt pga. vi har en bro mellom byggene i hele etasjen. Områdene under broene vil følgelig ha noe dårligere resultater enn de typiske som er vist i rapporten, men det betyr normalt også at varmestrålingen fra solen er lavere og man derfor kan vurdere å kompensere dette med for eksempel samme glasstype som mot nord.

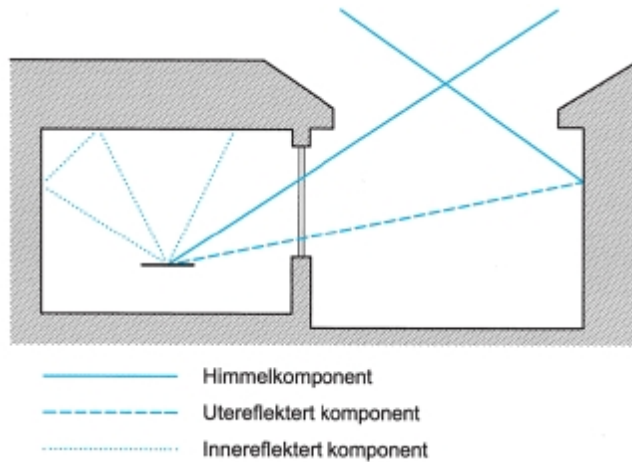
### Dagslys

Dagslys og blendingsforhold for Ormen Lange er simulert med en rekke forskjellige variasjoner av lystransmisjoner og med to forskjellige avanserte dagslysprogramvarer (IDA ICE 4.7.1 og LightStanza Pro). Typisk er det benyttet en høyere lystransmisjon for fasadene mot nord hvor det er lite direkte solstråling, se Figur 2. Beregningene er gjort på store landskapszoner, med kjerne i midten som avgrensede innervegger. Det er typisk 6-7 meter fra innervegg og til fasade. Det ble beregnet med flat himlingshøyde på 2,7 meter først, senere med inntrukken himling som skrår ytterste meter langs fasaden og vinduer opp til 3,3 meter. Inntrukken himling er av tidsbegrensninger kun modellert i bygg A.



## Dagslysfaktor

Dagslysfaktoren angir forholdet mellom lysstyrken inne og ute. Dagslysfaktoren vil være uavhengig av himmelretning og tid på døgnet. Dagslysfaktoren beregnes normalt for et plan 0,8 m over golvet, noe som tilsvarer normal arbeidshøyde.



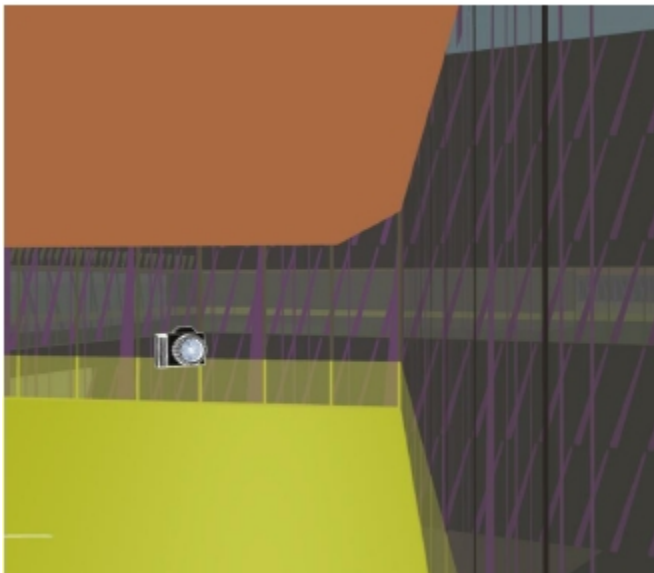
Figur 8 Dagslysfaktorens komponenter. Kilde: Byggetaljer 421.626.

Byggteknisk forskrift til plan- og bygningsloven (TEK10) stiller i § 13-12 krav om tilfredsstillende tilgang på dagslys for rom for varig opphold uten sjenerende varmebelastning. Med rom for varig opphold forstås stue, kjøkken, soverom og arbeidsrom.

I følge Veiledningen til TEK10 kan krav til dagslys verifiseres enten ved beregninger som viser at gjennomsnittlig dagslysfaktor i rommet er på minimum 2 % eller ved at rommets dagslysfate utgjør minimum 10 % av rommets gulvareal. Alternativt krav til dagslysfaktor (1 % i referansepunkt) kan også benyttes og metoden står omtalt i VTEK97. I BREEAM stilles det krav til at minst 80 % av areal som er i bruk skal ha 2,1 % gjennomsnittlig dagslysfaktor.

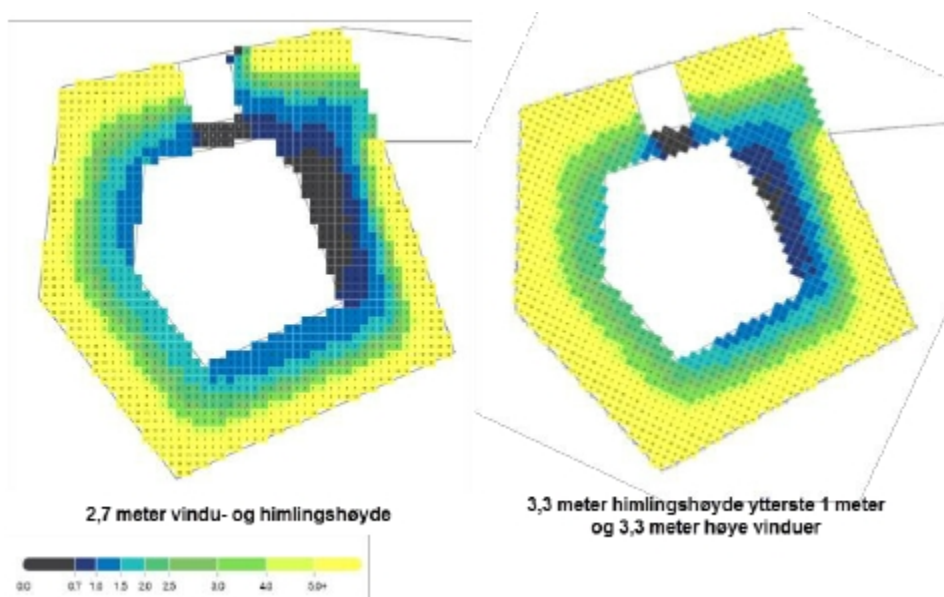
Ettersom dagslysfaktor beregnes uten utvendig solavskjerming og uten hensyn til direkte solstråling, vil bygg med høy lystransmisjon på vinduer og utvendig solavskjerming komme godt ut beregningsmessig. I virkeligheten vil man derimot oppleve at solavskjerming mange steder vil være nede over halve arbeidstiden over året og dermed blokkere mye for både utsyn og dagslys. En konsekvens av dette kan være høyere kjølebehov om sommeren pga. økt belysning. Mange prosjekter sliter også med å regne hjem den store besparelsen på dagslysdimming av belysningsanlegget fordi man ikke tar høyde for solavskjermingen.

[Figur 9](#) viser utsnitt fra LightStanza hvor man ser fra bygg A mot bygg B i plan 4 og ser silketrykk, skrå himling og beregningsplan i gult. Kameraet i figur 4 viser til ett av flere evalueringspunkter for blending.



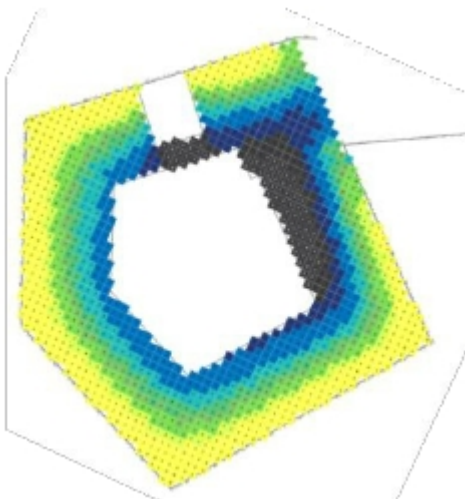
*Figur 9 Visualisering fra LightStanza viser bygg A med skrå himling ytterst ved fasade, silketrykk og beregningsplan i gult.*

[Figur 10](#) viser til høyre beregningsresultater basert på modellen i Figur 7 med LT 48 % mot nord og 33 % for resterende fasader. Til venstre er det brukt samme LT-verdier, men vindu- og himlingshøyde på 2,7 meter. Som resultatene viser så er det over 5 % i store deler av dybden inn mot kjernen for begge versjoner. Gjennomsnittlig dagslysfaktor øker fra 4,6% i versjon til venstre (2,7 meter høyde) til 5,8 % i versjonen til høyre (3,3 meter høyde). Dette er uansett meget bra resultater som gir stor fleksibilitet i forhold til fremtidige møbleringsplaner. Cellekontorer, møterom pluss andre rom og skillevegger som deler opp det store arealet vil redusere dagslystilgang en del, men samtidig er man langt over krav fra myndighetene og BREEAM. Forskjellen i resultater viser også hvor viktig det er å få utnyttet den øverste delen av vinduene.



*Figur 10 Dagslysfaktor i punkt for bygg A, plan 4 i LightStanza og med LT 48 mot nord og LT 33 resterende fasader.*

Med den gode vindushøyden langs fasaden, vil man sannsynligvis med lavere lystransmisjoner enn det vi har simulert (for de mest solutsatte fasadene), kunne tilfredsstille kravet til gjennomsnittlig dagslysfaktor i både TEK og BREEAM. Figur 11 viser dagslysfaktor for bygg A med 25 % LT for alle fasader, også nord. Gjennomsnittlig dagslysfaktor 3,3 % er fortsatt godt over krav.



Figur 11 Dagslysfaktor bygg A med 25 % LT for alle fasader, skrå himling og 3,3 meter høye vinduer.

### 5.1.1 Klimabaserte dagslysberegninger over året

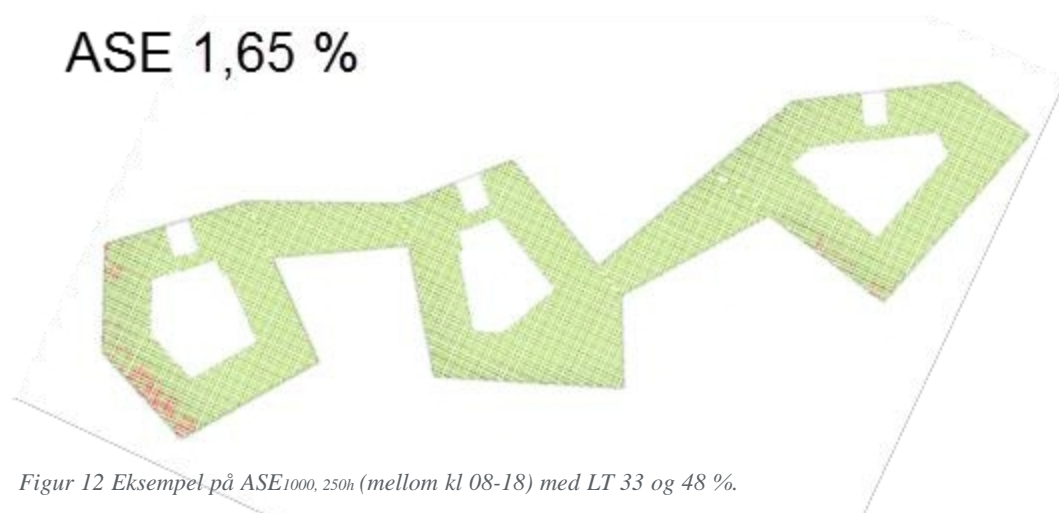
Det siste tiåret har man internasjonalt jobbet med å erstatte dagslysfaktor med en mer realistisk dagslysberegning. Klimabaserte dagslysberegninger (Climate-based daylight modelling – CBDM) bruker blant annet sol- og skyforhold basert på metrologiske observasjoner. Det finnes flere beregningsmåter og standarder, foreløpig har man ikke vurdert hvilken metode som passer best å bruke i Norge. Flere metoder baserer seg på at man kun vurderer hva som skjer i arbeidstiden, dvs. typisk fra 08-16 for kontorbygg. Noen av de mest aktuelle metodene forklares kort under, hvor de to første er en del av kriteriesettet LM83-12 fra Illuminating Engineering Society (IES), som er det «amerikanske lyskultur».

Spatial daylight autonomy 300/50% (sDA<sub>300/50%</sub>) - prosentvis andel av beregningsområde som oppnår kravet på 300 lux i 50 % av analyseperioden. 300 lux er typisk kravsnivå for belysning på kontorer og klasserom, men kan også være 500 lux for andre typer rom (klasserom voksenundervisning).

Annual Sunlight Exposure (ASE<sub>1000, 250h</sub>) – en forenklet dagslyssimulering over året som kun ser på direkte solstråling for å se om man får for mye direkte solstråling som kan gi visuell diskomfort (blending) eller økt kjølebehov. Metoden tillater inntil 250 timer over 1000 lux. Metoden brukes ofte sammen med sDA siden metoden ikke vurderer øvre grenseverdier som kan gi for mye dagslys/solstråling. Hvis over 10 % av arealet har for høy verdi er det utilfredsstillende/uakseptabelt.

Useful daylight illuminance (UDI<sub>100, 3000</sub>) – prosentvis andel av arbeidstid hvor dagslysnivåene er nyttige for brukerne. Under 100 lux gir for lite dagslys, dvs. man er avhengig av (full) belysning. Over 3000 lux gir for mye dagslys og stor sannsynlighet for blant annet blending.

[Figur 12](#) viser eksempel på ASE vurdering. Mot vest i bygg A og sør-vest i bygg C har man antydning til områder med noe høy direkte solstråling. Ut i fra slike beregninger kan man optimalisere lystransmisjonen til glasset. Under 3 % resultat ved ASE er å anse som meget bra.



Figur 12 Eksempel på ASE<sub>1000, 250h</sub> (mellom kl 08-18) med LT 33 og 48 %.

