

SBF BY A07005

RAPPORT

Nye energikrav; muligheter for glassgårder og glassfasader

Marit Thyholt
Bjørn Strandholmen

www.sintef.no

SINTEF Byggforsk

Mars 2007





SINTEF Byggforsk
Arkitektur og byggteknikk

Postadresse: 7465 Trondheim
Besøk: Alfred Getz vei 3
Telefon: 40 00 67 22
Telefaks: 73 59 82 85

Foretaksregisteret: NO 948 007 029 MVA

SINTEF RAPPORT

TITTEL

Nye energikrav; muligheter for glassgårder og glassfasader.

FORFATTER(E)

Marit Thyholt, Bjørn Strandholmen

OPPDRAGSGIVER(E)

Glassbransjeforbundet i Norge

RAPPORTNR. SBF BY A07005	GRADERING Åpen	OPPDRAGSGIVERS REF. Sverre Tangen	
GRADER. DENNE SIDE	ISBN 978-82-536-0943-0	PROSJEKTNR. 3B0014.02	ANTALL SIDER OG BILAG 14 sider
ELEKTRONISK ARKIVKODE Document1		PROSJEKTLEDER (NAVN, SIGN.) Marit Thyholt	VERIFISERT AV (NAVN, SIGN.) Tore Wigenstad
ARKIVKODE	DATO 2006-03-21	GODKJENT AV (NAVN, STILLING, SIGN.) Siri Hunnes Blakstad, Forskningsjef	

SAMMENDRAG

Det er i forbindelse med utarbeidelsen av nye energikrav ikke foretatt noen konsekvensutredning med tanke på muligheten for fortsatt å kunne bygge glassgårder, forutsatt fulloppvarmet, samt større glassfasader. I denne rapporten gis noen eksempler på muligheten for utstrakt bruk av glass i kontorbygg innenfor rammene av de nye energikravene i tekniske forskrifter.

For store glassgårder/glassgater, hvor oppvarmet luftvolum er relativt høyt i forhold til bruksarealet, vil U-verdien og areal for vinduer og glassarealer måtte holdes på et nokså tilsvarende nivå som kravnivået i henhold til § 8-21 a. En større andel av taket i store glassgårder bør også bygges som tett tak. I tillegg bør det benyttes mer effektiv varmegjenvinning sammenlignet med kravnivået. Dette er resultater basert på relativt høy grad av infiltrasjon i glassgården. Dersom det forutsettes at gjennomsnittlig infiltrasjon for hele bygningskomplekset, dvs glassgård og tilleggende kontorarealer, tilsvarer minstekravet i TEK-07 (energitiltaksmodellen), gis det rom for høyere U-verdier for vinduer og glassfelt, samt at en større andel av taket i glassgården kan utføres i glass. For mindre glassgårder/atrium vil det være vesentlig enklere å tilfredsstillende forskriftskravet.

Utstrakt bruk av vinduer og glassfasader vil kunne være mulig ved å kompensere økt energibehov ved økning av temperaturvirkningsgraden for varmegjenvinnere i ventilasjonsanlegg fra 70 til 80 %. Ved slik omfordeling av varmetapsposter innenfor forskriftens rammenivå vil alle fasader for et kontorbygg som beskrevet i denne analysen i prinsippet kunne utføres i glass, forutsatt at gjennomsnittlig U-verdi for vinduer og glassfelt ikke er høyere enn 1,1 W/m²K.

Resultatene fra analysene gjelder dersom det kan dokumenteres at tilfredsstillende inneklimate kan oppnås uten bruk av lokal mekanisk kjøling. Resultatene fra beregningseksemplene må betraktes som veiledende mht hvilke muligheter som finnes når det gjelder bruk av glass innenfor rammene gitt av nye forskriftskrav. Annen bygningsutforming, andre luftmengder osv vil kunne gi andre resultater.

Konsekvensen for brannventilasjonsprodukter og nye krav i TEK-07 slik SINTEF Byggforsk ser det er at få om ingen slike produkter i dag tilfredsstillende en U-verdi på 1,2 W/m²K. Økt snølast på taket vil tilsa økt snølast på brannventilasjonslukene. Egenskapen åpning med snølast og funksjon ved lave temperaturer skal være ivarettatt i typedeklarereringen etter gjeldende NS-EN. Dette må man kontrollere ved kjøp av produktet for å avgjøre om det er egnet for bruk i Norge.

STIKKORD	NORSK	ENGELSK
GRUPPE 1	Energi	Energy
GRUPPE 2	Forskrifter	Regulations
EGENVALGTE	Glassgårder	Atria
	Brannventilasjon	Fire ventilation

INNHold

1	Innledning og målsetning	3
2	Metode og forutsetninger	3
3	Bygningsmodeller.....	4
3.1	Kontorbygning med glassgård/glassgate.....	4
3.2	Kontorbygning med atrium.....	8
3.3	Kontorbygning med glassfasader	11
4	Brannventilasjon.....	13
5	Konklusjon og diskusjon.....	14

1 Innledning og målsetning

Den 1. februar 2007 ble det innført nye tekniske forskrifter, som har en overgangsordning på to og et halvt år. I de nye tekniske forskriftene er kravet til bygningers energieffektivitet vesentlig skjerpet sammenlignet med kravene i tekniske forskrifter fra 1997. Nye forskrifter krever at gjennomsnittlig U-verdi for dører, vinduer og glassfelt ikke skal være høyere¹ enn $1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ når det dokumenteres etter TEK-07 § 8-21 a (energitiltaksmetoden). Regelen om at vinduer, dører og glassfelt (i fasader og tak) maksimalt skal utgjøre 20 % av oppvarmet bruksareal, gjelder fortsatt.

