

NOTAT

Sag: De Nye Remiser	Sagsnr.: 08.112
Emne: Opfyldelse af energibestemmelser for Den Gamle Remisehal – Enghavevej 82	Dato: 28/05/2009
Til: Ebbe Wæhrens	Fra: Fredrik Emil Nors

SAMMENFATNING

I forbindelse med større ombygning og renovering af Den Gamle Remisehal konkluderes følgende til opfyldelse af energibestemmelserne.

YDERVÆGGE

Kravet til ydervægges mindste isoleringsevne er en U-værdi på $0,4 \text{ W/m}^2\text{K}$ for opvarmning under $15 \text{ }^\circ\text{C}$, svarende til en udvendig efterisolering med ca. 80 mm mineraluld. Ved opvarmning over $15 \text{ }^\circ\text{C}$ er kravet en U-værdi på $0,4 \text{ W/m}^2\text{K}$ svarende til en udvendig efterisolering med ca. 150 mm mineraluld. Rentabilitetsundersøgelse viser at det ikke er rentabelt at efterisolere ydervægge ved opvarmning til over $15 \text{ }^\circ\text{C}$ eller ved opvarmning til under $15 \text{ }^\circ\text{C}$.

TERRÆNDÆK

Det er ikke rentabelt at efterisolere eksisterende terrændæk da rentabiliteten er 0,35 og 0,11 ved opvarmning til hhv. over og under $15 \text{ }^\circ\text{C}$. Hvor terrændækket grundet andre årsager skal bankes op anbefales det, at der isoleres med 200 mm isolering svarende til en U-værdi på $0,14 \text{ W/m}^2\text{K}$. Terrændækket vil dermed være fremtidssikret mod opvarmning til over 15 grader, da den vil overholde U-værdikravet iht. kap. 7.3.2. stk. 1.

TAGKONSTRUKTION

Kravet til mindste varmeisolering for tagkonstruktioner er iht. kap. 7.5 er en U-værdi på maksimalt $0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$, svarende til ca. 150 mm trykfast isolering. Ved opvarmning over $15 \text{ }^\circ\text{C}$ er kravet $0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$ svarende til ca. 250 mm trykfast isolering. Det er rentabelt at efterisolere tagkonstruktionen både ved opvarmning til over $15 \text{ }^\circ\text{C}$ og ved opvarmning til under $15 \text{ }^\circ\text{C}$.

PORTE

Porte i begge gavle er oplyst til at have samme isoleringsevne som porte anvendt ved renovering af AFUK. Portene overholder U-værdikravet iht. kap. 7.3.2. stk. 1 på $1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ (opvarmning over $15 \text{ }^\circ\text{C}$). Portene erstatter et relativt stort areal af de eksisterende enkeltlagsruder, der har en beregnet U-værdi på ca. $5,8 \text{ W/m}^2\text{K}$.

VINDUER OG YDERDØRE

For alle vinduer og døre er kravet til mindste isoleringsevne iht. kap. 7.5 en U-værdi på højst $2,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ og ved opvarmning til over $15 \text{ }^\circ\text{C}$ en U-værdi på højst $1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$. Ved de opgivne priser på hhv. 1600,- kr./ m^2 for forsatsruder med enkeltlagsglas og 2600,- kr./ m^2 for forsatsruder med termoglas viser rentabilitetsundersøgelsen at det ikke er en rentabel enkeltforanstaltning. Hvis ikke forsatsruderne påmonteres anbefales at der etableres en efterisolering af vinduerne på en mere rentabel måde.

TAGVINDUER OG OVENLYS

Ved udskiftning af eksisterende tagvinduer og ovenlys skal kravet iht. kap. 7.5 opfyldes om U-værdi på højst $2,0 \text{ W/m}^2\text{K}$. Ved opvarmning til over $15 \text{ }^\circ\text{C}$ er kravet en U-værdi på højst $1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$. Vedlagte beregninger viser at kravet på $1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ kan overholdes på rentabel vis med 2 lags termoruder. Ved opvarmning til under $15 \text{ }^\circ\text{C}$ er udskiftningen netop ikke rentabel ved opgivne priser for ovenlys af polycarbonat. Dog anbefales at alle ovenlys udskiftes ved opvarmning til under $15 \text{ }^\circ\text{C}$ da rentabilitetskravet er meget tæt på at være opfyldt, og da tagkonstruktionen i forvejen skal efterisoleres.