For BREEAM-NOR Nybygg 2016 manualen så er det også mulig å oppnå ekstra poeng ved beregning av dagslysstyrke (illuminansnivåer) over året for Hea 01. For kontorbygg gjelder følgende som står i [Tabell 2](#).

Tabell 2 BREEAM-NOR Nybygg 2016 (SD5075NOR) Hea 01 - tabell 12 krav for klimabaserte dagslysberegninger for kontorbygg.

Romtype	Areal	Gjennomsnittlig dagslysstyrke (gjennomsnitt over hele området)	Laveste dagslysstyrke i dårligste opplyste punkt
Næringsbygg	≥ 80 %	Minst 300 lux i 50 % av arbeidstiden gjennom hele året mellom klokken 8.00 og 16.00	Minst 60 lux i 80 % av arbeidstiden gjennom hele året mellom klokken 8.00 og 16.00

En tilsvarende måloppnåelse mener vi også kan benyttes for verifikasjon av dagslyskrav i TEK hvis man ikke skulle klare å oppfylle preakseptert løsning til 2 % gjennomsnittlig dagslysfaktor, ettersom målsettingen for BREEAM er å være minst like streng som byggt teknisk forskrift.

### 5.1.2 Blending

Beregning av blending pga. dagslys er et fagfelt med noe begrenset litteratur. Internasjonalt er det de siste årene utviklet en metode for vurdering av sannsynlighet for blending pga. dagslys. DGP, daylight glare probability, basert på doktorarbeidet til Jan Wienold ved Fraunhofer IBP. Metoden er tidkrevende å beregne da det involverer en rekke forskjellige type beregninger.

[Tabell 3](#) viser anbefalte krav/verdier som sannsynligvis vil komme i standarden CEN/TC 169 Daylight of buildings. DGP-verdier under 0,35 betyr i praksis at vi har få eller ingen markante blendingskilder i synsfeltet som evalueres.

Tabell 3 Anbefalte minimumsverdier for vurdering av blending, fra CEN/TC 169 Daylight of buildings.

	DGP <sub>t</sub>	Maksimum tillatt overskridelse i referanse brukstid
Anbefaling for minimum blendings beskyttelse	0,45	5%
Anbefaling for medium blendings beskyttelse	0,40	5%
Anbefaling for høy blendings beskyttelse	0,35	5%

Fra teori og erfaring vet vi at man med tradisjonell utvendig solavskjerming normalt har størst problemer med blending pga. dagslys når solavskjermingen går opp og det fortsatt er mye solstråling ute. Øyet kan bruke 30-40 minutter på en slik omstilling.

I programmet LightStanza har vi gjort noen innledende og korte vurderinger av DGP ved typiske referansetider (21 mars, 21 juni, 21 september og 21 desember, og klokken 09, 12, og 15). Type solavskjerming og styring av denne er ikke helt egnet til de store sonene vi har jobbet med hittil, men vi har likevel gjort en vurdering som vi mener kan virke sannsynlig.

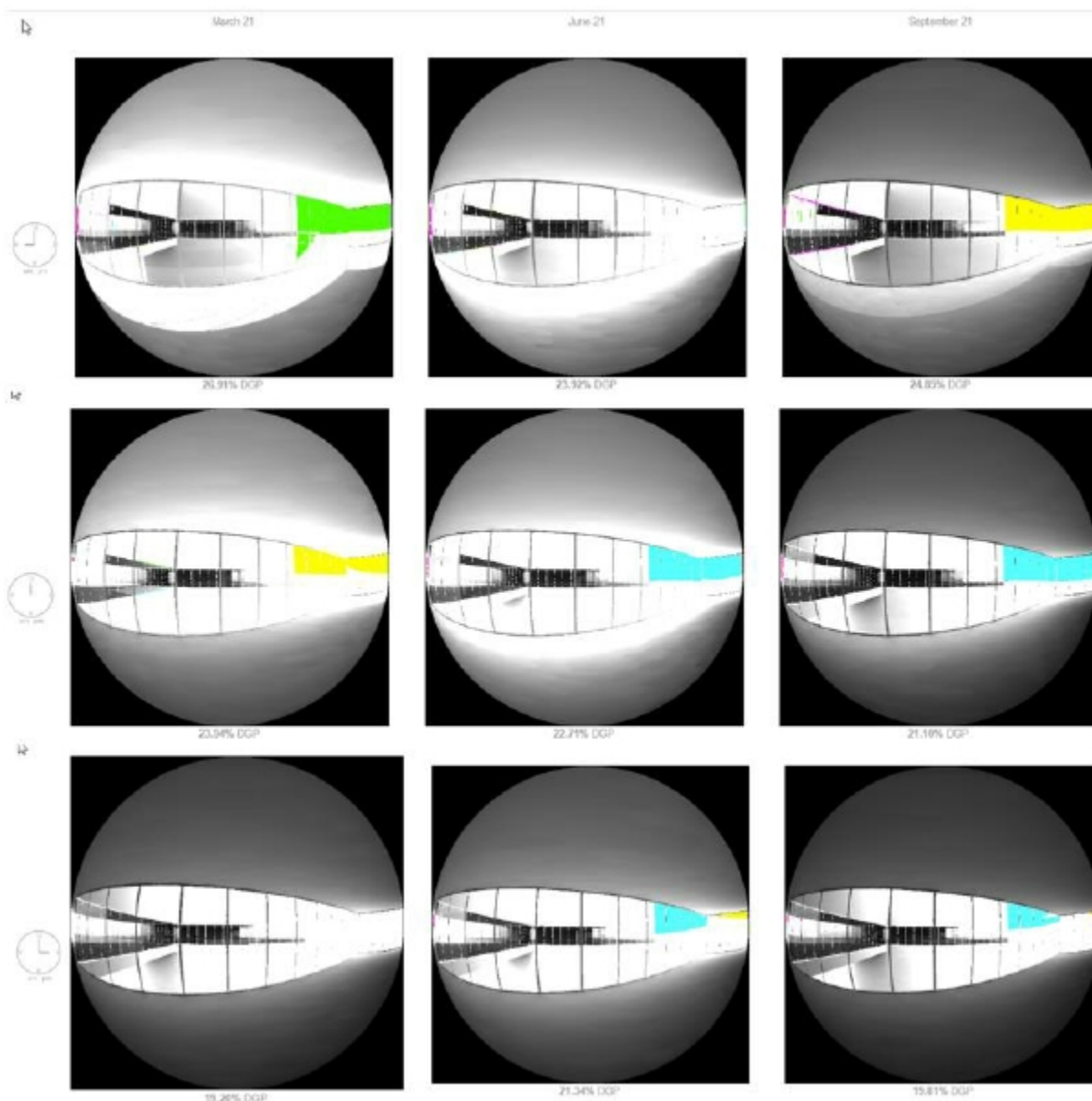
For Q-air med 100 % glass fra gulv til tak ligger man typisk på DGP = 0,2-0,25 mot sør og øst, noe lavere med innvendig duk aktivert. Dette er godt innenfor de oppgitte DGP<sub>t</sub>-kravene. Figur 8 viser eksempel fra visualisering av DGP-beregning for fasade øst i bygg A, mot bygg B og med broen synlig. Fargene er kun for å visualisere forskjellige blendingskilder, de gir ingen informasjon om betydningen eller intensiteten.

Samme glassfasade med 70 % lystransmisjon og utvendig duk varierer DGP mellom 0,15 og 0,30. Dette bekrefter vår teori om at Q-air vil gi lavere maksimal dagslysfaktor, men jevnere dagslys (og blending) over både arbeidsdagen og året.

I prosjektet er det diskutert om lyse, profesjonelle gardiner vil være den beste løsningen ut i fra forskjellige behov og ønsker. Vi kan ikke se at blending skal være en større risiko for Q-air, enn for tradisjonelle alternativer med utvendig solavskjerming/blending.

<sup>1</sup> t – står for i arbeidstiden / brukstiden





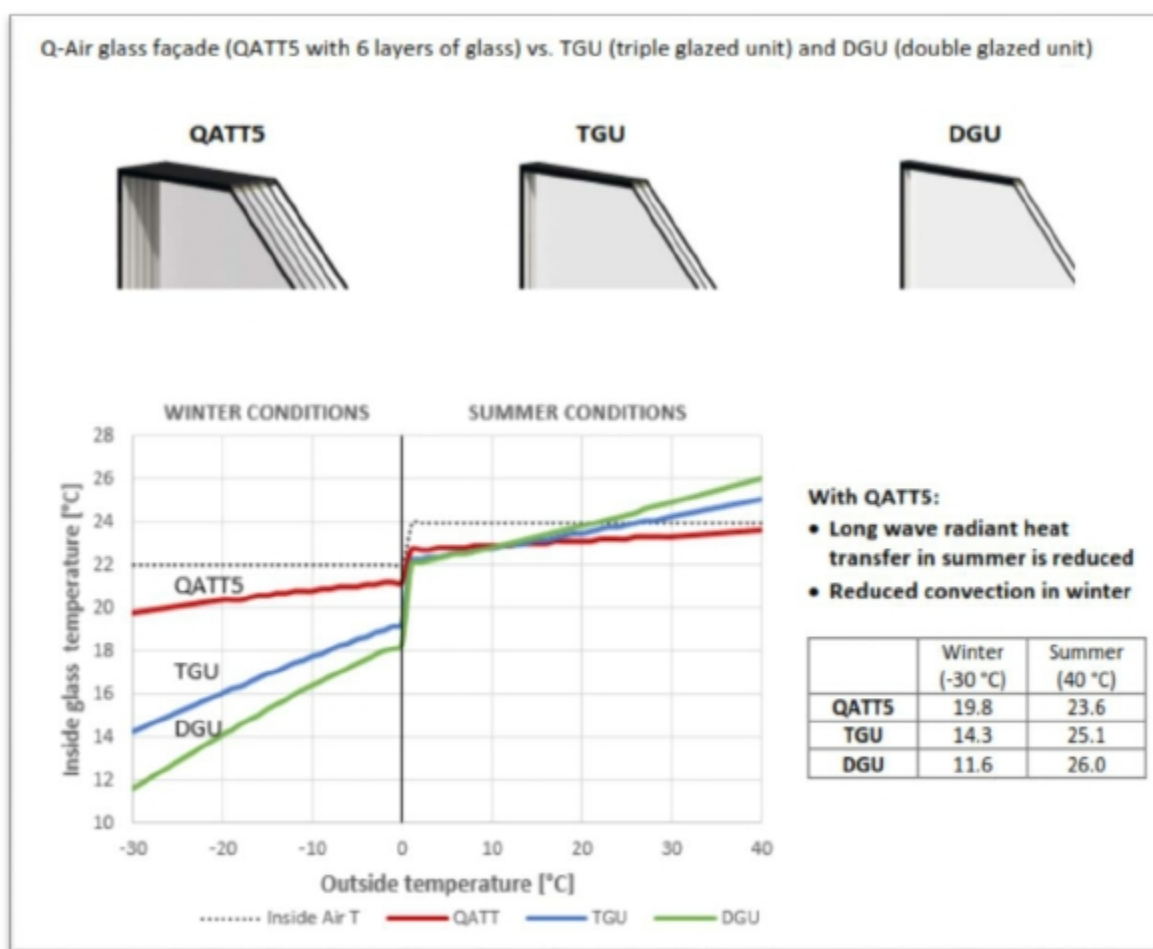
Figur 13 Eksempel DGP-beregning fra bygg A øst mot bygg B. OBS! Fargene er kun for å vise forskjellige blendingskilder, ikke intensiteter eller bety

### 5.1.3 Inneklima

#### (1) Simuleringer Q-air

Pga. den spesielle oppbyggingen av Q-air elementer så vil man ikke få med de positive egenskapene direkte i simuleringprogramvaren hvis man kun legger inn oppgitt g-verdi for Q-air elementer med det ønskede ytterglasset. Q-air oppfører seg noe annerledes enn tradisjonelle vinduer fordi det blant annet har et lite hull i glasset mellom de tre ytterste kamrene og en patentert ventil i det innerste kammeret for å ta opp temperatursvingninger og spenninger.

Figur 14 viser utdrag fra rapport hvor man har gjort beregninger i BerkeleyLab Window 7.4 iht. ISO 15099 for beregning av temperatur på innerglasset for Q-air, 3-lags og 2-lags glass. Beregnet temperatur på innerglasset varierer med ca. 1,5 °C i favør Q-air i forhold til 3-lags glass.




Figur 14 Thermal comfort with Q-air, PhD Marija Drev 24.1.2017,

Beregningene er gjort med standard oppsett iht. ISO 15099 som blant annet tilsier 40 °C utetemperatur og skyfri himmel med 783 W/m<sup>2</sup> direkte solinnstråling. For vinterforhold ser man også at Q-air har vesentlig bedre temperatur på innside glass i forhold til 3-lags glass. Ved dimensjonerende utetemperatur DUTv i Stavanger ca. -10 °C vil Q-air holde ca. 21 °C på innerglasset, mens 3-lags glasset holder ca. 19 °C. Det er ikke oppgitt U-verdi for 3-lags glasset, men vi kan nok anta en samlet



U-verdi på 0,8-1,0 W/m<sup>2</sup>K (U-verdi senter glass på 0,5-0,7 W/m<sup>2</sup>K). G-verdier er heller ikke oppgitt, men vi antar at den er lik.

Figur 15 viser utdrag fra en litt eldre beregninger gjort av CBS Institut i Slovenia, også basert på samme testforhold og programvare som ovenfor. Her er g-verdiene like, mens forskjellen i temperatur på innerglass er 0,9 °C i favør til Q-air i forhold til 3-lags glass. En interessant ting man kan legge merke til er ytterglassene som er benyttet. Iposol neutral 50/27 som er benyttet på Q-air har en høyere lystransmisjon og g-verdi enn de andre glassene og vil oppleves som nøytralt fra utsiden. Iposol shine 40/22 har et mer speilende, sølvfarget utseende, mens Iposol platin 25/15 vil være enda mer speilende.