Det er i forbindelse med utarbeidelsen av nye energikrav ikke foretatt noen konsekvensutredning med tanke på muligheten for fortsatt å kunne bygge glassgårder, forutsatt fulloppvarmet, samt større glassfasader. I denne rapporten gis noen eksempler på i hvilken grad dette er mulig innenfor rammene gitt av de nye energikravene.

I rapporten gis også en vurdering av brannventilasjonslukers produktenskaper med hensyn til snølast og funksjon ved lave temperaturer.

Rapporten er utarbeidet på oppdrag fra Glassbransjeforbundet i Norge.

2 Metode og forutsetninger

Som grunnlag for analysen er det forutsatt tre bygningsmodeller; kontorbygning med gjennomgående glassgate i midten, kontorbygning med atrium, og kontorbygning med en stor glassfasade. I nye tekniske forskrifter kan bygningers energieffektivitet dokumenteres på følgende måte:

1. Ved bruk av metoden ”Energitiltak”, etter § 8-21, bokstav a). Metoden innebærer å tilfredsstillende en liste med krav, som U-verdier, lufttetthet, temperaturvirkningsgrad for varmegjenvinner i ventilasjonsanlegg, osv. En viss grad av omfordeling mellom disse kravnivåene er tillatt.
2. Ved bruk av metoden ”Samlet netto energibehov” (energirammemetoden) etter § 8-21, bokstav b). Her foretas energiberegninger etter gitte regler, og beregnet energibehov skal ikke overstige rammer gitt i forskriften.

Analysen beskrevet i denne rapporten er basert på metoden ”Energitiltak”. Dokumentasjon etter denne metoden foretas ved å beregne varmetransportkoeffisienten og varmetapstallet etter metode gitt i utkast til NS 3031². Ved dokumentasjon etter denne metoden skal det også dokumenteres at tilfredsstillende inneklimate oppnås uten bruk av lokal mekanisk kjøling. Dette vil for kontorbygg normalt kreve en dynamisk energiberegning. Slike beregninger er ikke utført i analysene beskrevet i denne rapporten. For at resultatene fra disse analysene skal være representative for den type bygg som beskrives her, forutsettes det imidlertid at tilfredsstillende inneklimate kan dokumenteres.

U-verdier for vinduer, glassfasader og glasstak benyttet i analysen er satt av Glassbransjeforbundet. Det er her ikke gjort noen vurdering av hvordan bruk av dokumentasjonsmetoden etter energirammemetoden vil kunne påvirke resultatene. Nye tekniske forskrifter blir i denne rapporten benevnt som ”TEK-07”.

¹ Ved omfordeling mellom energitiltak kan U-verdien for vinduer, dører og glassfelt være høyere, men det må da kompenseres med energireduserende tiltak. Tilsvarende gjelder dersom det benyttes et samlet areal for dører, vinduer og glassfelt som utgjør mer enn 20 % av oppvarmet gulvareal.

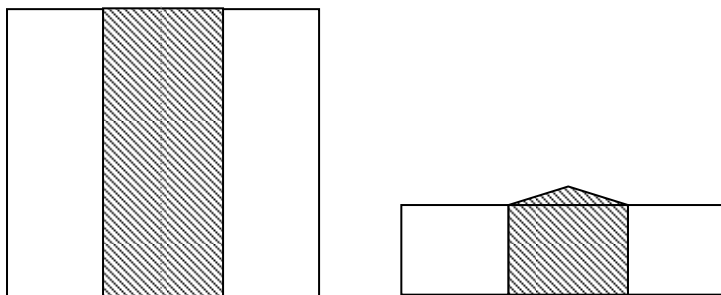
² NS 3031 ”Beregning av bygningers energiytelse. Metode og data”. Vil foreligge fra sommeren/høsten 2007.

3 Bygningsmodeller

3.1 Kontorbygning med glassgård/glassgate

Utvendige mål for bygningen er 40 m x 40 m. For glassgården, som er utformet som en gate gjennom bygningen, er bredden satt lik 15 meter. Det er forutsatt tre etasjer i kontorbygningen med en netto etasjehøyde på 2,7 meter. Totalt oppvarmet gulvareal i kontorbygningen utgjør 3000 m². Gulvarealet i glassgården utgjør 600 m², og totalt oppvarmet gulvareal i hele bygningen utgjør dermed 3600 m². Volumet i kontorbygningen utgjør 8100 m³, og i glassgården 6440 m³. Taket i glassgården er forutsatt røstet med en vinkel på 20 grader.

For kontorbygningen utgjør vindusarealet 30 % av fasadearealet. Dette tilsvarer 12,5 % av oppvarmet gulvareal i kontorbygningen. I tillegg til vinduene og glassarealene i fasadene vil også glassfelt og åpninger mellom kontorbygningen og glassgården bidra med dagslys inn til kontorarealene. Samlet vindus- og glassareal i utvendige fasader og tak utgjør 37 % av oppvarmet gulvareal. Med samlet vindus- og glassareal menes arealer for glass, karmen, rammer samt metallprofiler i glassfasader og glasstak.



Figur 1 Kontorbygning med gjennomgående glassgate

Gjennomsnittlig ventilasjonsluftmengde i bygningskomplekset utgjør i løpet av døgnet 5,5 m³/m²h. Det er da i utgangspunktet forutsatt 10 m³/m²h i driftstiden (60 timer per uke) og 3 m³/m²h utenfor driftstiden (108 timer per uke). Dette er tilsvarende luftmengder som ligger til grunn for energirammene gitt i TEK-07 § 8-21 bokstav b). For ventilasjonen i glassgården er det imidlertid gjort fradrag for luftskiftet pga infiltrasjon, som er satt lik 0,4 luftvekslinger per time, se neste avsnitt.