LINIETAB

FUNDAMENTER

Der er ikke foretaget en rentabilitetsberegning til opfyldelse af kravet for linietaf til fundamenter iht. kap. 7.5, men det vurderes, at det langt fra vil være rentabelt. Dette skyldes, at det vil kræve store indgreb og være meget bekosteligt samtidig med, at besparelsen i energiforbruget vil være meget begrænset.

SAMLING MELLEML YDERVÆG OG VINDUER ELLER YDERDØRE, PORTE OG LEMME

Det er ikke rentabelt at opfylde kravet til et linietaf på maks. 0,06 W/mK iht. kap. 7.5, da det som vist ikke er rentabelt at efterisolere ydervæggene, og de eksisterende vinduer ikke udskiftes. Ved montering af forsatsvinduer vil linietafet dog blive reduceret.

SAMLING MELLEML TAGKONSTRUKTION OG VINDUER I TAG ELLER OVENLYS.

Det vurderes at kravet til et linietaf på maks. 0,2 W/mK iht. kap. 7.5 ved samlinger mellem tagkonstruktion og vinduer i tag eller ovenlys vil blive overholdt.

KRAV

Ved større ombygning og andre væsentlige energimæssige forandringer skal nedenstående mindstekrav fra BR08, kap. 7.3.2. stk. 1 overholdes. Disse krav gælder ved opvarmning til over 15 °C. Under forudsætning af at bygningen maksimalt opvarmes til mellem 5 °C og 15 °C skal nedenstående krav fra BR08, kap. 7.5, overholdes, såfremt renoveringen af de enkelte bygningsdele er rentable.

Skema over U-værdier ved opvarmning til over 15 °C (Kap 7.3.2 stk1)	U-værdi W/m ² K
Ydervægge og kældervægge mod jord	0,20
Skillevægge mod rum, der er uopvarmede eller opvarmet til en temperatur, der er mere end 8 K lavere end temperaturen i det aktuelle rum.	0,40
Terrændæk, kældergulve mod jord og etageadskillelser over det fri eller ventileret kryberum.	0,15
Terrændæk, kældergulve mod jord og etageadskillelser over det fri eller ventileret kryberum, hvor der er gulvvarme.	0,12
Loft- og tagkonstruktioner, herunder skunkvægge, flade tage og skråvægge direkte mod tag.	0,15
Vinduer og yderdøre, herunder glasvægge, porte og lemme mod det fri eller mod rum, der er uopvarmede eller opvarmet til en temperatur, der er mere end 8 K lavere end temperaturen i det aktuelle rum (gælder ikke ventilationsåbninger på under 500 cm ²).	1,50
Tagvinduer og ovenlys.	1,80
	Linjetaf W/m K
Fundamenter.	0,15
Fundamenter omkring gulve med gulvvarme.	0,12
Samling mellem ydervæg, vinduer eller yderdøre, porte og lemme.	0,03
Samling mellem tagkonstruktion og vinduer i tag eller ovenlys.	0,10

Skema over U-værdier ved opvarmning til under 15 °C (Kap 7.5 stk1)	U-værdi W/m ² K
Ydervægge og kældervægge mod jord	0,40
Skillevægge mod rum, der er uopvarmede eller opvarmet til en temperatur, der er mere end 8K lavere end temperaturen i det aktuelle rum.	0,50
Etageadskillelser mod rum, der er uopvarmede eller opvarmet til en temperatur, der er mere end 8K lavere end temperaturen i det aktuelle rum.	0,40
Terrændæk, kældergulve mod jord og etageadskillelser over det fri eller ventileret kryberum.	0,30
Etageadskillelser under gulve med gulvvarme mod rum, der er opvarmede.	0,70
Loft- og tagkonstruktioner, herunder skunkvægge, flade tage og skråvægge direkte mod tag.	0,25
For vinduer og yderdøre, herunder ovenlys, glasvægge, porte og lemme mod det fri eller mod rum, der er uopvarmede eller opvarmet til en temperatur, der er mere end 8 K lavere end temperaturen i det aktuelle rum.	2,00
Skema med linjetaf	linjetaf W/mK
Fundamenter omkring rum, der opvarmes til mindst 5°C.	0,40
Fundamenter omkring gulve med gulvvarme.	0,20
Samling mellem ydervæg og vinduer eller yderdøre, porte og lemme.	0,06
Samling mellem tagkonstruktion og vinduer i tag eller ovenlys.	0,20