**CBS Institut**  
 CBS Institut, celovite gradbene rešitve, d.o.o.  
 Prijateljeva cesta 12, 8210 Trebnje, Slovenija  
 T: +386 7 34 60 170, F: +386 7 34 60 107  
 cbs@cbs-institut.si, www.cbs-institut.si

### Thermal comfort with QATT heat radiation comparison

11.3.2015

System	Outer glass from IGDB	g value	Tglass inside	T air inside
QATT5	Iposol neutral 50/27	0,18	24,40°C	24°C
TGU	Iposol shine 40/22	0,18	25,30°C	24°C
DGU	Iposol platin 25/15	0,18	25,80°C	24°C

Figur 15 Utsnitt fra rapport Thermal comfort QATT heat radiation, Aleš Kralj, CBS Institut, Slovenia.

Innledende beregninger med IDA ICE ble gjort for å forsøke å få tilsvarende beregningsresultater som rapporten vist i Figur 10 oppnår med Iposol neutral 50/27 på QATT5 (6-lags Q-air). IDA ICE har muligheten for modellering med en avansert vindusmodell som regner etter ISO 15099 og benytter samme database som Berkeley Lab Window. Fordi deler av glassene som benyttes i Q-air er hemlighetsstemplet og produktet har en patentert lufteventil så var det ikke mulig å få samme resultater på den korte tiden i dette prosjektet. Trimo jobber derfor nå direkte mot utviklerne av IDA ICE (Equa AB) for å få produktene sine inn i databasen til neste oppdatering av programmet.

Vi klarte derfor kun å få ca. samme resultat og oppførsel på test-modellen som 3-lags glass (TGU). Dvs. at beregningsresultatene våre gir noe for høye innetemperaturer, men siden det ikke er 40 °C utetemperatur og skyfri himmel i Stavanger så vil feilmarginen være noe mindre.

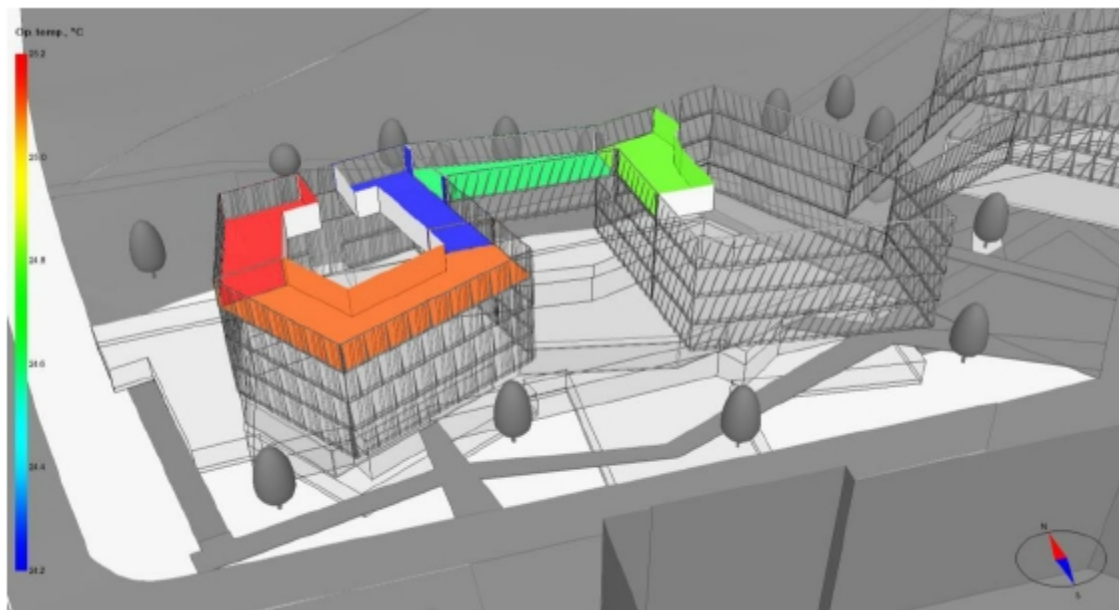
Vi har ikke gjort egne målinger av Q-air, men vi har all grunn til å tro at beregningene i rapportene det er henvist til i Figur 9 og Figur 10 er virkelige. I følge rapporten til CBS Institut er den innvendige konvektive varmeoverføringen i ISO-standarden en del høyere enn i virkeligheten for Q-air, ergo vil man få noe lavere temperatur på innsiden av glasset i virkeligheten.



## (2) Simuleringer Ormen Lange og referansebygg

Typiske inndata for inneklimasimuleringer er hentet fra HEA 10 rapport til Gullfaks og basert på erfaring med tilsvarende bygg som holder Passivhus/BREEAM Excellent-nivå. Innledende beregninger ble gjort på typisk cellekontor og kontorlandskap med Q-air fasade og referansefasade fra Gullfaks. En av de tidlige observasjonene vi gjorde var at rom som vender mot nord kunne ha vesentlig høyere g-verdi enn resterende fasader.

Senere har vi valgt å konsentrere beregning av inneklima 5 soner i Plan 4 fra bygg A og over til bygg B slik Figur 16 viser eksempel på med g-verdi 0,12 på solutsatte fasader.



Figur 16 Utsnitt fra inneklimamodell i IDA ICE som viser operativ temperatur for en alternativ med g-verdi 0,12 på solutsatte fasader.

Inneklima er simulert i IDA ICE 4.7.1 med importert IFC-modell av byggene, nabobygg og landskap rundt. Silketrykk er også importert fra ARK.

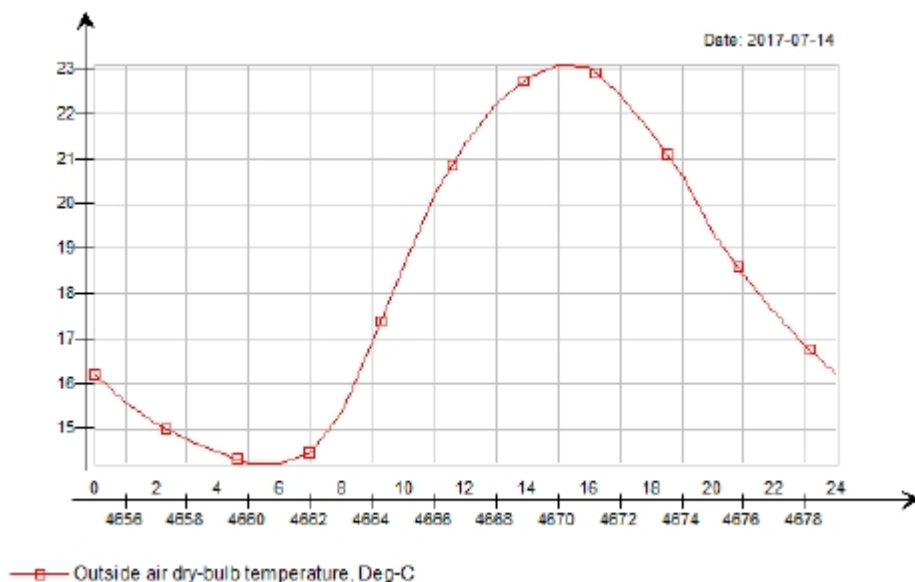
Gullfaks er modellert med brystningshøyde på 0,8 meter, vinduer med lystransmisjon 70 %, g-verdi 0,4 og U-verdi vindu 0,80 W/m<sup>2</sup>K og høyde på ca. 1,85 meter. Nettohøyde 2,7 meter fra over kant gulv til underkant nedsenket himling, pluss 0,9 meter himling og dekke gir 3,6 meter bruttohøyde. Videre gir det ca. 51 % vindu av yttervegg. Antatt 20 % karmandel. Yttervegg med U-verdi 0,12 W/m<sup>2</sup>K. For øvrig er belyningsanlegg ikke simulert med dagslysdimming iht. opplysninger fra PL.

Felles inndata for modellene:

- Brukstil 8.00-17.00
- 0,1 person per m<sup>2</sup>
- Utstyr ca. 110 W/arbeidsplass (person i landskap)
- Belysning 6,4 W/m<sup>2</sup> (NS 3031 med 20 % reduksjon pga. styringssystem)
  - Q-air versjoner simulert med dagslysdimming med full belysning ved 100 lux og lineærdimming ned mot belysning av ved 350 lux som gjennomsnitt per sone.
- VAV ventilasjon styrer etter temperatur mellom 2,5 – 12,6 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>
- Ventilasjon 17 °C innblåst ved DUTs. 86 % varmegjenvinning.
- Ingen lokal kjøling.

- G-verdi 0,3 mot nord (QATT5 Ipasol neutral 73/42) og resten 0,12 (QATT5 Ipasol sky 30/17) + innvendig solavskjerming. G-verdi vinduer 0,43 for Gullfaks.
  - Q-air: 10 % karm/profilandel
  - Gullfaks: 20 % karm/profilandel
- Solavskjerming.  $G_{total} = g_{vindu} * g_{solavskjerming}$ 
  - Q-air: Innvendig, automatisk screen som aktiviseres ved 100 W/m<sup>2</sup> innstrålt solflux på fasade. I virkeligheten vil man nok ikke velge et automatisk innvendig system, så forenklinger og vurderinger må gjøres når man har kommet til neste fase i prosjektet. G-verdi multiplikator 0,75.
  - Gullfaks: Utvendig, automatiske persienner som aktiviseres ved 100 W/m<sup>2</sup> innstrålt solflux på fasade. G-verdi multiplikator 0,14.

Klimadata for Stavanger (Sola) fra ASHRAE 2011. Dimensjonerende utetemperatur sommer DUTs = minimum 16,6 °C og maksimalt 22,9 °C, som vist i [Figur 17](#).



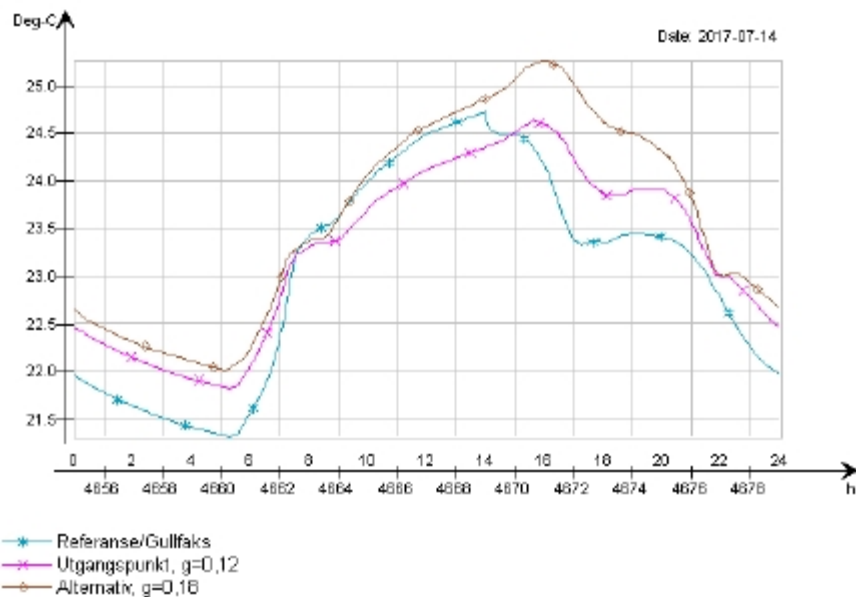
Figur 17 Utetemperatur ved dimensjonerende sommerdøgn DUTs Stavanger (ASHRAE 2011).

Som resultatene i Tabell 4 viser så blir maksimal operativ temperatur for referansen med tradisjonell fasade og utvendig solavskjerming tilnærmet lik Q-air med g-verdi 0.12 på de solutsatte fasadene. Alternativ 1, Q-air med g-verdi 0,18, ligger også innenfor offentlige krav om maksimalt 26 °C. Resultatene er for sone A Vest også vist i Figur 18. Merk at disse resultatene er dimensjonerende, hvor man kjører inntil 14 like dager med sinusformet dimensjonerende temperatur + solinnstråling.

Case/soner	B Vest	A-B bro	A Øst	A Sør	A Vest
Referanse/Gullfaks	24,2 °C	24,2 °C			24,7 °C
Utgangspunkt g=0,12	24,2 °C	24,4 °C			24,6 °C
Alternativ <sup>2</sup> g=0.18	24,6 °C	24,7 °C	24,8 °C	25,6 °C	24,4 °C

Tabell 4 Resultater operativ temperatur (midt i sonen) for simulerte soner.

<sup>2</sup> G-verdi 0,18 (QATT5 Ipasol 50/27) for solutsatte fasader, fortsatt g-verdi 0,30 mot nord.

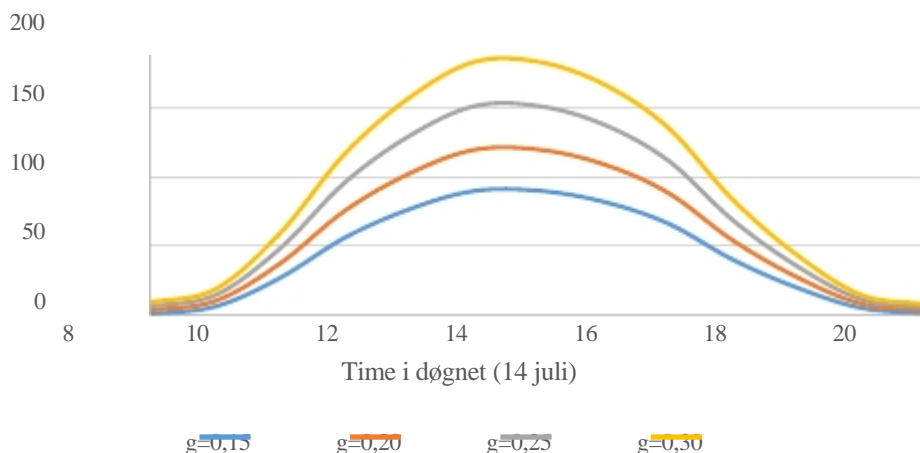


Figur 18 Graf over temperaturforløp sone A Vest ved dimensjonerende sommerdøgn, DUTs.