For hele bygningskomplekset skal lekkasjetallet (infiltrasjon) ikke være høyere enn 1,5 (luftvekslinger per time ved 50 Pa trykkdifferanse), som tilsvarer 0,1 luftvekslinger per time for bygninger med moderat skjerming og kun én utsatt fasade. Dette er i henhold til kravet i TEK-07, § 8-21, bokstav a). For kontorbygningen er det forutsatt at luftskiftet pga infiltrasjon utgjør 0,1 luftvekslinger per time. I en glassgård kan infiltrasjonen være høyere. For glassgårdene i Elektrobygget på Gløshaugen (NTNU) i Trondheim (ferdigstilt i 1988), er infiltrasjonen målt til 0,5 luftvekslinger per time³. I nye glassgårder vil lufttettheten kunne være vesentlig lavere. Omfanget av glass i glassgården vil også ha betydning for infiltrasjonen. I dette eksempelet er det i utgangspunktet forutsatt at infiltrasjonen i den store glassgården utgjør 0,4 luftvekslinger per time. Det er imidlertid sett på hvordan en gjennomsnittlig infiltrasjon på 0,1 luftvekslinger per time for hele bygningskomplekset vil påvirke resultatene.

For glasstaket er det forutsatt en gjennomsnittlig U-verdi lik 1,9 W/m²K. Det er da tatt hensyn til økt konveksjon i hulrom som følge av skråstilte glass. For glassfasader er U-verdien forutsatt lik 1,5 W/m²K. Glassflatene består av tolags glass med ett lavemitterende belegg og argon i hulrommet, isolert avstandslist mellom glassene samt profiler i aluminium. U-verdiene er noe lavere (altså bedre) enn for de løsningene

³ "Energibruk og termisk klima i bygg med glassgård. Undersøkelse ved UNIT-NTH-ELA. Sluttrapport". SINTEF-rapport STF62 A92011

som er vanlig å benytte i dag. For øvrige vinduer i kontorbygningen er det forutsatt bruk av aluminiumsvinduer, med samme rutetype som for glassfasader og glasstak. Gjennomsnittlig U-verdi for vinduene er satt lik 1,6 W/m²K.

U-verdier for yttervegger, tak og gulv samt kuldebroer er forutsatt å være i henhold til TEK-07 § 8-21 bokstav a).

I Tabell 1 er varmetapsrammen for bygningskomplekset vist. Varmetapsrammen er gitt ved varmetransportkoeffisienten eller varmetapstallet beregnet etter regler gitt i NS 3031. I varmetapsrammen utgjør andelen vinduer og glassarealer samlet 20 % av oppvarmet gulvareal i bygningskomplekset. I henhold til TEK-07 § 8-21 bokstav a) er årsmidlere temperaturvirkningsgrad for varmegjenvinner i ventilasjonsanlegget satt lik 70 %. Luftskiftet pga infiltrasjon er basert på et gjennomsnittlig lekkasjetall på 1,5 (luftskifter per time ved 50 Pa). U-verdier er i henhold til TEK-07, § 8-21, bokstav a).

Tabell 1 Varmetapsrammen for kontorbygning og glassgård i henhold til TEK 07

Varmetapsrammen for kontorbygning og glassgård i henhold til TEK 07	Areal (m ²)	U-verdi (W/m ² K)	U x A (W/K)	Luftmengde, L (m ³ /h)	Virkningsgrad varmegjenvinner η (%)	Lx (1- η) x 0,33 (W/K)	Rammekrav (varmetap) (W/K)
Vinduer (20 % av 3600 m ²)	720	1,2	864				
Yttervegger	819	0,18	147				
Tak i glassgård, tett tak	640	0,13	83				
Gulv	1600	0,15	240				
Tak i kontorbygning	1000	0,13	130				
Kuldebroer (per m ² BRA)	3600	0,06	216				
Sum U x A			1680				1680
Infiltrasjon i kontorbygning				810	-	267	
Infiltrasjon i glassgård				644	-	212	
Snitt ventilasjon i kontorbygg				16.500	70	1634	
Snitt ventilasjon i glassgård				2.656	70	263	
Sum varmetap pga ventilasjon og infiltrasjon						2376	2376
Varmetransportkoeffisienten							4056
Varmetapstallet (varmetransportkoeffisienten dividert på oppvarmet bruksareal) W/m ² K							1,13

Fra Tabell 1 fremkommer det at varmetapsrammen utgjør 4056 W/K, eller 1,13 W/m²K.

Fra Tabell 2 fremkommer varmetapet for det samme bygget forutsatt U-verdier, vindus- og glassarealer og infiltrasjon som beskrevet over.

Tabell 2 Varmetapet for bygningskomplekset (uten kompenserende tiltak)

Varmetapet for kontorbygning og glassgård	Areal (m ²)	U-verdi (W/m ² K)	U x A (W/K)	Luftmengde, L (m ³ /h)	Virkningsgrad varmegjenvinner η (%)	Lx (1-η) x 0,33 (W/K)	Sum varmetap (W/K)
Yttervegger i kontorbygg	845	0,18	152				
Vinduer kontorbygg	372	1,6	595				
Glassfasade i glassgård	322	1,5	483				
Glasstak i glassgård	640	1,9	1216				
Gulv	1600	0,15	240				
Tak i kontorbygning	1000	0,13	130				
Kuldebroer (per m ² BRA)	3600	0,06	216				
Sum U x A			3032				3032
Infiltrasjon i kontorbygning				810	-	267	
Infiltrasjon i glassgård				2.576	-	850	
Snitt ventilasjon i kontorbygg				16.500	70	1634	
Snitt ventilasjon i glassgård				1.223	70	121	
Sum varmetap pga ventilasjon og infiltrasjon						2872	2872
Varmetransportkoeffisienten							5904
Varmetapstallet (varmetransportkoeffisienten dividert på oppvarmet bruksareal) W/m ² K							1,64

Varmetapet øker med 1848 W/K som følge av økt vindus- og glassareal, høyere U-verdi for disse arealene og relativt høy infiltrasjon i glassgården. Denne økningen må kompenseres med redusert varmetap ved å gjennomføre energibesparende tiltak.