ENERGIBESTEMMELSER – DEN GAMLE REMISEHAL

Den Gamle Remisehal opvarmes til under 15 grader og ombygning/renovering af bygningsdelene skal som udgangspunkt opfylde kravene i BR08, kap. 7.5 "Mindste varmeisolering". Bygningsdele er undtaget hvor det kan eftervises, at det ikke er rentabelt at overholde kravene.

Rentabilitetskriteriet er angivet i kap. 7.4.1. stk. 3 og skal være opfyldt før den bygningsmæssige foranstaltning er rentabel: (årlig besparelse × levetid) / investering > 1,33

RENTABILITETSUNDERSØGELSE

Nedenfor er de enkelte bygningsdele blevet betragtet i forhold til U-værdikravene. Der er ved alle rentabilitetsberegninger regnet med 3012 graddøgn og en fjernvarmepris på 0,428 kr./kWh ekskl. moms (Københavns Energi, juni 2008). Priser er indhentet fra V&S Prisbog, 2009.

YDERVÆGGE OPVARMET TIL UNDER 15 GRADER

De eksisterende ydervægge består af ca. 470 mm massiv teglsten med en beregnet U-værdi på 0,97 W/m²K. Til opfyldelse af mindstekravet iht. kap. 7.5. stk. 1 kræves efterisolering med ca. 80 mm mineraluld.

Ydermur 80 mm isolering ift. Eksisterende

ΔT =	27 grader
b-faktor	0,84375
Eks. samlet U-værdi	0,97 W/m ² *K
U-værdi for 150 mm	0,32 W/m ² *K
Besparelse	39,65 kWh/m ² /år
Besparelse	16,97 kr/m ² /år
Besparelse pr. år	8535 kr/år
Samlet areal	503 m ²
Investering	857615 kr

Simpel tilbagebetalingstid 100 år

Rentabilitet iht. BR08

Investering pr. m ²	1705 kr/m ²
Levetid	40 år
Rentabilitet	0,40 > 1,33

Det er således ikke rentabelt med en efterisolering af ydervæggene, hvor der opvarmes til under 15 grader.

YDERVÆGGE OPVARMET TIL OVER 15 GRADER

De eksisterende ydervægge består af ca. 470 mm massiv teglsten med en beregnet U-værdi på 0,97 W/m²K. Til opfyldelse af kravet iht. kap. 7.3.2. stk. 1 kræves efterisolering med ca. 150 mm mineraluld.

Ydermur 150 mm isolering ift. Eksisterende

ΔT =	32 grader
b-faktor	1
Eks. samlet U-værdi	0,97 W/m ² *K
U-værdi for 150 mm	0,2 W/m ² *K
Besparelse	55,66 kWh/m ² /år
Besparelse	23,82 kr/m ² /år
Besparelse pr. år	11983 kr/år
Samlet areal	503 m ²
Investering	1101570 kr

Simpel tilbagebetalingstid 92 år

Rentabilitet iht. BR08

Investering pr. m ²	2190 kr/m ²
Levetid	40 år
Rentabilitet	0,44 > 1,33

Det er således ikke rentabelt med en efterisolering af ydervæggene, hvor der opvarmes til over 15 grader.

EFTERISOLERING AF TERRÆNDÆK UNDER 15 GRADER

Forudsætninger:

Areal af terrændæk: 622 m².

Energipris: 0,428 kr/kWh (Fjernvarmepris KE)

U-værdi inden efterisolering svarer til 200 mm beton på 150 mm kapillarbrydende lag (småsten).