En viktig faktor man må vurdere i neste fase er farge og utseende på glasset fra utsiden av bygget. Eksempelvis QATT5 Ipasol neutral 73/42 som vi har benyttet på fasadene mot nord har et nøytralt utseende, tilsvarende vanlige 3-lags vinduer med høy lystransmisjon og g-verdi. Ipasol sky 30/12 som har g-verdi = 0,12 har derimot et mer speilende, sølvfarget utseende. Ønsker man mer likt utseende på de solutsatte og ikke solutsatte fasadene må dette vurderes nærmere av arkitekten.

Et alternativ kan være å velge glass på de solutsatte fasadene med enda høyere g-verdi og kompensere dette med mer silketøy på disse fasadene. Alternativt ta det med noe økt ventilasjon langs disse fasadene. Figur 19 viser eksempel på noen g-verdier og hvordan soltilskudd over dimensjonerende sommerdøgn i Stavanger varierer per kvadratmeter vindu. Forskjellen er tilnærmet konstant 30 W/m<sup>2</sup> ved maks og 200 W/m<sup>2</sup> over døgnet, per 0,05 økning/reduksjon i g-verdi.

### Soltilskudd ved ulike g-verdi



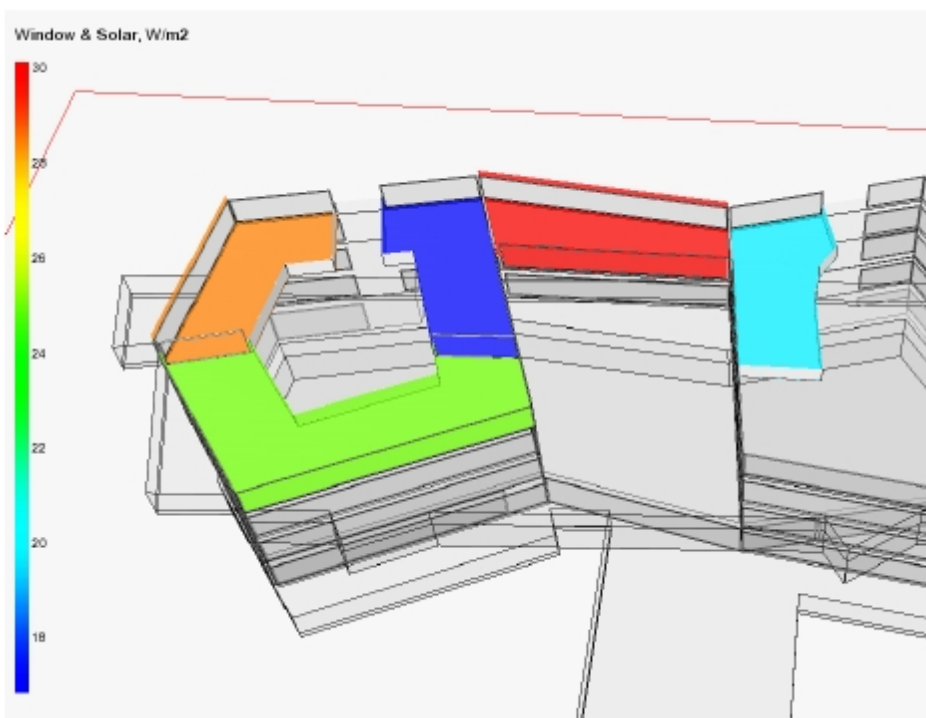
Figur 19 Soltillskudd ved ulike g-verdier i Stavanger ved dimensjonerende sommerdøgn DUTs.

Fasadene mot nord må ikke ha høyere g-verdi og lystransmisjon enn mot sør, hvis man ønsker en type glass på hele fasaden. Beregningsmessig er det optimalt med forskjellige typer glass i forhold til både inneklimate og dagslys

Hvilken versjon av ytterglass man ender opp med på Q-air vil avhenge av noen viktige faktorer:

- Silketrykk, eventuell fordeling og optimalisering av plasseringene
- Innvendig solavskjerming (blendingsgardin)
- Internlast PCer (noe høy effekt benyttet fra Gullfaks)
- Kjølekapasitet til ventilasjonsluft, eventuell lokal kjøling.

[Figur 20](#) viser eksempel hvordan man i IDA ICE enkelt kan se hvordan varmestrålingen fra solen er fordelt per kvadratmeter for de forskjellige beregningssonene. Ut ifra dette kan man senere optimalisere og fordele solstrålingen til sonene så det blir mest mulig jevnt fordelt ved å eksempelvis jobbe med fordeling av silketrykk og glasstyper. Fasadene som vender inn mot hverandre har naturligvis mindre direkte solstråling enn de som vender direkte mot øst, sør og vest.

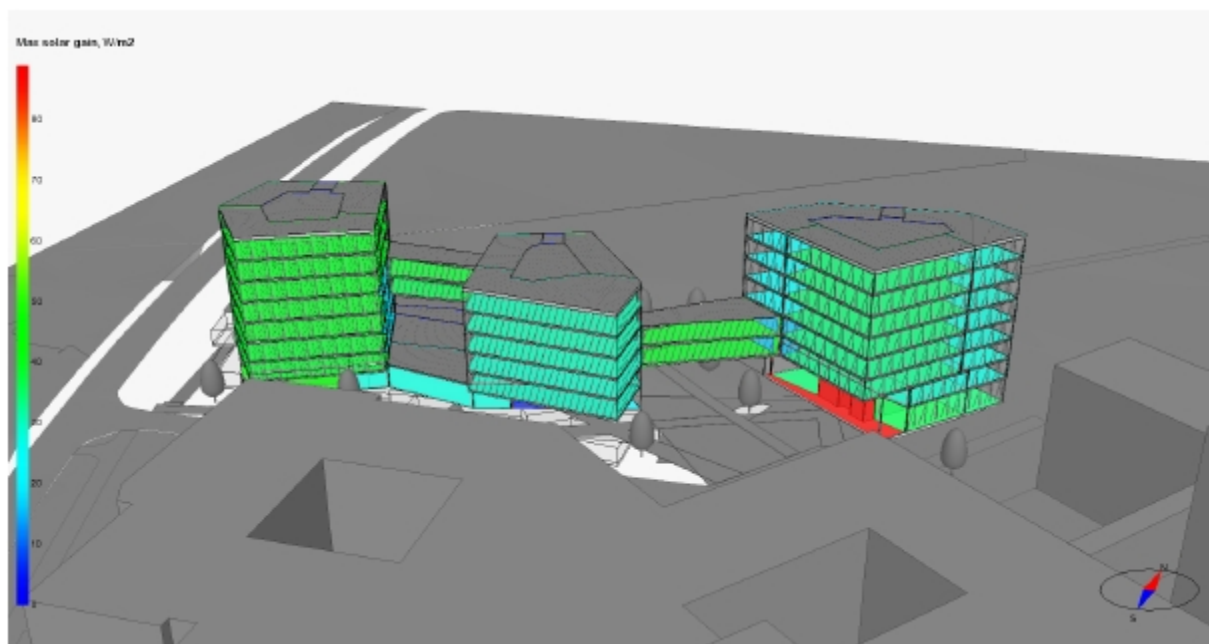


*Figur 20 Varmestråling fra solen fordelt per kvadratmeter beregningssone fra IDA ICE.*

## 5.1.4 Energi

### (1) Inndata og modell

Energisimuleringer er også gjort i IDA ICE. Det er bygd opp en større modell for hele bygget over bakkenivå vist i Figur 21. Beregningssonene er tilsvarende som for inneklimatestingene, dvs. 3 store landskapssoner, med en indre kjerne + heis mot nord for hver etasje i hvert bygg. I tillegg kommer soner for broene og noen større soner i plan 1, totalt er det 96 soner. IDA ICE tillater varmestrøm både gjennom luft og vegger, det er derfor lagt inn åpninger mellom sonene.



Figur 21 Utsnitt energimodell Ormen Lange Q-air versjon med nabobygg fra IDA ICE.

Inndata til beregningene er basert på resultatene fra inneklimatestingene kapittel 3.2 + basert på typiske, standardiserte inndata og driftstider fra NS 3031:2014 *Beregning av bygningers energiytelse - Metode og data*. Dvs. alle internlast, ventilasjonsluftmengder osv. er fordelt likt per kvadratmeter. I tillegg er internlast for teknisk utstyr redusert fra 11 W/m<sup>2</sup> til 6 W/m<sup>2</sup> og det er brukt lokale klimadata for Stavanger. Beregningene blir derfor mer som NS 3701:2012 *Kriterier for passivhus og lavenergibygninger – Yrkesbygninger*, bortsett fra vi ikke har jobbet med å se på luftmengdene. Vi mener dette blir mer reelt sammenligningsgrunnlag, enn å bruke standardisert klimasett (Oslo) og mer standardiserte internlast til utstyr.

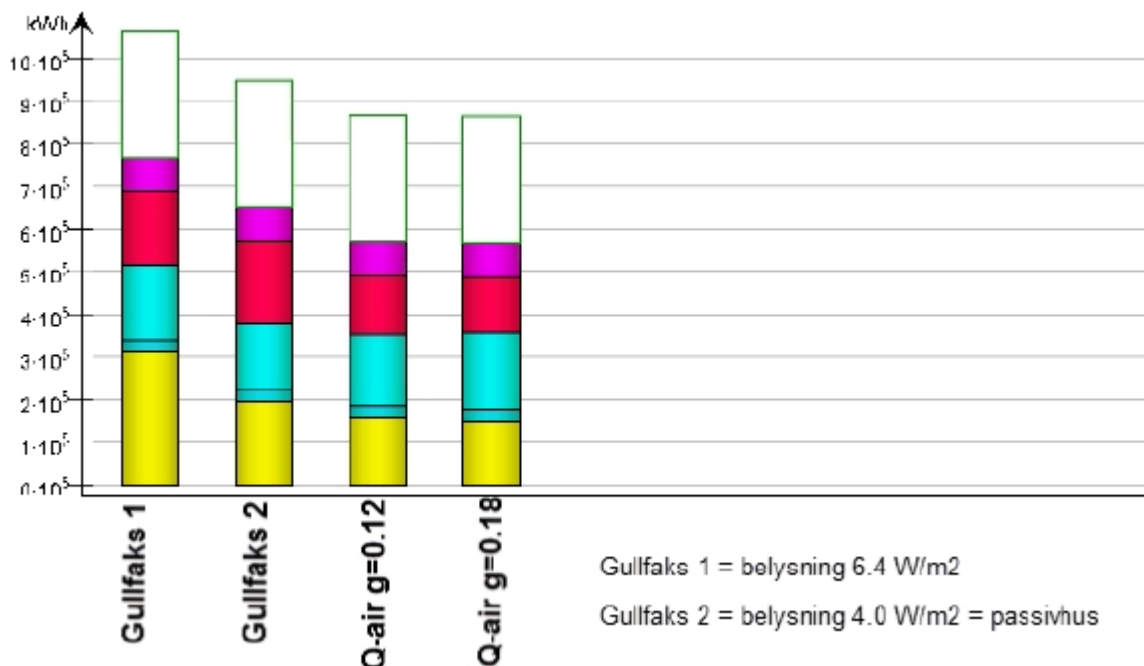
Referanse/Gullfaks er simulert med versjon 1 hvor belysningsnivå er satt til 6,4 W/m<sup>2</sup> som er standardverdi i NS 3031 redusert med 20 % pga. styringssystem. Versjon 2 er lagt inn med effektbehov tilsvarende passivhusstandard.

Resultatene viser levert energibehov. Det vil si det er lagt inn en systemeffektfaktor for kjøling på 2,5 og oppvarming er lagt inn som fjernvarme på 0,86. Eksempelvis hvis netto energibehov til kjøling er 10 kWh/m<sup>2</sup>\*år så blir levert energibehov  $10 / 2,5 = 4$  kWh/m<sup>2</sup>\*år. For oppvarming blir det tilsvarende  $10 \text{ kWh/m}^2\text{*år} / 0,86 = 11,6$  kWh/m<sup>2</sup>\*år. Med varmepumpe vil man typisk ha samme faktor for kjøling, mens man for oppvarming vil ha 2,2-3 avhengig av type og dimensjonering. Oppvarmingen tas med ventilasjonsluft.



### 5.1.5 Resultater levert energibehov

Figur 22 viser resultatene i diagramform og Tabell 5 viser resultatene i tabellform. Det er først og fremst energibehov, elektrisk, til belysning som varierer og hvor Q-air g=0,18 kommer best ut. Kjøling kommer tilnærmet likt ut for alle versjoner, mens energi til vifter (og pumper) har en liten favør til Gullfaks 2. Oppvarmingsbehovet er lavest også med Q-air g=0,18, men kun marginalt. Utstyr og varmt tappevann er likt iht. standardene. Totalt kommer begge Q-air versjonene tilnærmet likt ut og et sted mellom 8-19 % lavere levert energibehov enn Gullfaks-versjonene.



Figur 22 Diagram med resultat levert energibehov med Stavanger-klima.