I Tabell 3 fremkommer effekten av å øke temperaturvirkningsgraden for varmegjenvinner fra 70 til 80 %, noe som i praksis innebærer bruk av roterende varmegjenvinner.

Tabell 3 Varmetapet for bygningskomplekset, med økt temperaturvirkningsgrad for varmegjenvinner

Varmetapet for kontorbygning og glassgård	Areal (m ²)	U-verdi (W/m ² K)	U x A (W/K)	Luftmengde, L (m ³ /h)	Virkningsgrad varmegjenvinner η (%)	Lx (1-η) x 0,33 (W/K)	Sum varmetap (W/K)
Yttervegger i kontorbygg	845	0,18	152				
Vinduer kontorbygg	372	1,6	595				
Glassfasade i glassgård	322	1,5	483				
Glasstak i glassgård	640	1,9	1216				
Gulv	1600	0,15	240				
Tak i kontorbygning	1000	0,13	130				
Kuldebroer (per m ² BRA)	3600	0,06	216				
Sum U x A			3032				3032
Infiltrasjon i kontorbygning				810	-	267	
Infiltrasjon i glassgård				2.576	-	850	
Snitt ventilasjon i kontorbygg				16.500	80	1089	
Snitt ventilasjon i glassgård				1223	80	81	
Sum varmetap pga ventilasjon og infiltrasjon						2287	2287
Varmetransportkoeffisienten							5319
Varmetapstallet (varmetransportkoeffisienten dividert på oppvarmet bruksareal) W/m ² K							1,48

Økt temperaturvirkningsgrad for varmegjenvinner reduserer varmetapet med 585 W/K, men tiltaket er ikke tilstrekkelig for å komme under varmetapsrammen. Fra Tabell 3 ser man at det vil være effektivt å redusere varmetapet gjennom taket i glassgården. Det ses derfor på effekten av å utføre en større del av taket i glassgården som tett tak, dvs 80 % av takflaten, og i henhold til kravene i TEK-07 § 8-21 bokstav a ($U_{\text{tak}}=0,13 \text{ W/m}^2\text{K}$). Beregnet varmetap med denne løsningen er vist i Tabell 4.

Tabell 4 Varmetapet ved høyere temperaturvirkningsgrad på varmegjenvinner og 80 % at taket i glassgården som tett tak

Varmetapet for kontorbygning og glassgård	Areal (m ²)	U-verdi (W/m ² K)	U x A (W/K)	Luftmengde, L (m ³ /h)	Virkningsgrad varmegjenvinner η (%)	Lx (1- η) x 0,33 (W/K)	Sum varmetap (W/K)
Yttervegger i kontorbygg	845	0,18	152				
Vinduer kontorbygg	372	1,6	595				
Glassfasade i glassgård	322	1,5	483				
Glasstak i glassgård	128	1,9	243				
Tett tak i glassgård	512	0,13	67				
Gulv	1600	0,15	240				
Tak i kontorbygning	1000	0,13	130				
Kuldebroer (per m ² BRA)	3600	0,06	216				
Sum U x A			2126				2126
Infiltrasjon i kontorbygning				810	-	267	
Infiltrasjon i glassgård				2.576	-	850	
Snitt ventilasjon i kontorbygg				16.500	80	1089	
Snitt ventilasjon i glassgård				1223	80	81	
Sum varmetap pga ventilasjon og infiltrasjon						2287	2287
Varmetransportkoeffisienten							4413
Varmetapstallet (varmetransportkoeffisienten dividert på oppvarmet bruksareal) W/m ² K							1,23

Fra Tabell 4 fremkommer det at tiltakene økt temperaturvirkningsgrad og delvis tett tak i glassgården heller ikke er tilstrekkelig for å tilfredsstille forskriften etter TEK-07 § 8-21 bokstav a). For videre reduksjon av varmetapet er det mest å hente ved å redusere varmetapet gjennom vinduer og glassfelt.

Fra Tabell 5 fremkommer det at gjennomsnittlig U-verdi for alle vinduer og glassfelt må være høyst 1,2 W/m²K (1,17 W/m²K) for at forskriftskravet skal være tilfredsstilt. Denne U-verdien tilsvarekravet til dører, vinduer og glassfelt i henhold til TEK-07 § 8-21 bokstav a). Totalt vindus- og glassareal utgjør nå 23 % av samlet oppvarmet gulvareal.

Tabell 5 Varmetapet ved høyere temperaturvirkningsgrad på varmegjenvinner, 80 % tett areal i tak i glassgård, og redusert U-verdi for vinduer og glassfelt

Varmetapet for kontorbygning og glassgård	Areal (m ²)	U-verdi (W/m ² K)	U x A (W/K)	Luftmengde, L (m ³ /h)	Virkningsgrad varmegjenvinner η (%)	Lx (1- η) x 0,33 (W/K)	Sum varmetap (W/K)
Yttervegger i kontorbygg	845	0,18	152				
Tett tak i glassgård	512	0,13	67				
Vinduer og glassfelt, samlet areal, gjennomsnittlig U-verdi	822	1,17	961				
Gulv	1600	0,15	240				
Tak i kontorbygning	1000	0,13	130				
Kuldebroer (per m ² BRA)	3600	0,06	216				
Sum U x A			1766				1766
Infiltrasjon i kontorbygning				810	-	267	
Infiltrasjon i glassgård				2.576	-	850	
Snitt ventilasjon i kontorbygg				16.500	80	1089	
Snitt ventilasjon i glassgård				1.223	80	81	
Sum varmetap pga ventilasjon og infiltrasjon						2287	2287
Varmetransportkoeffisienten							4053
Varmetapstallet (varmetransportkoeffisienten dividert på oppvarmet bruksareal) W/m ² K							1,13