U-værdi efter efterisolering svarer til 100 mm beton samt 50 mm isolering på 150 mm kapillarbrydende lag (småsten)

Jordtemperaturen er 10 °C og indetemperaturen er 15 °C jf. DS418, Fig. 2.1.

Fyringssæsonen er fra 15. september til 15. maj, svarende til 5568 timer.

For at beregne den årlige besparelse er varmeomkostningerne før og efter udregnet. Omkostningerne er beregnet på flg. måde:

$$Uværdi \cdot Areal \cdot \Delta T \cdot Timer = kWh$$

Nuværende varmeomkostninger:

$$0,51 \frac{W}{m^2 \cdot K} \cdot 622 m^2 \cdot 5 \text{ °C} \cdot 5568 \text{ timer} = 8.831 kWh$$

Efter efterisolering:

$$0,30 \frac{W}{m^2 \cdot K} \cdot 622 m^2 \cdot 5 \text{ °C} \cdot 5568 \text{ timer} = 5195 kWh$$

Den årlige driftsbesparelse:

$$8.831 kWh - 5.195 kWh = 3.636 kWh$$

$$3.636 kWh \cdot 0,428 \frac{kr}{kWh} \approx 1.560 kr$$

Investeringen indeholder omkostninger til opbrydning af terrændæk, udlægning af isolering og støbning af nyt terrændæk. Den angivne pris er beregnet på baggrund af V&S prisbog 2008.

Investering:

$$900 \frac{kr}{m^2} \cdot 622 m^2 = 559.800 kr$$

Rentabiliteten:

Rentabiliteten beregnes efter nedenstående formel der findes i BR08 kap. 7.4.1 stk. 3. Levetiden for terrændækket er sat til 40 år jf. BR08 kap. 7.4.1 stk. 3.

$$\frac{\text{årlig besparelse} \cdot \text{levetid}}{\text{investering}} > 1,33$$

$$\frac{1.560 kr \cdot 40 \text{ år}}{559.800 kr} = 0,11$$

Da rentabiliteten giver 0,11 vil en efterisolering af terrændækket **ikke** være rentabel.

Simpel tilbagebetalingstid er beregnet til 360 år ved en investering på 900 kr./m².

EFTERISOLERING AF TERRÆNDÆK OVER 15 GRADER

Forudsætninger:

Areal af terrændæk: 622 m².

Energipris: 0,428 kr/kWh (Fjernvarmepris KE)

U-værdi inden efterisolering svarer til 200 mm beton på 150 mm kapillarbrydende lag (småsten).

U-værdi efter efterisolering svarer til 100 mm beton samt 200 mm isolering

Jordtemperaturen er 10 °C og indetemperaturen er 20 °C jf. DS418, Fig. 2.1.

Fyringssæsonen er fra 15. september til 15. maj, svarende til 5568 timer.

For at beregne den årlige besparelse er varmeomkostningerne før og efter udregnet. Omkostningerne er beregnet på flg. måde:

$$Uværdi \cdot Areal \cdot \Delta T \cdot Timer = KWh$$

Nuværende varmeomkostninger:

$$0,51 \frac{W}{m^2 \cdot K} \cdot 622 m^2 \cdot 10 \text{ }^\circ\text{C} \cdot 5568 \text{ timer} = 17.663 KWh$$

Efter efterisolering:

$$0,15 \frac{W}{m^2 \cdot K} \cdot 622 m^2 \cdot 10 \text{ }^\circ\text{C} \cdot 5568 \text{ timer} = 5195 KWh$$

Den årlige driftsbesparelse:

$$17.663 KWh - 5.195 KWh = 12.458 KWh$$

$$12.458 KWh \cdot 0,428 \frac{kr}{kWh} \approx 5.300 kr$$

Investeringen indeholder omkostninger til opbrydning af terrændæk, udlægning af isolering og støbning af nyt terrændæk. Den angivne pris er beregnet på baggrund af V&S prisbog 2008.