	Gullfaks 1		Gullfaks 2		Q-air g=0.12		Q-air g=0.18	
	kWh	kWh/m <sup>2</sup>	kWh	kWh/m <sup>2</sup>	kWh	kWh/m <sup>2</sup>	kWh	kWh/m <sup>2</sup>
Lighting, facility	315059	20.0	196908	12.5	160023	10.1	152645	9.7
Electric cooling	25586	1.6	24517	1.6	24791	1.6	25591	1.6
HVAC aux	173579	11.0	154734	9.8	168839	10.7	180817	11.5
<b>Total, Facility electric</b>	<b>514224</b>	<b>32.6</b>	<b>376159</b>	<b>23.8</b>	<b>353653</b>	<b>22.4</b>	<b>359053</b>	<b>22.8</b>
Fuel heating	174672	11.1	198396	12.6	139709	8.9	133109	8.4
Domestic hot water	78876	5.0	78876	5.0	78876	5.0	78876	5.0
<b>Total, Facility fuel*</b>	<b>253548</b>	<b>16.1</b>	<b>277272</b>	<b>17.6</b>	<b>218585</b>	<b>13.9</b>	<b>211985</b>	<b>13.4</b>
<b>Total</b>	<b>767772</b>	<b>48.7</b>	<b>653431</b>	<b>41.4</b>	<b>572238</b>	<b>36.3</b>	<b>571038</b>	<b>36.2</b>
Equipment, tenant	295363	18.7	295364	18.7	295355	18.7	295357	18.7
<b>Total, Tenant electric</b>	<b>295363</b>	<b>18.7</b>	<b>295364</b>	<b>18.7</b>	<b>295355</b>	<b>18.7</b>	<b>295357</b>	<b>18.7</b>
<b>Grand total</b>	<b>1063135</b>	<b>67.4</b>	<b>948795</b>	<b>60.1</b>	<b>867593</b>	<b>55.0</b>	<b>866395</b>	<b>54.9</b>

\*heating value

Tabell 5 Resultat levert energibehov med Stavanger-klima.

### 5.1.6 During cooling

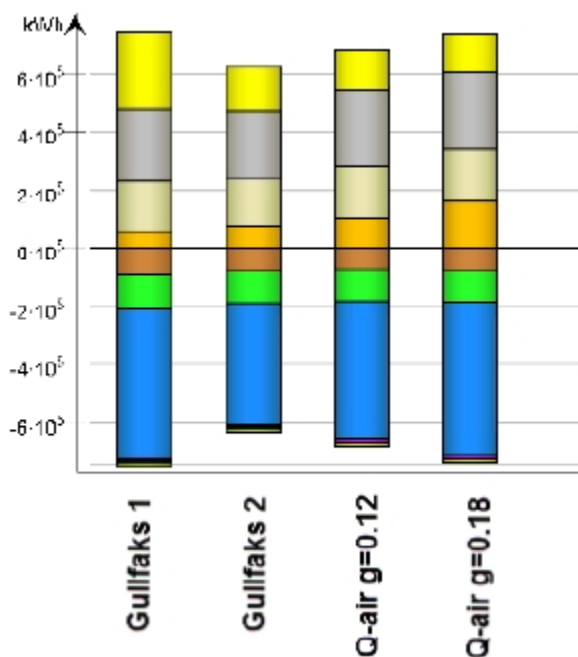
Ser man nærmere på kjølebehovet for energiberegningene i Tabell 6 og Figur 23, ser man at selv om tilført varme fra Window & Solar er vesentlig lavere for Gullfaks, så er total tilført varme (det på oversiden av x-aksen) større enn Q-air alternativene pga. varmetilførsel fra belysningsanlegget. Totalt er det derimot ikke så stor forskjell i sommerhalvåret, når energiprisene normalt er lavest.

#### During cooling

kWh

Case	Envelope & Thermal bridges	Internal Walls and Masses	Window & Solar	Mech. supply air	Infiltration & Openings	Occul pants	Equip ment	Lighting	Local heating units	Local cooling units	Net losses
Gullfaks 1	-89903.2	-119718.0	61041.5	-513663.3	-7212.1	170120.5	249422.3	266046.5	0.0	-3466.7	-11613.7
Gullfaks 2	-78395.8	-108978.3	77830.8	-422359.2	-6465.9	162040.4	234493.2	156330.8	0.0	-2813.9	-10606.8
Q-air g=0.12	-70855.4	-110386.1	104659.7	-478734.8	-7676.8	181027.4	262008.0	135883.5	0.0	-3619.4	-12035.9
Q-air g=0.18	-75490.2	-106447.0	161449.6	-532916.0	-7705.2	181620.5	264264.8	130411.9	0.0	-3577.8	-12677.7

Tabell 6 Resultater levert energibehov når man har kjølebehov.



Figur 23 Energibehov når man har kjølebehov over året (fargekoder sees i Tabell 6).

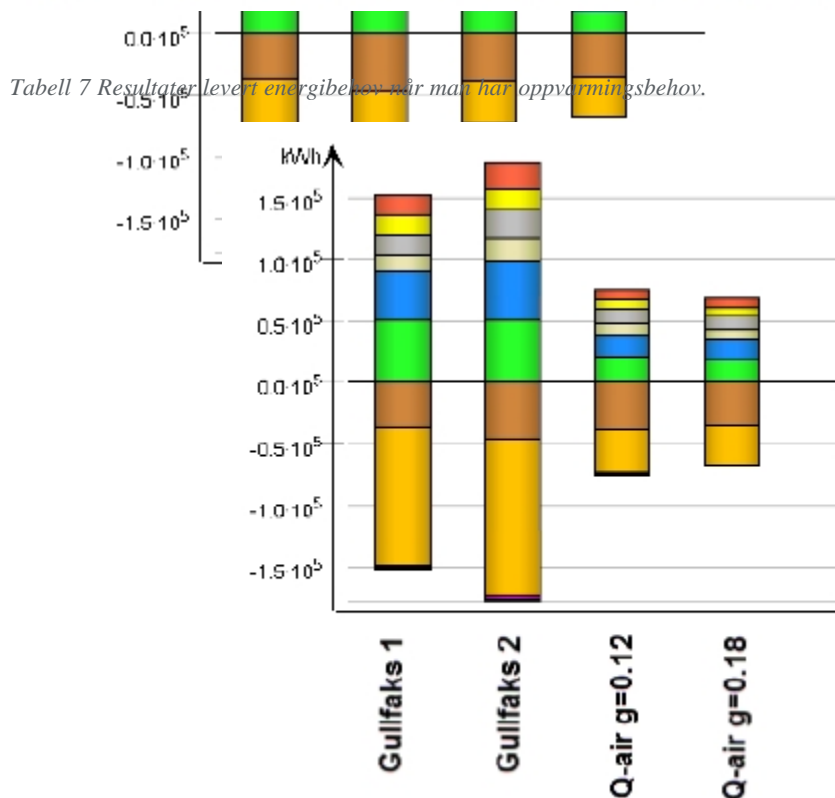
### 5.1.7 During Heating

Tilsvarende oversikt over energibehov mens man har oppvarmingsbehov er vist i Tabell 7 og [Figur 24](#), som viser at det først og fremst er tap gjennom vinduene til Gullfaks som trekker opp. Også om vinteren er energibehovet til belysning ca. det dobbelte for Gullfaks i forhold til Q-air, men dette skyldes delvis at oppvarmingssesongen til Gullfaks-versjonene er lengre enn for Q-air-versjonene. Dette ser man ved at energibehov til utstyr varierer for alle versjoner, selv om inndata er helt likt. Energiforbruket til oppvarming for Q-air er ca. halvparten av Gullfaks sitt. I forhold til at energiprisene normalt er vesentlig høyere i vinterhalvåret så er dette veldig gunstig.

#### During heating

kWh

Case	Envelope & Thermal bridges	Internal Walls and Masses	Window & Solar	Mech. supply air	Infiltration & Openings	Occupants	Equipment	Lighting	Local heating units	Local cooling units	Net losses
Gullfaks 1	-37352.2	50500.4	-111727.6	40323.5	-2181.6	12448.2	15803.7	16857.5	16301.9	0.0	-1505.4
Gullfaks 2	-45958.5	50321.0	-127667.8	47811.0	-3121.9	18534.4	23486.5	15656.1	22512.9	0.0	-1756.5
Q-air g=0.12	-38403.2	20918.7	-35337.0	17931.0	-1211.1	9382.6	11933.3	7676.2	7773.8	0.0	-905.3
Q-air g=0.18	-35659.6	18829.9	-31099.3	16014.0	-997.9	8504.2	10822.8	6906.4	7177.4	0.0	-815.4



Figur 24 Energiforbruk når man har oppvarmingsbehov over året (fargekoder sees i Tabell 6).



## **HINNA PARK**

### **5.1.8 TEK10 §14 Energi**

Energikapitlet i TEK ble oppdatert og er gjeldende for alle nye bygg og prosjekter som ikke er rammesøkt fra 1.1.2017. Både energirammen §14-2 for de forskjellige bygningskategoriene og minstekravene §14-3 (Tabell 8) er strammet inn.

Energirammekravet §14-2 for kontorbygg er 115 kWh/m<sup>2</sup>\*år.

Tabell 8 Minimumskrav §14-3 i TEK.

U-verdi yttervegg [W/(m <sup>2</sup> K)]	U-verdi tak [W/(m <sup>2</sup> K)]	U-verdi gulv på grunn og mot det fri [W/(m <sup>2</sup> K)]	U-verdi vindu og dør inkludert karm/ramme [W/(m <sup>2</sup> K)]	Lekkasjetall ved 50 Pa trykkforskjell [luftveksling pr. time]
≤ 0,22	≤ 0,18	≤ 0,18	≤ 1,2	≤ 1,5

Q-air transparente moduler er egentlig vinduer, som også fungerer som yttervegger. Bruk av 100 % transparent Q-air på Ormen Lange vil kreve en dispensasjon fra §14-3. Dette bør være enkelt ved å vise til at  $U_{cw}$  (gjennomsnittlig U-verdi vinduer, dører og vegger over bakkenivå) eller varmetapet for bygget slik det er prosjektert, er minst like bra som et tradisjonelt bygg med vinduer og vegger.

Vi vet at  $U_{cw}$  for Q-air er i området 0,3-0,35 W/m<sup>2</sup>K for Ormen Lange, mens Gullfaks tilsvarende har en  $U_{cw}$  på minst 0,47 W/m<sup>2</sup>K, sannsynligvis nærmere 0,60 W/m<sup>2</sup>K, ettersom oppgitte U-verdier for Gullfaks også inneholder vegger under bakkenivå.

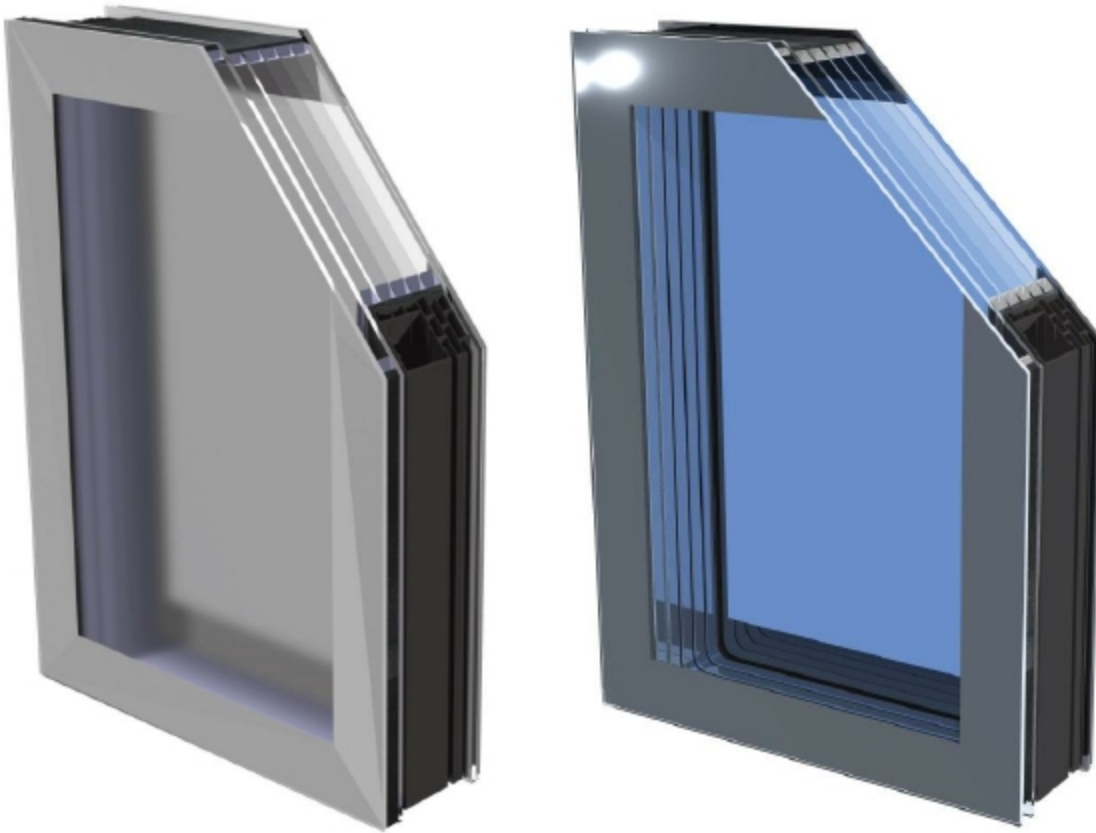
## 5.2 System

I forhold til utskifting av glass er valg av profilsystem avgjørende. Glasset kan benyttes som glasskjerne i kombinasjon med profilsystemer i aluminium, eller man kan benytte Q-Air fasadesystem.

### 1) Q-Air fasadesystem med polymerprofiler.

Fasadesystemet kjennetegnes av integrerte polymerpartikler mellom ytre og innerglass og kun vertikale profiler. Integreringen av profiler betyr

- Fasade tykkelse ca. 13 cm totalt inkludert profiler- Total tykkelse 13 cm
- Glatt strukturell ytterside og innerside
- Gode u-verdier
- Front og innerglass må silketrykkes for å skjule integrerte profiler. Dette vil medføre økt kostnad for glasskjerne.
- Utskifting av glass vurderes som komplisert.



*Figur 25 Q-Air fasadesystem med integrert polymerprofil Glass dekker profil inne og ute.*

Utskifting av glass er mer arbeidskrevende enn andre systemløsninger da hele elementet, inklusiv profiler, må skiftes.

Leverandør har nylig foretatt vellykket utskifting av hele elementet uten knusing av glasset.