Bedre lufttetthet i glassgården

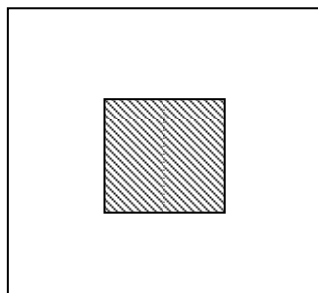
Dersom kravene til lufttetthet i TEK-07 forutsettes tilfredsstillt, innebærer dette en infiltrasjon i størrelsesorden 0,10 luftskifter per time. Forutsatt denne lufttettheten vil forskriftskravet oppnås med:

- U-verdier som opprinnelig forutsatt for vinduer og glassfelt
- 65 % tett tak i glassgården

3.2 Kontorbygning med atrium

For den andre bygningsmodellen med glassgård, er det forutsatt at glassgården utgjør et atrium i bygningens kjerne. Dybde og bredde på glassgården er satt lik 15 m. Bygningskomplekset er ellers utformet tilsvarende som bygningen med gjennomgående glassgate.

Totalt oppvarmet gulvareal i kontorbygningen utgjør 4.125 m², og i glassgården 225 m². Totalt oppvarmet gulvareal i hele bygningen utgjør dermed 4.350 m². Volumet i kontorbygningen utgjør 11.138 m³, og i glassgården 2.413 m³.



Figur 2 Kontorbygning med atrium

Også for denne kontorbygningen utgjør vindusarealet i kontorbygningen 30 % av fasadearealet for bygningen. I tillegg til vinduene i fasadene vil også glassfelt og åpninger mellom kontorbygningen og glassgården bidra med dagslys inn til kontorarealene. Med denne utformingen av bygningskomplekset, utgjør samlet vindus- og glassareal i bygningskomplekset ikke mer enn 17 % av totalt oppvarmet bruksareal.

U-verdier for yttervegger, tak og gulv samt kuldebroer er forutsatt å være i henhold til TEK-07 § 8-21 bokstav a).

Luftmengder grunnet ventilasjon og infiltrasjon beregnes på tilsvarende måte som for bygningen med gjennomgående glassgate. I atrium er glassflatene vesentlig mindre enn i store glassgater. Infiltrasjonen i atrium kan derfor også antas å være lavere. I dette eksempelet er infiltrasjonen satt lik 0,2 luftvekslinger per time. Det er samtidig vurdert hvordan en gjennomsnittlig infiltrasjon på 0,1 luftvekslinger per time for hele bygningskomplekset vil påvirke resultatene.

I Tabell 6 er varmetapsrammen for bygningskomplekset vist. I varmetapsrammen utgjør andelen vinduer og glassfelt samlet 20 % av oppvarmet gulvareal i bygningskomplekset. I henhold til TEK -07 § 8-21 bokstav a) er årsmidlere temperaturvirkningsgrad for varmegjenvinner i ventilasjonsanlegget satt lik 70 %. Luftskiftet pga infiltrasjon er basert på et gjennomsnittlig lekkasjetall på 1,5 (luftskifter per time ved 50 Pa), som gir en infiltrasjon på 0,1 luftskifter per time. U-verdier er i henhold til TEK 07, § 8-21, bokstav a).

Tabell 6 Varmetapsrammen for kontorbygning og glassgård/atrium i henhold til TEK-07

Varmetapsrammen for kontorbygning og glassgård i henhold til TEK-07	Areal (m ²)	U-verdi (W/m ² K)	U x A (W/K)	Luftmengde, L (m ³ /h)	Virkningsgrad varmegjenvinner η (%)	Lx (1- η) x 0,33 (W/K)	Rammekrav (varmetap) (W/K)
Vinduer (20 % av 4350 m ²)	870	1,2	1044				
Yttervegger	667	0,18	120				
Tak i glassgård	240	0,13	31				
Gulv	1600	0,15	240				
Tak i kontorbygning	1375	0,13	179				
Kuldebroer (per m ² BRA)	4350	0,06	261				
Sum U x A			1875				1875
Infiltrasjon i kontorbygning				1114	-	368	
Infiltrasjon i glassgård				241	-	80	
Snitt ventilasjon i kontorbygg				22.688	70	2246	
Snitt ventilasjon i glassgård				996	70	99	
Sum varmetap pga ventilasjon og infiltrasjon						2792	2792
Varmetransportkoeffisienten							4667
Varmetapstallet (varmetransportkoeffisienten dividert på oppvarmet bruksareal) W/m ² K							1,07

Fra Tabell 6 fremkommer det at varmetapsrammen utgjør 4667 W/K, eller 1,07 W/m²K. Fra Tabell 7 fremkommer varmetapet for det samme bygget forutsatt U-verdier, vindus- og glassarealer og infiltrasjon som beskrevet over.