Investering:

$$990 \frac{kr}{m^2} \cdot 622 m^2 = 615.780 kr$$

Rentabiliteten:

Rentabiliteten beregnes efter nedenstående formel der findes i BR08 kap. 7.4.1 stk. 3. Levetiden for terrændækket er sat til 40 år jf. BR08 kap. 7.4.1 stk. 3.

$$\frac{\text{årlig besparelse} \cdot \text{levetid}}{\text{investering}} > 1,33$$

$$\frac{5.300 kr \cdot 40 \text{ år}}{615.780 kr} = 0,35$$

Da rentabiliteten giver 0,35 vil en efterisolering af terrændækket **ikke** være rentabel.

Simpel tilbagebetalingstid er beregnet til 115 år ved en investering på 990 kr./m².

TAGKONSTRUKTION UNDER 15 GRADER

Den eksisterende tagkonstruktion vurderes til at have en U-værdi på ca. 3,55 W/m²K svarende til 16 mm træ med 2 mm tagpap. Kravet til U-værdien for tagkonstruktionen er iht. BR08, kap. 7.5, på maksimalt 0,25 W/m²K ved opvarmning til under 15 °C. Der skal efterisoleres med ca. 150 mm mineraluld for at imødekomme kravet på 0,25 W/m²K.

Tag Gl. Remisehal

ΔT =	27	grader
b-faktor	0,84375	
Eks. U-værdi	3,55	W/m ² *K
Krav til U-værdi	0,25	W/m ² *K
Besparelse	201,28	kWh/m ² /år
Besparelse	86,15	kr/m ² /år
Besparelse pr. år	46778	kr/år
Samlet areal	543	m ²
Investering	422997	kr

Simpel tilbagebetalingstid	9 år
-----------------------------------	-------------

Rentabilitet iht. BR08

Investering pr. m ²	779	kr/m ²
Levetid	40	år
Rentabilitet	4,42	> 1,33

Da rentabiliteten giver 4,42 vil en efterisolering af tagkonstruktionen være rentabel.

TAGKONSTRUKTION OVER 15 GRADER

Den eksisterende tagkonstruktion vurderes til at have en U-værdi på ca. 3,55 W/m²K svarende til 16 mm træ med 2 mm tagpap. Kravet til U-værdien for tagkonstruktionen er iht. BR08, kap. 7.3.2. stk. 1, på maksimalt 0,15 W/m²K ved opvarmning til over 15 °C. Der skal efterisoleres med ca. 260 mm mineraluld for at imødekomme kravet på 0,15 W/m²K.

Tag Gl. Remisehal

ΔT =	32	grader
b-faktor	1	
Eks. U-værdi	3,55	W/m ² *K
Krav til U-værdi	0,25	W/m ² *K
Besparelse	238,55	kWh/m ² /år
Besparelse	102,10	kr/m ² /år
Besparelse pr. år	55440	kr/år
Samlet areal	543	m ²
Investering	481641	kr

Simpel tilbagebetalingsitd	9 år
-----------------------------------	-------------

Rentabilitet iht. BR08

Investering pr. m ²	887	kr/m ²
Levetid	40	år
Rentabilitet	4,60	> 1,33

Da rentabiliteten giver 4,60 vil en efterisolering af terrændækket være rentabel.

OVENLYS UNDER 15 GRADER

Eksisterende ovenlysvinduer antages at have en nuværende U-værdi på ca. 5 W/m²K svarende til et lag polycarbonat i stålramme. Kravet til ovenlysvindue ved opvarmning til under 15 °C er en U-værdi på maksimalt 2,0 W/m²K. Priser er baseret på opgivne priser på ovenlys anvendt ved renovering af Street Mekka for ovenlys af polycarbonat med U-værdi på 2,0 W/m²K.

Ovenlys af polycarbonat i Gl. Remisehal

ΔT =	27	grader
b-faktor	0,84375	
Eks. samlet U-værdi	5,0	W/m ² *K
Krav til samlet U-værdi	2,0	W/m ² *K
Besparelse	189,05	kWh/m ² /år
Besparelse	80,92	kr/m ² /år
Besparelse pr. år	11166	kr/år
Samlet areal	138	m ²
Investering	171948	kr

Simpel tilbagebetalingstid 15 år

Rentabilitet iht. BR08

Investering pr. m ²	1246	kr/m ²
Levetid	20	år
Rentabilitet	1,30	> 1,33

Da rentabiliteten giver 1,30 vil en udskiftning af ovenlysvinduer ikke være rentabel, dog er rentabilitetskravet meget tæt på at være opfyldt.