## *2) Aluminiumsystem med Q-Air glass.*

Q-Air glasset kan benyttes i aluminiumsystemer som plass bygd konstruksjon eller som fasade elementer, Q-Air glasskjernen. Aluminium profiler dimensjoneres i henhold til vindlaster. Løsningen vil for prosjektet medføre:

- Fasade tykkelse 13 cm + 3-5 cm innvendig profil. Total tykkelse 16-18 cm
- Kun delvis strukturell glass ytterside.
- Utskifting av glass vurderes som enkelt



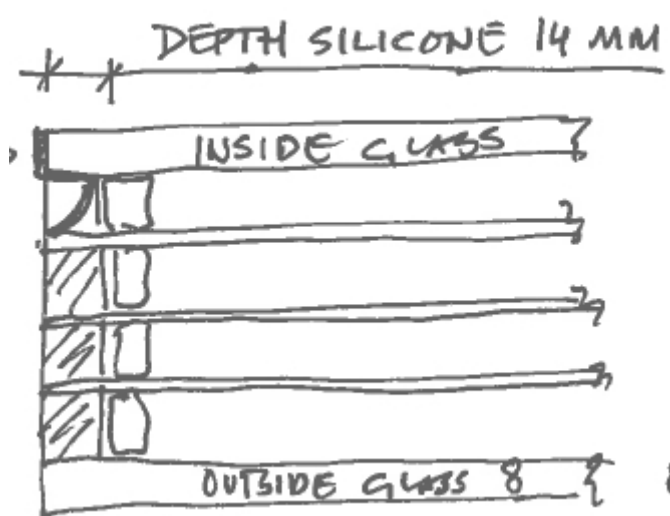
HINNA PARK



Figur 26 Q-Air integrert i aluminiumsprofil. Plassbygd løsning.

3) Skandinavisk Glass System (SGS) løsning basert på SG 2000 med Q-Air glass.

SGS fasade system baseres på prinsipp der glass og innvendig bæring og glass separeres. Profilene er ikke gjennomgående, og glasset festes til profil direkte i glassets spacere. Profiler blir derfor plassert på innerside glass. System kan leveres med innvendige tre eller aluminiums profiler.



Figur 27 Skisse SGS Q-Air med feste til profilsystem mot innerglass.



## HINNA PARK

Valg av tre for profilsystem vil ha positiv innvirkning på byggets klimaregnskap, da mengde aluminium reduseres fra 6-10 kg per kvm fasade ned til 1-2 kg aluminium per kvm fasade. Tre profiler ble også positivt vurdert ut fra estetiske hensyn. Arkitekten har introdusert elementer av tre i utvendige himlinger og for inngangsparti. Tre profiler vil derfor kunne bygge opp rundt arkitektens estetiske konsept for bygget.

- Fasade tykkelse 13 cm + 16-18 cm profiler. Total tykkelse ca. 30 cm
- Strukturelt glass ytterside
- Utskifting av glass vurderes som enkelt.

Det ble vurdert at SGS fasadesystem utfra en samlet vurdering var det systemet som svarte best på Ormen langes kriterier i forhold til:

- Gulv areal, veggtykkelse og romfølelse da økt antall arbeidsplasser ikke var mulig. Innvendige profiler vil derfor ikke være negativt.
- Innvendige profiler vil kunne forenkle sammenkobling fasade og innvendige skillevegger.
- Utskifting av glass er enkelt
- Potensiale i forhold til klima avtrykk ved mulighet for tre istedenfor aluminiumprofiler.
- Estetiske preferanser slett ytterside er ivaretatt.
- Pris lavere grunnet at man ikke har behov for silketrykk front og innerglass for å skjule profiler.

Ved valg av profiler i tre må branntekniske forhold rundt tre løsning utredes og dokumenteres ytterligere.



Figur 28 SGS SG 2000 sytem med trlagsglass.

■

## 6. AREAL UTNYTTELSE

Sammenlignet med referanse prosjektet Gullfaks ville fasadetykkelsen reduseres fra ca. 45 cm til potensielt ca. 15 cm og til 15+ innvendige profiler 16-18 cm med SGS system. Arkitekten ble bedt om å utrede om den reduserte fasadetykkelsen og økt areal hadde konsekvenser for plassutnyttelse.





## HINNA PARK

Konklusjonen til arkitekten var at det økte gulv arealet i dette tilfellet ikke gav mulighet for flere arbeidsplasser og dermed merverdi for byggherren direkte. Det ble påpekt merverdi knyttet til økt romfølelse og mere generøse kontorer. Dette vil kunne bidra positivt i forhold til attraktivitet utleie.

SGS løsning med innvendige profiler som bygger inn i rommet vil opprettholde kvaliteter knyttet til økt romfølelse. Da økt areal for Ormen lange ikke betyr flere arbeidsplasser, vil innvendige profiler ikke være negativt da økt romfølelse også ivaretas med dette prinsippet. Dersom redusert fasadetykkelse skulle vært utnyttet i forhold til arealutnyttelse og planløsninger måtte dette parametere blitt introdusert tidligere i prosjekteringsfasen, slik at man gjennom byggets utforming kunne nyttiggjort seg av det økte gulvarealet.

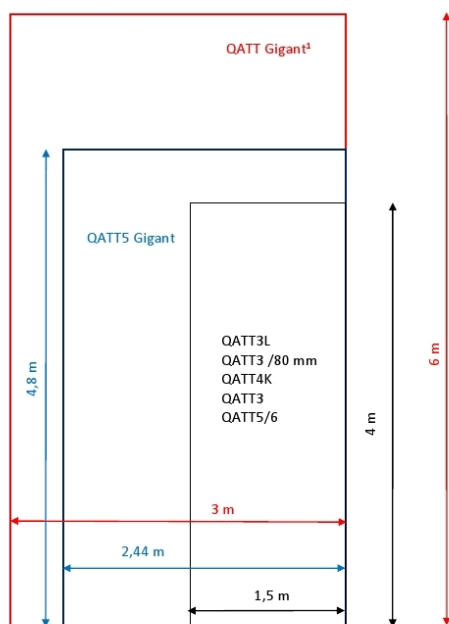
## 7. ARKITEKTONISK LØSNING FASADE

Man valgte utfra vurdering utfra komplikasjoner knyttet til endringer og fremtidige planprosess å definere prosjektets ytre rammer i henhold til Rammetillatelsen. Det vil si at utredningen ikke skulle tilpasse byggets ytre rammer for optimalisering av resultater.

### 7.1 Opdeling fasade

Q-Air glass kan produseres i størrelser 3x6m, men bredde opp til 1,5 m optimal. Ved større glass felt er det utfordrende å

benytte 2 mm glass mellom kamrene i glasspanelet, og tykkere glass må benyttes utfra produksjons hensyn. Elementstørrelsen ble ut fra denne informasjonen definert til 1,2mx 3,6 m.



Figur 29 Størrelser for Q-Air glass

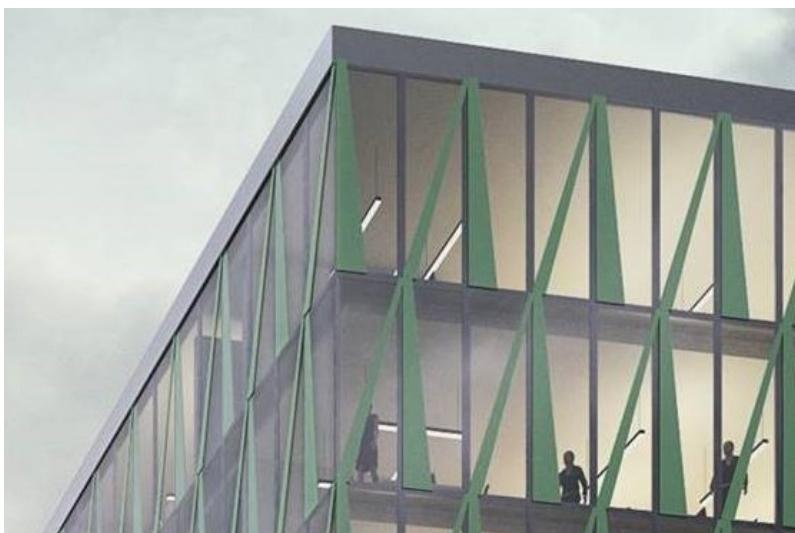
### 7.2 Silketrykk

Arkitekten introduserte silketrykk som element i forhold til å gi bygget ett arkitektonisk uttrykk. Silketrykket vil i tillegg være en parameter som vil bidra til definering av G-Verdi og prosentdel silketrykk vil derfor innvirke på valg av ytterglass. For detalj prosjektering må derfor silketrykket



## HINNA PARK

- Sees i sammenheng med valg av frontglass i forhold til resulterende G-verdier
- Sees i sammenheng mot valg av lystransmisjon frontglass i forhold til lysåpningens og innvirkning på dagslys beregninger



Figur 30 Illustrasjon silketrykk prinsipp

Ut fra vurderinger rundt 100% glassløsnings attraktivitet er det viktig at endelig silketrykks løsning bidrar til å forsterke og synliggjøre fasaden som en ren glassfasade.

### 7.3 Valg av glass

Energi beregningen har tatt utgangspunkt i glass med resulterende G-Verdier på 0,12 og 0,18. (G-Verdi innside). Frontglassets farge og refleksjoner vil innvirke på byggets utseende. Q-Air kan leveres med ulike glass innenfor det benyttede G-verdi intervallet. Detaljprosjekteringen må vurdere valg av ytterglass ytterligere utfra estetiske parametere. Det er også mulig at høyere G-verdi, og dermed glass med mindre refleksjoner kan benyttes uten at dette innvirker vesentlig på byggets termiske og energi ytelse, med referanse til små forskjeller mellom de to alternativene benyttet i utredningen. Ved variasjon av G-verdier i forhold til ulike himmelretninger kan energiforbruk og dagslys optimaliseres. I detaljprosjekteringen vil det vurderes om dette er ønskelig ut fra estetiske parametere.

## 8. TEKNISKE SYSTEMER

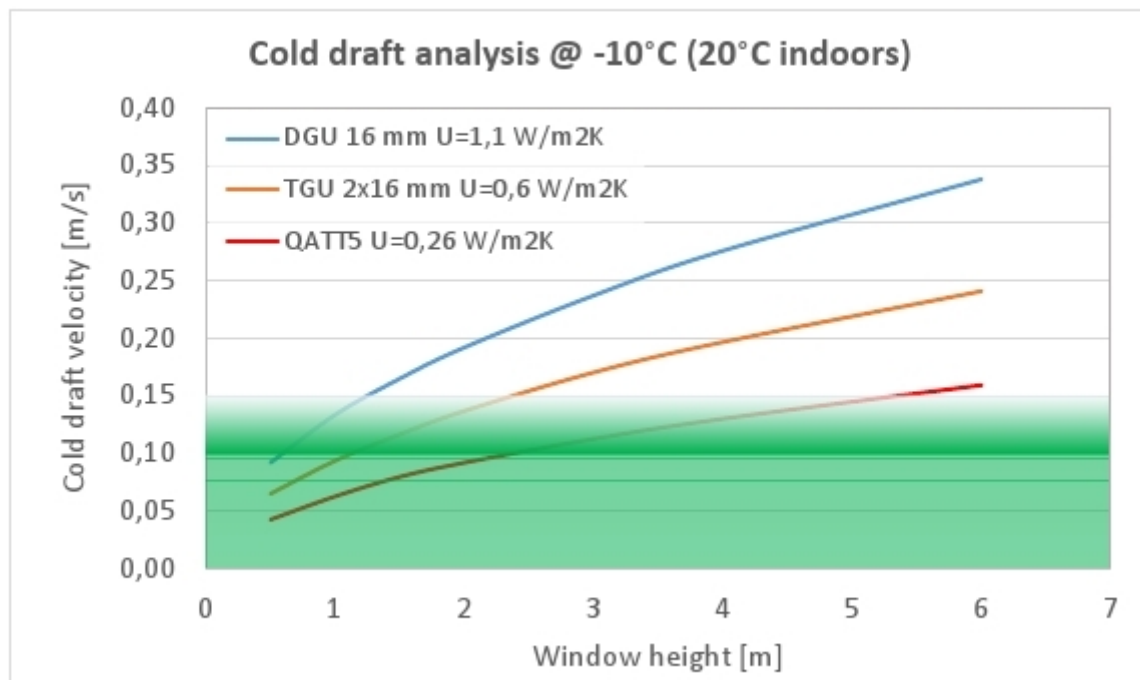
Beregningen Q-Air løsningen kontra Gullfaks viste ca. 50% redusert oppvarmingsbehov som også delvis skyldes at oppvarmingsbehovet for Gullfaks er lenger.

Innvirkning på tekniske systemer i forhold til redusert oppvarmingsbehov ble vurdert som liten.

Kalderas er normalt en fare i forhold til løsninger med glass fra tak til gulv. Dette innebærer at prinsipp for oppvarming via varmepanel i tak eller via ventilasjon må komplimenters med radiatorer. Isolasjonsverdien av Q-Air fasade med resulterende temperatur på innerglass som ligger tett opp mot temperatur inneluft medfører at kalderas problematikken ikke må hensyn tas i forhold til plassering av varmekilder.

Refererer til: *Figur 14 Thermal comfort with Q-air, PhD Marija Drev 24.1.2017*

Generelt for trelagsglass vil vinduer over 2m høyde bety kalderas. For Q-Air vil tilsvarende være over 4m, noe som gjør det mulig å benytte rene glassløsninger innenfor dekkeavstander på 4 m uten bruk at radiatorer under vinduer. Gullfaks fasaden har ikke vinduer ned til gulv og kalderas problematikken er derfor ikke aktuell å sammenligne.



Figur 20 Grønt område viser intervall uten fare for kaldras ved ulike høyder. Rød linje Q-Air, og oransj trelagsglass.

Detaljprosjekteringen vil avdekke om resultatene vil påvirke dimensjonering av de tekniske system for Ormen Lange. Fjerning av utvendig solskjerming kunne bidra til at feilmarginer mellom kalkulert og reelt energiforbruk blir mindre, da reel bruk av solavskjerming er en mulig feilkilde som er fjernet.