Tabell 7 Varmetap for bygningskomplekset (uten kompensierende tiltak)

Varmetap for kontorbygning og glassgård	Areal (m ²)	U-verdi (W/m ² K)	U x A (W/K)	Luftmengde, L (m ³ /h)	Virkningsgrad varmegjenvinner η (%)	Lx (1- η) x 0,33 (W/K)	Sum varmetap (W/K)
Yttervegger i kontorbygg	1047	0,18	188				
Vinduer kontorbygg	449	1,6	718				
Glassfasade i glassgård	41	1,5	62				
Glasstak i glassgård	240	1,9	456				
Gulv	1600	0,15	240				
Tak i kontorbygning	1375	0,13	179				
Kuldebroer (per m ² BRA)	4350	0,06	261				
Sum U x A			2104				2104
Infiltrasjon i kontorbygning				1114	-	368	
Infiltrasjon i glassgård				483	-	159	
Snitt ventilasjon i kontorbygg				22.688	70	2246	
Snitt ventilasjon i glassgård				755	70	75	
Sum varmetap pga ventilasjon og infiltrasjon						2848	2848
Varmetransportkoeffisienten							4952
Varmetapstallet (varmetransportkoeffisienten dividert på oppvarmet bruksareal) W/m ² K							1,14

Varmetapet øker med 285 W/K som følge av høyere U-verdi for vinduer og glassfelt og noe høyere infiltrasjon sammenlignet med kravene i TEK-07. Denne økningen må kompenseres med redusert varmetap ved å gjennomføre energibesparende tiltak. I Tabell 8 fremkommer effekten av å øke temperaturvirkningsgraden for varmegjenvinner fra 70 til 80 %, noe som i praksis innebærer bruk av roterende varmegjenvinner.

Tabell 8 Varmetap for bygningskomplekset med økt temperaturvirkningsgrad for varmegjenvinner

Varmetap for kontorbygning og glassgård	Areal (m ²)	U-verdi (W/m ² K)	U x A (W/K)	Luftmengde, L (m ³ /h)	Virkningsgrad varmegjenvinner η (%)	Lx (1- η) x 0,33 (W/K)	Sum varmetap (W/K)
Yttervegger i kontorbygg	1047	0,18	188				
Vinduer kontorbygg	449	1,6	718				
Glassfasade i glassgård	41	1,5	62				
Glasstak i glassgård	240	1,9	456				
Gulv	1600	0,15	240				
Tak i kontorbygning	1375	0,13	179				
Kuldebroer (per m ² BRA)	4350	0,06	261				
Sum U x A			2104				2104
Infiltrasjon i kontorbygning				1114	-	368	
Infiltrasjon i glassgård				483	-	159	
Snitt ventilasjon i kontorbygg				22.688	80	1497	
Snitt ventilasjon i glassgård				755	80	50	
Sum varmetap pga ventilasjon og infiltrasjon						2074	2074
Varmetransportkoeffisienten							4178
Varmetapstallet (varmetransportkoeffisienten dividert på oppvarmet bruksareal) W/m ² K							0,96

Fra Tabell 8 fremkommer det at økt temperaturvirkningsgrad på varmegjenvinner mer enn kompensere for det økte varmetapet som følge av høyere U-verdier og infiltrasjon i glassgården. Dette gir rom for å øke vindusarealet i fasadene med 341 m² (8 % av oppvarmet gulvareal), dersom dette skulle være ønskelig, eksempelvis i inngangspartier, kantiner osv. Samlet vindus- og glassareal vil nå utgjøre 35 % av samlet oppvarmet gulvareal. Beregning av varmetapet ved økt vindusareal er vist i Tabell 9.

Tabell 9 Varmetap for bygningskomplekset med økt temperaturvirkningsgrad for varmegjenvinner og større vindusareal

Varmetap for kontorbygning og glassgård	Areal (m ²)	U-verdi (W/m ² K)	U x A (W/K)	Luftmengde, L (m ³ /h)	Virkningsgrad varmegjenvinner η (%)	Lx (1- η) x 0,33 (W/K)	Sum varmetap (W/K)
Yttervegger i kontorbygg	706	0,18	127				
Vinduer kontorbygg	790	1,6	1264				
Glassfasade i glassgård	41	1,5	62				
Glasstak i glassgård	240	1,9	456				
Gulv	1600	0,15	240				
Tak i kontorbygning	1375	0,13	179				
Kuldebroer (per m ² BRA)	4350	0,06	261				
Sum U x A			2589				2589
Infiltrasjon i kontorbygning				1114	-	368	
Infiltrasjon i glassgård				483	-	159	
Snitt ventilasjon i kontorbygg				22.688	80	1497	
Snitt ventilasjon i glassgård				755	80	50	
Sum varmetap pga ventilasjon og infiltrasjon						2074	2074
Varmetransportkoeffisienten							4663
Varmetapstallet (varmetransportkoeffisienten dividert på oppvarmet bruksareal) W/m ² K							1,07

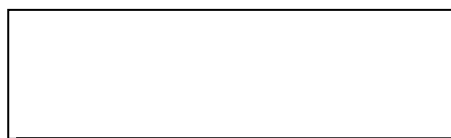
Bedre lufttetthet i glassgården

Ved en infiltrasjon på 0,1 luftvekslinger per time også i glassgården vil varmetapet reduseres med 64 W/K. Denne reduksjonen tilsvarer en økning av vindusarealet, forutsatt U-verdi lik 1,6 W/m²K, på 40 m².

3.3 Kontorbygning med glassfasader

For kontorbygning med store glassfasader utgjør grunnflaten 20 x 60 m². Totalt oppvarmet areal i bygningsmodellen utgjør 3600 m², fordelt på tre etasjer, hver med netto romhøyde på 2,7 meter. Innvendig volum for bygningen utgjør 9720 m³. Bygningsmodellen er illustrert i Figur 3.

Det er forutsatt at én langfasade og én kortfasade er utført i glass. For de øvrige fasadene er det forutsatt at vindusarealet utgjør 30 % av fasadearealet. Samlet vindus- og glassareal utgjør 27 % av totalt oppvarmet bruksareal. U-verdier for yttervegger, tak og gulv samt kuldebroer er forutsatt å være i henhold til TEK-07 § 8-21 bokstav a).