OVENLYS OVER 15 GRADER

Eksisterende ovenlysvinduer antages at have en nuværende U-værdi på ca. 5 W/m²K svarende til polycarbonat i stålramme. Kravet til ovenlysvindue ved opvarmning til over 15 °C er en U-værdi på maksimalt 1,5 W/m²K. Priser er baseret på opgivne priser på ovenlys anvendt ved renovering af Street Mekka for ovenlys med termorude med U-værdi på 1,8 W/m²K.

Ovenlys Gl. Remisehal

ΔT =	32	grader
b-faktor	1	
Eks. samlet U-værdi	5	W/m ² *K
Krav til samlet U-værdi	1,8	W/m ² *K
Besparelse	239,00	kWh/m ² /år
Besparelse	102,29	kr/m ² /år
Besparelse pr. år	14116	kr/år
Samlet areal	138	m ²
Investering	186576	kr

Simpel tilbagebetalingstid 13 år

Rentabilitet iht. BR08

Investering pr. m ²	1352	kr/m ²
Levetid	20	år
Rentabilitet	1,51	> 1,33

Da rentabiliteten giver 1,51 vil en udskiftning af ovenlysvinduer være rentabel.

VINDUER OG YDERDØRE UNDER 15 GRADER

Alle eksisterende vinduer monteres med forsatsruder, således at kravet iht. kap. 7.5 om en samlet U-værdi på højst 2,0 W/m²K opfyldes. U-værdi og pris afhænger af forsatsrudernes udformning og materialevalg. I dette eksempel antages at U-værdien kan reduceres fra eksisterende 4,94 W/m²K (udregnet som 80 % enkeltglas med U=5,8 W/m²K og 20 % træramme med U=1,5 W/m²K) til 2,0 W/m²K ved påmontering af 4 mm glas i træramme.

Enkeltlag-forsatsruder

ΔT =	27	grader
b-faktor	0,84375	
Eks. samlet U-værdi	4,94	W/m ² *K
Ny samlet U-værdi	2	W/m ² *K
Besparelse	185,27	kWh/m ² /år
Besparelse	79,30	kr/m ² /år
Besparelse pr. år	12505	kr/år
Samlet areal	157,7	m ²
Investering	252.320	kr

Simpel tilbagebetalingstid 20 år

Rentabilitet iht. BR08

Investering pr. m ²	1600	kr/m ²
Levetid	20	år
Rentabilitet	0,99	> 1,33

Da rentabiliteten giver 1,45 vil en efterisolering i form af forsatsruder ikke være rentabel.

VINDUER OG YDERDØRE OVER 15 GRADER

Alle eksisterende vinduer og monteres med forsatsruder, således at kravet iht. kap. 7.3.2. stk. 1 om en samlet U-værdi på højst 1,5 W/m²K opfyldes. U-værdi og pris afhænger af forsatsrudernes udformning og materialevalg. I dette eksempel antages at U-værdien kan reduceres fra eksisterende 4,94 W/m²K (udregnet som 80 % enkeltglas med U=5,8 W/m²K og 20 % træramme med U=1,5 W/m²K) til 1,5 W/m²K ved påmontering af to lags termorude i træramme.

Termo-forsatsruder

ΔT =	32	grader
b-faktor	1	
Eks. samlet U-værdi	4,94	W/m ² *K
Ny samlet U-værdi	1,2	W/m ² *K
Besparelse	279,33	kWh/m ² /år
Besparelse	119,55	kr/m ² /år
Besparelse pr. år	18854	kr/år
Samlet areal	157,7	m ²
Investering	410020	kr

Simpel tilbagebetalingstid 22 år

Rentabilitet iht. BR08

Investering pr. m ²	2600	kr/m ²
Levetid	20	år
Rentabilitet	0,92	> 1,33

Da rentabiliteten giver 1,34 vil en efterisolering i form af tolags-forsatsruder ikke være rentabel.