Eliminering av kalderas vil for løsning med vinduspartier fra himling til gulv forenkle tekniske installasjoner ved at radiatorer i under vindu ikke er nødvendig i tillegg til generell oppvarming.

## 9. INNVENDIG BLENDING

Hoved prinsipp for bygg i forhold til solskjerming og blending er:

- 1) Utvendig solskjerming benyttes i forhold til regulering av varmetilskudd. Dette er direkte koblet mot kriterier som ligger grunnlag for byggets energi beregninger.
- 2) Innvendig blending regulerer synlig lys fra sol, i forhold til plagsomme refleksjoner og visuell blending som skyldes direkte sollys eller høyt lux nivå.

På generelt grunnlag kan man si at mange bygg i dag benytter utvendig solskjerming for å ivareta både regulering av varmetilskudd og for visuell blending. Resultatet av dette er avvik mellom kalkulert energiforbruk og reelt energiforbruk da bygget på kalde dager ikke får det varme tilskuddet som ligger til grunn for energi beregningene. Den utvendige solskjermingen er da ofte nede på tidspunkt da bygget trenger varme. Gullfaks opererer med kombinert blending og solskjerming, og det er derfor grunn til å tro at utredningens beregninger for energiforbruk Gullfaks er høyere enn beregningene viser.

For Ormen lange er det lagt til grunn konstant varmetilskudd. Innvendig blending vil påvirke varmetilskuddet når det benyttes. Energi beregningen viser omtrent identiske resultater for G-verdi 0,12 og G-verdi 0,18. Ved å benytte G-verdi 0,18 vil reduksjon av G-verdi som skyldes bruk av innvendig blending derfor ha liten effekt på reelt energiforbruk dersom gjennomsnittet holder seg over G-verdi 0,12.

Dette resultatet indikerer at valg av innvendig blending primært kan styres etter visuell blendingseffekt og estetiske behov, ikke innvendige blendings G-verdi. Det er allikevel viktig at innvendig blendings G-verdi kontrolleres i forhold til termisk komfort i detaljprosjektet.



**I forhold til valg av innvendig blending ble det vurdert følgende alternativer og vurderinger:**

- 1) **Innvendig automatisk screen.** Vurdert som dyr løsning med mye driftsutfordringer knyttet til motordrift. Ikke brukerstyrt.
- 2) **Vertikale «veggfelt» som beveges horisontalt i frostet glass eller tilsvarende.** Dette vil ikke være en god løsning i landskap. Ved full solbelastning vil det være utfordrende å dekke hele landskap/kontor. Innvendig bæring fasade vil kunne komme i konflikt med systemet.
- 3) **Rullgardiner.** Kan felles inn i himling og ryddig i rom. Ved bruk vil løsningen fremstå som lite estetisk attraktiv, da ulike vinduer vil være ulikt tildekket. Det at vi vurderer løsningen i ett 100% glassbygg forsterker denne utfordringen ytterligere.
- 4) **Gardiner:** Vurdert som det beste alternativet som en ønsker gå videre med i detaljprosjektering. Kan trekkes helt til siden, og har ingen vertikale variasjoner i tildekkingshøyde som rullgardiner. Løsningen vil derfor kunne fremstå som ryddig og estetisk. Det er også stort utvalg i type stoff estetisk og transparente. Løsningen vil kunne bidra positivt i forhold til romklang/akustisk demping noe som bør utredes videre i detaljprosjekteringen. Manuell styring bør velges slik at en får skjerming der det er behov ut fra individuell behov. Kan variere tetthet i stoff etter hvilken fasade vi har. Utfordringer som må hensyn tas i detaljprosjekteringen er gardiner tar plass når det er trukket fra. Og at de vil vises fra utsiden.

**9.1.1 VEDLIKEHOLD VARIGHET**

Valg av profilsystem blir en videreutvikling av SG 2000. Dette er valgt med henblikk på vedlikehold og utskifting av glass i tillegg til at strukturell slett ytter side er ønsket uttrykk fra arkitekt og bidrar til enklere rengjøring. Fugede overganger mellom glass gir mindre utskiftbare deler og mulighet for fysiske skader på fasaden.

Q-Air leveres med glassgaranti 10 år. Dette er på lik linje med andre isolerglassruter i markedet.

Synlig kondens på ytre glass kan oppstå ved gitte klimatiske forhold. Dette er i utgangspunktet en bekreftelse på at glasset er godt isolert, og vil normalt forsvinne i det solen går opp. Det er mulig å redusere dette vesentlig ved å benytte en coating fra Guardian som heter Climaguard. Denne coatingen hever temperaturen på ytterglass slik at kondens normalt ikke skal oppstå. Dette er en permanent coating med lang varighet og er vedlikeholdsfri.

Tindørs= 20°C

Toutdors	Tout.glass	Twb	Tout e=0,18 (CG Dry)
5	1,6	4	4,4
0	-3,1	-1	-0,3
-5	-7,7	-5,5	-5,0
-10	-12,3	-10,2	-9,7
-15	-17,0	-15,1	-14,4

Number in red = condensation on the outer pane can occur

Number in green = condensation does not occur

Tabell 9 Tabell viser beregning fra leverandør. Coatingne hever temperatur til under uteluft temperatur.



## HINNA PARK

Referanse prosjekt Gullfaks med klimavegg med isolert ventilert fasade vil ved lave U-verdier ha høye krav til utførelse, spesielt av dampsperre. Små skader eller dårlig utførelse av dampsperre kan medføre fuktdannelse i konstruksjon som vil redusere U-verdien og kunne skape mugg problemer.

En 100% ren glassfasade vil ha krav til utførelse av glass, men skjulte feil som medfører skader over tid er ikke mulig. Mugg og fuktskader kan derfor ikke oppstå.

Fasade med løsning 100% glass uten utvendig solavskjerming, vurderes å ha mindre vedlikeholdsbehov og fare for fuktskader enn referanse prosjekt Gullfaks, og livsløp som er minst like langt. Skader og/eller feil i fasade for 100% glassløsning vil medføre utskifting av glass.



## HINNA PARK

### 9.1.2 Økonomiske vurderinger

Stavanger regionen er påvirket av negativ konjunktur innenfor oljeindustrien. Prosjektet bør derfor sees på som ett ledd i konkurranse om leietagerne i Stavanger regionen med energieffektivitet, arkitektur og innemiljø som en spydspiss mot markedet. Hinna Park har en tro på at attraktivitet knyttet til 100% glassløsningen vil kunne skape bevegelse inn mot Ormen Lange og vil kunne ha positiv effekt for området Hinna Park generelt i et nedadgående marked.

Økonomi i et prosjekt defineres utfra leieinntekter primært, og salgsverdi sekundært.

For salgsverdi vil miljø klassifiserte bygg kunne oppnå høyere pris, spesielt gjennom interesse fra internasjonale aktører. Det er ikke tatt stilling til hvilken merverdi løsningen representerer for Ormen Lange, i forhold til salgsverdi.

#### (1) Leienivå

I forhold til leienivå defineres det ut fra beliggenhet, standard, attraktivitet i markedet.

Dersom kvaliteter knyttet til prosjektet kan fremstå som unikt i markedet vil dette kunne påvirke leieprisene.

I forhold til tall hentet fra referanseprosjekt Gullfaks kan vi estimere prosjektkostnader på Ormen Lange til ca. 400 millioner kr. For å dekke inn 10 kr merinvestering må vi ha ca 1 kr i økt leieinntekt.

Dette betyr at hvis vi oppnår 200,- kr i økt leieinntekt pga Q-Air fasade kan vi øke merinvesteringen med ca. kr. 34 000 000. Omregnet i fasade utgjør dette 3 771 kr per kvm fasade. (Fasade areal 9016 kvm).

En slik økning i leieinntekt vil da dekke inn merinvestering av Q Air fasade. Hvis vi mottar Enova støtte for innovasjon eller Ny teknologi kan merkostnad fasade reduseres slik at krav til økt leie kan reduseres.

#### (2) Felles utgifter

Konseptutredningen viser besparelser som ut fra dagens utleieprinsipp vil tilfalle leietager, og på så måte ikke kan forsvare merinvesteringer. Reduserte felleskostnader vil likevel kunne bidra til økte inntekter gjennom mere stabile leieforhold og økt konkurransekraft i markedet som kan gi mindre tomme lokaler.

I forhold til driftsutgifter har vi avdekket følgende besparelser knyttet til fellesutgifter:

Vedlikehold rengjøring utvendig solskjerming	3,5 kr per kvm BTA
Reinvestering demontering og montering utvendig solskjerming	7 kr per kvm BTA
Kr per kvm	
Redusert energibehov anslått (ref tabell 5 s 24)	20 kr per kvm BTA

Reduksjon i felles utgifter er ut fra dagens leie kontraktsprinsipper ikke mulig å konvertere til økte leieinntekter, og dermed økt investering. Dersom man kunne utnytte dette til 30 kr per kvm i økt leieinntekt vil man utfra investeringskostnads på 10 kr per 1 kr leieinntekt kunne økt investeringsrammen med ca 5 mill., overført til fasaden utgjør dette potensielt 565 kr per kvm fasade, og er ikke inkludert i Tabell 10.

Innvendig blanding uteblir i dag i de fleste prosjekter, da denne investeringen overføres av byggherren til leietager. For en løsning uten utvendig solavskjerming må en ha innvendig blanding inkludert i prosjektet. Dette vil derfor komme som en merkostnad anslått til 500 kr per kvm fasade. Det at byggherren dekker innvendig blanding er en fordel for leietaker. Kostnad er inkludert i Tabell 10.

#### (3) Myke verdier

##### Stabilitet leieforhold

##### *Innemiljø og produktivitet*

*Utsyn, dagslysforhold, brukerstyrt innvendig blanding, jevnere dagslys og mindre blanding virker inn på innemiljø.*

*Godt innemiljø har innvirkning på bedriftenes produktivitet og sykefravær og reduserer feil.*



## **HINNA PARK**

(Bako et al 2004 Fang et al 2004 Milton et al 2000 Pellerin, Candas 2003 Seppänen, Fisk, Lei 2006 Wargoeki et al 1999EWitterseh, Wyon, Clausen 2004 Wyon 2004).

Løsningen har lyddemping på 45db sammenlignet (referanseprosjekt har demping fasade ca. 35dB), dette vil bidra til bedre innemiljø i forhold til lyd. Brukerstyrt blanding, samt 100% glass vil gjøre at bygget med Q-Air fasaden vil ha vesentlig bedre utsynsforhold enn referanseprosjektet.

Økt kvalitet innemiljø vil kunne bidra til mere stabile leieforhold og attraktivitet i leiemarkedet.

### **Økt gulvareal**

Konsept utredningen har konkludert at økt gulvareal grunnet tynnere yttervegger ikke medfører flere arbeidsplasser, noe som ville betydd økt verdi for byggherre. Vi har tro på at økt gulvareal og dermed bedre romfølelse for leietagere likevel vil virke positivt inn på attraktivitet og stabilitet leieforhold.

## **9.2 Avtaler tillatelser samarbeidspartnere**

Publisering av materiale beskrevet i denne rapporten er godkjent av deltagerne i prosjektet.

## **9.3 Konklusjon anbefaling i prosjektet**

Det ble på ett tidlig stadiet i prosjektet vurdert at løsningen med 100% glassfasade ville være attraktiv i leiemarkedet og dermed kunne oppnå høyere markedsverdi gjennom økte leieinntekter. Utredningens perspektiv i forhold til dette var derfor å avdekke om Q-Air fasaden med 100% glass tilfredsstilte generelle TEK 10 krav i forhold til dagslys, energi og termisk komfort samt økonomi. Ved tilfredsstillelse av disse kriteriene ville Q-Air løsningen være foretrukket.



## HINNA PARK

### 9.3.1 Leietagerens opplevelse av bygget.

Følgende faktorer i utredningen berører leietagernes trivsel og opplevelse av bygget for leietagere.

#### 1) Dagslys

Q-Air fasaden tilfredsstiller krav til dagslysfaktor, og det er potensiale til å optimalisere dagslys ytterligere ved å endre G-Verdi på de ulike fasadene.

Med vindushøyden langs fasaden vil man sannsynligvis med lavere lystransmisjoner enn det vi har simulert (for de mest solutsatte fasadene), kunne tilfredsstille kravet til gjennomsnittlig dagslysfaktor i både TEK og BREEAM.

#### 2) Glare

Q-Air fasaden gir jevnere dagslys og mindre bledning enn referanseprosjektet.

Fra teori og erfaring vet vi at man med tradisjonell utvendig solavskjerming normalt har størst problemer med blending pga. dagslys når solavskjermingen går opp og det fortsatt er mye solstråling ute. Øyet kan bruke 30-40 minutter på en slik omstilling.

Utredningen har konkludert med at innvendige gardiner vil være det beste alternativet i forhold til estetikk. Minimale forskjeller i energiforbruk indikerer at innvendige gardiner kan velges uten å hensynte innvirkning på blokkering av varmetilskudd, men kun blending og estetiske parametere.

#### 3) Utsyn

Q-Air fasaden gir mere utsyn ikke bare grunnet større glassareale, men også fordi den utvendige solavskjermingen er fjernet. For referanseprosjektet vil man derimot oppleve at solavskjerming mange steder vil være nede store deler av arbeidstiden og dermed blokkere mye for både utsyn og dagslys.

Brukerstyrt bledning vil kunne bidra til å tilfredsstille ulike leietagers individuell behov i forhold til utsyn, dagslys og blending.