Figur 3 Bygningsmodell for kontorbygning med glassfasader

Gjennomsnittlig ventilasjonsluftmengde i løpet av døgnet utgjør 5,5 m³/m²h. Det er da forutsatt 10 m³/m²h i driftstiden (60 timer per uke) og 3 m³/m²h utenfor driftstiden (108 timer per uke). Infiltrasjonen er satt lik 0,1 luftskifter per time, som tilsvarer et lekkasjetall på 1,5 (luftskifter per time ved 50 Pa mellom inne og ute).

I Tabell 10 er varmetapsrammen for bygningskomplekset vist. I varmetapsrammen utgjør andelen vinduer og glassfelt samlet 20 % av oppvarmet gulvareal i bygningskomplekset. I henhold til TEK -07 § 8-21 a er årsmidlere temperaturvirkningsgrad for varmegjenvinner i ventilasjonsanlegget satt lik 70 %. U-verdier er også i henhold til TEK-07, § 8-21 a.

Tabell 10 Varmetapsrammen for kontorbygningen i henhold til TEK-07

Varmetapsramme for kontorbygning med store glassfasader i henhold til TEK-07	Areal (m ²)	U-verdi (W/m ² K)	U x A (W/K)	Luftmengde, L (m ³ /h)	Virkningsgrad varmegjenvinner η (%)	Lx (1- η) x 0,33 (W/K)	Rammekrav (varmetap) (W/K)
Vinduer (20 % av 3600 m ²)	720	1,2	864				
Yttervegger	776	0,18	140				
Gulv	1200	0,15	180				
Tak	1200	0,13	156				
Kuldebroer (per m ² BRA)	3600	0,06	216				
Sum U x A			1556				1556
Infiltrasjon				972	-	321	
Snitt ventilasjon				19.800	70	1960	
Sum varmetap pga ventilasjon og infiltrasjon						2281	2281
Varmetransportkoeffisienten							3837
Varmetapstallet (varmetransportkoeffisienten dividert på oppvarmet bruksareal) W/m ² K							1,07

Fra Tabell 10 fremkommer det at varmetapsrammen utgjør 3837 W/K, eller 1,07 W/m²K. Fra Tabell 11 fremkommer varmetapet for det samme bygget forutsatt U-verdier, vindus- og glassarealer og luftmengder som beskrevet over.

Tabell 11 Varmetap for kontorbygningen (uten kompenserende tiltak)

Varmetap for kontorbygning og glassgård	Areal (m ²)	U-verdi (W/m ² K)	U x A (W/K)	Luftmengde, L (m ³ /h)	Virkningsgrad gjenvinner η (%)	Lx (1- η) x 0,33 (W/K)	Sum varmetap (W/K)
Vinduer	224	1,6	358				
Glassfasader	748	1,5	1122				
Yttervegger	524	0,18	94				
Gulv	1200	0,15	180				
Tak	1200	0,13	156				
Kuldebroer (per m ² BRA)	3600	0,06	216				
Sum U x A			2126				2126
Infiltrasjon				972	-	321	
Snitt ventilasjon				19.800	70	1960	
Sum varmetap pga ventilasjon og infiltrasjon						2281	2281
Varmetransportkoeffisienten							4407
Varmetapstallet (varmetransportkoeffisienten dividert på oppvarmet bruksareal) W/m ² K							1,22

Varmetapet øker med 570 W/K som følge av høyere U-verdi og større areal for vinduer og glassarealer. Denne økningen må kompenseres med redusert varmetap ved å gjennomføre energibesparende tiltak. I Tabell 12 fremkommer effekten av å øke temperaturvirkningsgraden for varmegjenvinneren fra 70 til 80 %.

Tabell 12 Varmetap for kontorbygningen med økt temperaturvirkningsgrad for varmegjenvinner

Varmetap for kontorbygning og glassgård	Areal (m ²)	U-verdi (W/m ² K)	U x A (W/K)	Luftmengde, L (m ³ /h)	Virkningsgrad varmegjenvinner η (%)	Lx (1- η) x 0,33 (W/K)	Sum varmetap (W/K)
Vinduer	224	1,6	358				
Glassfasader	748	1,5	1122				
Yttervegger	524	0,18	94				
Gulv	1200	0,15	180				
Tak	1200	0,13	156				
Kuldebroer (per m ² BRA)	3600	0,06	216				
Sum U x A			2126				2126
Infiltrasjon				972	-	321	
Snitt ventilasjon				19.800	80	1307	
Sum varmetap pga ventilasjon og infiltrasjon						1628	1628
Varmetransportkoeffisienten							3754
Varmetapstallet (varmetransportkoeffisienten dividert på oppvarmet bruksareal) W/m ² K							1,04

Ved å øke temperaturvirkningsgraden til 80 %, reduseres varmetapet med 653 W/K. Bygningen vil dermed tilfredsstille forskriftskravet med god margin. Vindusarealet kan økes med 58 m² og bygningen vil allikevel tilfredsstille forskriftskravene. Vindus- og glassarealet kan dermed utgjøre 29 % av totalt oppvarmet gulvareal.

Dersom også U-verden for glassfeltene i gjennomsnitt utgjør 1,1 W/m²K (1,05 W/m²K) vil alle fasadene kunne utføres i glass.

4 Brannventilasjon

Under diskuteres brannventilasjonslukers produkttegenskaper med hensyn til snølast og funksjon ved lave temperaturer.