#### 4) Gulvareal

Grunnet redusert fasade tykkelse fra ca 50 cm til 15 cm vil Q-Air løsningen for ett kontor mot fasaden gi ca 7% større gulvareal, og dermed økt romfølelse. Arealet lar seg ikke i Ormen lange utnytte til flere arbeidsplasser

*Konseptutredningen peker i retning av at de forhold som berører leietagerens trivsel og opplevelse i bygget er godt ivaretatt med Q-Air løsningen, og at flere forhold knyttet til kvaliteter som berører trivsel/arbeidsforhold vil bli øke med Q-Air løsningen.*





## HINNA PARK

### 9.3.2 Energi

Energiberegningene viser at den totale energibesparelsen for Q-Air fasaden ligger 19% under Gullfaks og 9% under Gullfaks oppgradert til passivhus. Kalkulasjonene viser følgende resultater

- 1) Energibehovet til oppvarming for Q-air er ca. halvparten av Gullfaks sitt. I forhold til at energiprisene normalt er vesentlig høyere i vinterhalvåret er dette gunstig. Ref figur 23
- 2) Energibehov til belysning for Q-Air ligger 51,5 % under Gullfaks. Ref tabell 5
- 3) Energibehov elektrisitet total ligger 32% under Gullfaks referanseprosjekt. Ref tabell 5
- 4) Koseptutredningen peker også på faktorer som gjør at den reelle forskjellen mellom referanse prosjekt og Q-Air kan være større enn kalkulert forskjell.
  - a. Mange prosjekter sliter med å regne hjem den store besparelsen på dagslysdimming av belysningsanlegget fordi man ikke tar høyde for solavskjermingen. Forsinkelse i system utvendig solskjerming er ikke inkludert i kalkulasjon, noe som betyr at reelt kjølebehov vil være noe høyere for referanseprosjektene.
  - a. Bruk/feil bruk av utvendig solskjerming vinterhalvåret kan blokkere varmetilskudd og gi økt reelt oppvarmingsbehov, og økt slitasje

*Utredningen viser at de kalkulerte energieresultatene blir vesentlig bedre sammelignet med referanseprosjekt Gullfaks og bedre enn konvensjonell passivhus. Resultatene er interessante i forhold til effekt, da utredningen peker på flere forhold av redusert energi behov på ekstremt kalde dager som er tidpunkt da det generelle forbruket er høyt. Ytterligere potensiale kan avdekkes i detaljprosjektering gjennom optimalisering av løsning. Eventuelle forskjeller mellom reelt og kalkulert energibehov, kan ikke avdekkes før prosjektet er gjennomført.*

### 9.3.3 TEK 10

Q-air transparente moduler er egentlig vinduer, som også fungerer som yttervegger. Bruk av 100 % transparent Q-air på Ormen Lange vil kreve en dispensasjon fra §14-3.

*Dispensasjon fra § 14-3 bør være enkelt ved å vise til at  $U_{cw}$  (gjennomsnittlig  $U$ -verdi vinduer, dører og vegger over bakkenivå) eller varmetapet for bygget og energiforbruket slik det er prosjektert, er bedre enn et tradisjonelt bygg med vinduer og vegger og utvendig solavskjerming.*

### 9.3.4 Økonomi

Vi har identifisert 3 hovedområder innenfor merverdi av Q-Air løsningen i sammenligning med referanseprosjektet.

#### (1) Leieinntekter

Vurdering av Q-Air løsningen attraktivitet utfra særpreg arkitektoniske kvaliteter er vurdert til å kunne utgjøre ca 200 kr økning i leieinntekter per kvm per år. Utfra samme investerings perspektiv som referanseprosjektet vil dette kunne forsvare ca. 3771 kr i tilleggsinvesteringer for fasaden. Hvis en oppnår denne økte leieinntekten pga full glassfasade er innvestering referanseprosjekt og Q-Air sidestilt ved en fasadekostnad på 8 771kr per kvm. Prisestimat viser at kostnaden for fasaden ligger på ca 8000 kr per kvm inkludert innvendig blanding. Ved Enova støtte vil kostnaden fasade kunne falle fra ca 8000 til ca kr 6500.



## HINNA PARK

### (2) Felleskostnader

I forhold til vurdering av økonomi og fasadeløsning er vurdering av akseptable merkostnader utfra tilleggsverdi en sentral vurdering. Enkelte tilleggsverdier lar seg ikke omforme til merverdi for byggherren, men må betraktes som et potensiale som kan utnyttes i konkurranse med andre aktører. Dette er besparelser som i utgangspunktet kommer leietager til gode slik som reduserte energikostnader samt vedlikehold og reinvestering av utvendig solskjerming. Reduksjon av felleskostnader er kalkulert til ikke utnyttbar merverdi på ca. 5 millioner kr, som representerer merinvestering 565 kr per kvm fasade, og er ikke inkludert i 1) leieinntekter.

### (3) Soft values

De forhold som er beskrevet i forhold til leietagerens opplevelse av bygget er merverdi som ikke lar seg kalkulere til merverdi for byggherren opp mot kostnader, men vil kunne bety mere fornøyde leietagere, og virke inn på stabilitet leieforhold, og attraktivitet over tid.

*Investeringen for Ormen Lange øker som følge av dyrere fasadeløsning med Q-Air løsningen. Mulighet for økte leieinntekter på grunn av fullglass fasade bidrar allikevel til at kostnad for Q-Air fasaden kan bli tilsvarende eller lavere enn referanseprosjektet Gullfaks avhengig av hva vi oppnår på leieinntekt.. Reduserte felleskostnader og positive aspekter i forhold til innemiljø kan utnyttes i forhold til attraktivitet. Dette vil kunne medføre økt stabilitet utleie forhold, og kortere tid for å leie ut ledige lokaler og kan bety økt lønnsomhet over tid.*

## 10.LØSNINGEN / TEKNOLOGIENS MARKEDPOTENSIAL

### 10.1 Beskrivelse teknologiens nyhetsverdi

Ved svært lave Ug-verdier (U-verdi på kun glasset), helt ned til 0,13 W/kvMK, åpner løsningen opp for arkitektoniske løsninger med utvidet bruk av glass. Dette er et viktig innspill i en diskusjon der energieffektivisering ofte oppleves som begrensende. Ved bruk av Q-Air 6 lags glass kan man samtidig som man reduserer energiforbruket øke glass arealet for kontorbygg. Q-Air opphever skillelinjen mellom klimavegg og glass. Energigivnlige løsninger betyr ikke tykkere vegger og mindre glass, men kan isteden bety utsyn og tynnere vegger som i dette prosjektet.

### 10.2 Beskrivelse av nytte / økt verdi ved innføring av løsningen/teknologien

*Oppsummerende tabell med fordeler og ulemper med Q Air 6 lags glassløsning, sammenlignet med en konvensjonell løsning klimavegg +vindu/gassfelt*

Fordeler med Trimo elementfasade	Ulemper med Trimo elementfasade
Enkelt å overholde byggegrenser pga. en slank konstruksjon	
Økt gulvareal pga. slank konstruksjon kan gi flere arbeidsplasser.	
For Q Air fasade er forvridde refleksjoner som skyldes pumping i isolerglass eliminert. Monolittisk uttrykk.	



## HINNA PARK

Daglys: Glassareal og dermed lysåpninger kan økes, pga. god U-verdi på glass. 100% glassløsning mulig.	<b>Dagslys kan være en utfordring med løsningen. Kan gi økt behov for innvendig belysning for prosjekter med små vindusarealer.</b>
	Systemet har ikke åpningsbare vinduer, men kan løses i kombinasjon med andre systemer
Energireduksjon i forhold til konvensjonelle løsninger Ucw fra 0,45 ned mot 0,3 W/m <sup>2</sup> K. For 100% glassløsning 9-18% mindre energiforbruk sammenlignet med passiv hus.	
Primær energibehov er redusert gjennom mindre behov for kunstig belysning for 100% glassbygg.	
	Mer kostbart enn konvensjonelle systemer
Fungerer energiøkonomisk uten utvendig solavskjerming. Reduserte investerings- og driftskostnader på solavskjerming	
Løsning uten utvendig solskjerming eliminerer feilbruk av solskjerming og økt energiforbruk som følge av dette. (Solskjerming ikke nede når bygget trenger varmetilskudd)	
Ingen reinvestering eller vedlikehold av solskjerming	
Lavere reelt energiforbruk enn beregnet grunnet <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ingen feilbruk solskjerming</li> <li>- Ingen forsinkelse i forhold til soldemping (konstant G-verdi)</li> <li>- Bruk av innvendig blanding liten innvirkning enrgiresultat.</li> </ul>	
Bedre dagslys enn beregning av dagslysfaktor viser da det er ingen variasjon i lystranmisjon grunnet utvendig solskjerming (Dagslys faktor beregnes med solskjerming oppe)	Ut fra dagens beregningsmodeller kan dagslys krav være utfordrende å møte.
Nyhetsverdi kan bidra til oppmerksomhet, attraktivitet og økt markedsverdi for leieobjekter.	Innovativ løsning med liten erfaring/anvendelse
Optimalt utsyn også på solfylte dager.	
Ikke kalderas på kalde dager opp til 4 m høyde glass	
Lyddemping 45-60 db	
Ca. lik temperatur innerglass som inneluft sommer og vinter gir økt termisk komfort.	

Tabell 11 Fordeler og ulemper med Trimo-element fasade

### 10.3 Kort beskrivelse markedspotensial i Norge

Systemet vil passe svært godt til følgende bygg og i kombinasjon med følgende konstruksjonssystemer:

- Vindusarealer kontor og bolig der lav U-verdi er ønskelig
- Kontorbygg med behov for mye utsyn.
- Kontorbygg med glass fra gulv til tak
- Høye bygg der vind og støy gjør at solavskjerming ikke er ønskelig, og utsyn er prioritert
- Boligbygg der økt areal har verdi.
- Bygninger hvor reduksjon av utvendig støy er viktig
- I kombinasjon hvor primært andre fasadesystemer er valgt. For eksempel 1. etg kontorbygg der man ønsker å forbedre gjennomsnittlig U-verdi og ønsker svært god lydreduksjon. I tillegg er utvendig solavskjerming ofte ikke ønskelig av driftsmessige hensyn.
- For 1. etasjer med stor takhøyde (salgsarealer, etc.), hvor det er ønskelig med store glassarealer og kalderas kan være en utfordring. I tillegg ønskes ikke utvendig solavskjerming i slike lokaler
- Vinduer i eksisterende curtainwall systemer for å få ned U-verdien.
- Svømmehaller i forhold til å unngå innvendig kondens. Lettere vedlikehold pga redusert fare for korrosjons og muggsopp dannelse.

### 10.4 Involvering av teknologimiljøer

Hensikten med konsept utredningen er å danne grunnlag for og redusere risiko ved gjennomføringen av prosjekt Ormen Lange med beskrevet teknologi og løsning. Gjennomføringen av prosjektet vil i seg selv være viktig i forhold til demonstrasjon av design prinsipper og virkning av teknologi og løsning.

Demonstrasjon av dette gjennom ett referanseprosjekt der man utforsker teknologiens ytterpunkter gjennom en 100% glass løsning vil kunne skape diskusjon og interesse fra fagmiljøer og dermed påvirke debatt om glass som bygningsmateriale og dets bidrag i forhold energieffektive løsninger og design prinsipper for bygg i Norge og utlandet.

Konseptutredningen vil danne grunnlag gjennom beregninger og sammenligninger. Mange av de parameterne som prosjektet berører i sammenheng med energieffektivitet er knyttet til menneskelig opplevelse, som termisk komfort, dagslys og visuell komfort.

## 11. RISIKO OG RISIKODEMPENDE TILTAK

Prosjektet benytter teknologi og prinsipper som isolert sett er dokumentert og utprøvd. Prosjektet søker å sette disse parameterne sammen for optimalisering av resultatet i forhold til energi, innemiljø og termisk opplevelse. Beregninger knyttet til fasaden viser redusert energiforbruk, og utredningen peker i tillegg på faktorer som har med bruk og feilbruk av utvendig solskjerming som har innvirkning på energiforbruk.

Det er vurdert som risikabelt å dimensjonere anlegg ut fra beregninger, da konsekvens av underdimensjonering er store. Etterprøving av beregninger av laster vil derfor være viktig. Konsekvensutredningen vil sammenfatte kostnadsbildet og merverdier.



## **HINNA PARK**

Kost-nytte faktoren opp mot økte kostnader for fasaden vil påvirke valg av endelig løsning. Deler av faktorene som utredningen tallfester som tilleggsverdi er vanskelig å tallfeste som merverdi i forhold til byggherres investering. Tilleggsverdiene representerer i så måte en markedsmulighet til utnyttelse, og er dermed avhengig av positiv markedsrespons kommunikasjon for å bli en merverdi for prosjektet og byggherren. Ved igangsetting av prosjektet bør det derfor utarbeides en marked og kommunikasjonsstrategi for at prosjektet best mulig skal kunne utnytte potensialet som ligger i tilleggsverdier.

## **12. PROSJEKTØKONOMI FOR KONSEPTUTREDNINGEN**

Utredningens økonomisk rammer ble endret fra 1,9 mill kr til 0,65 mill kr.

Vi har fokusert på å jobbe spisset og målrettet for å få de svar byggherre trenger for å gi anbefaling til styret om å gå videre med glassfasade, evt hvor stor del av bygget eller anbefale å ikke bruke fasade. Vi låste derfor forutsetninger og begrensninger som skulle legges til grunn.

Vi besluttet å ikke jobbe med avklaringer som skal gjøres i detaljprosjektering.

Viktig å vurdere optimal glasskvalitet i forhold til dagslys og varme, og hvordan dette igjen påvirker energiberegninger.

I tillegg fokus på fasadedetaljer og oppbygning. Se på mulighet og begrensninger; skillevegg møter fasade, utskiftning / reklamasjon, dogg på glass, annet? Økonomi!

Konsekvens arealeffektive lokaler pga tynnere vegger.

Vurderer optimal innvendig solavskjerming

Konsekvenser med full glassfasade med tanke på markedet.

Forutsetninger:

Byggets ytre rammer låst iht rammetillatelse. Beregninger gjøres ut fra dette.

Teknisk anlegg: benytte verdier iht nylig levert kontorbygg energiklasse A og BREEAM NOR Excellent.

Vi har definert optimalisering av 100% glassfasade og å skape oppmerksomhet rundt teknologi og løsning å tilhøre neste fase.

## **13. VEDLEGG**