Det foreligger en NS-EN 12101-2 Brannventilasjonssystemer. Del 2: Spesifikasjon for naturlige brannventilasjonsanlegg. Denne standarden ble utgitt i august 2003, og den har et harmonisert tillegg, annex ZA. Krav til brannventilasjonsluker er gitt i denne standarden. I standardens punkt 7 er det listet opp noen krav produktene skal oppfylle. Blant annet er det krav til at lukene skal kunne åpnes ved snølast. Snølastklassifisering baserer seg på prøving og det kan angis en høyeste klasse SL 1000. Testprosedyre er gitt i annex D i standarden. Snølasten SL 1000 er da 1000 Pa. Dette tilsvarer 100 kg/m². I pkt. 7.3 angis temperatur område som brannluker kan klassifiseres i. Laveste temperaturklasse er T(-25) angir at luka kan brukes ned til - 25 °C. For CE merking av produktet skal både snølastklasse og temperaturklasse angis på merket.

Standarden ble utgitt i juni 2003 som EN standard. Etter en overgangsperiode på 2 år ble denne standarden obligatorisk grunnlag for CE-merking i EU i juni 2005. Det er ikke obligatorisk å merke med CE-merke i Norge, men BE anser at når produktet kan CE-merkes oppfylles også lovens minstekrav til produktokumentasjon. Importerte brannventilasjonsluker fra EU vil etter hvert få CE-merke. Til

orientering er brannventilasjonsluker plassert i konformitetsklasse 1. Det betyr årlig kontroll av produksjonen.

NS-EN 12101-2 angir ingen krav til deklarerer av U-verdi. Hovedregelen etter TEK-07 er jo at disse produktene skal oppfylle minstekravene til U-verdi. Det antas at dette var praksis og tolkning av TEK-97 slik U-verdikravene var formulert tidligere. Leverandører av røykventilasjonsprodukter har produkter som er tilpasset systemleverandørenes produkter som Schüco, SAPA osv. Produktene slik de produseres i dag har U-verdi omkring $1,6 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Konsekvensen for brannventilasjonsprodukter og nye krav i TEK-07 slik SINTEF Byggforsk ser det er at få om ingen slike produkter i dag tilfredsstillende en U-verdi på $1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$. Økt snølast på taket vil tilsi økt snølast på brannventilasjonslukene. Egenskapen åpning med snølast og funksjon ved lave temperaturer skal være ivarettatt i typedeklarereringen etter gjeldende NS-EN. Dette må man kontrollere ved kjøp av produktet for å avgjøre om det er egnet for bruk i Norge.

5 Konklusjon og diskusjon

For store glassgårder/glassgater, hvor oppvarmet luftvolum er relativt høyt i forhold til bruksarealet, vil U-verdien og areal for vinduer og glassarealer måtte holdes på et nokså tilsvarende nivå som kravnivået i henhold til § 8-21 a. En større andel av taket i store glassgårder bør bygges som tett tak. I tillegg bør det benyttes mer effektiv varmegjenvinning sammenlignet med kravnivået. Dette er resultater basert på relativt høy grad av infiltrasjon i glassgården. Dersom det forutsettes at gjennomsnittlig infiltrasjon for hele bygningskomplekset, dvs glassgård og tiliggende kontorarealer, tilsvarende minstekravet i TEK-07 (energitiltaksmodellen), gis det rom for høyere U-verdier for vinduer og glassfelt, samt at en større andel av taket i glassgården kan utføres i glass. For mindre glassgårder/atrium vil det være vesentlig enklere å tilfredsstillende forskriftskravet.

Utstrakt bruk av vinduer og glassfasader vil kunne være mulig ved å kompensere økt energibehov ved økning av temperaturvirkningsgraden for varmegjenvinnere i ventilasjonsanlegg fra 70 til 80 %. Ved slik omfordeling av varmetapsposter innenfor forskriftens rammenivå vil alle fasader for et kontorbygg som beskrevet i denne analysen kunne utføres i glass, forutsatt at gjennomsnittlig U-verdi for vinduer og glassfelt ikke er høyere enn $1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Resultatene fra analysene gjelder dersom det kan dokumenteres at tilfredsstillende inneklimate kan oppnås uten bruk av lokal mekanisk kjøling. For kontorbygg vil dette innebære dynamiske energiberegninger. For å begrense behovet for mekanisk kjøling ved utstrakt bruk av glass vil hensiktsmessige tiltak være lav soltransmittans for glassene, effektiv solskjerming (fortrinnsvis utvendig), nattventilasjon med kald uteluft, utstrakt bruk av tunge og ikke tildekkede materialer som mur og betong, og lave varmelaster fra belysning og utstyr. For å redusere kjølebehovet er det også fordelaktig å begrense glassarealet mot solrike orienteringer.

Resultatene fra beregningseksemplene må betraktes som veiledende mht hvilke muligheter som finnes når det gjelder bruk av glass innenfor rammene gitt av nye forskriftskrav. Annen bygningsutforming, andre luftmengder osv vil kunne gi andre resultater. De kontorbygningene som er lagt til grunn i eksemplene i denne rapporten har en relativt kompakt bygningsform. For bygninger med mindre kompakt form, og hvor fasadearealet utgjør en større andel av bruksarealet, vil det kreves ytterligere kompenserende tiltak for å tilfredsstillende energikravene dersom alle fasader skal kunne utføres i glass.

Konsekvensen for brannventilasjonsprodukter og nye krav i TEK-07 slik SINTEF Byggforsk ser det er at få om ingen slike produkter i dag tilfredsstillende en U-verdi på $1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$. Økt snølast på taket vil tilsi økt snølast på brannventilasjonslukene. Egenskapen åpning med snølast og funksjon ved lave temperaturer skal være ivarettatt i typedeklarereringen etter gjeldende NS-EN. Dette må man kontrollere ved kjøp av produktet for å avgjøre om det er egnet for bruk i Norge.