Norsk bygningsfysikkdag 2010

Oslo,
23. november 2010

Arkitekt Michael Klinski

Rehabilitering av boligblokker til lavenergi- og passivhus-standard

Utgangspunkt: Funksjonskrav i passivhus

Tysk definisjon:

- Komfortabelt inneklima
  kan oppnås uten konvensjonelt oppvarmingssystem og uten kjøleanlegg
- Prinsipp: Alt oppvarmingsbehov kan dekkes av ventilasjonsanlegget

Bak norsk passivhusstandard NS 3700:

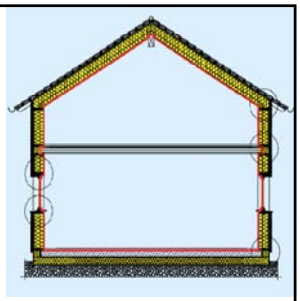
- Prinsipp: Alt oppvarmingsbehov kan dekkes av et sterkt forenklet vannbårent system

Norske krav til passivhus

Passivhusstandard NS 3700:

- Oppvarmingsbehov ≤ 15 kWh/m²år for kystnære strøk på Østlandet, Sørlandet og Sørvestlandet hvor årsmiddeltemperatur er minst 6,3 °C
- Mulig høyere oppvarmingsbehov for boliger under 250 m² og boliger i kaldere strøk av landet
- Minimumskrav til fornybar energi og bygningskroppen
- Beregnet i klima på byggested

Hva må til?

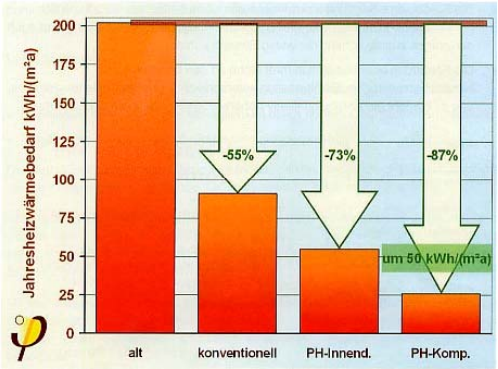


- Kompakte bygg, kuldebroer må unngås
- U-verdi ikke større enn
  - 0,15 W/(m²K) - vegger, tak (0,13), gulv (dvs. 25-40 cm isolasjon)
  - 0,8 W/(m²K) - vinduer inkl. ramme og karm
- Lufttette bygg (ukontrollert lekkasje ikke mer enn 0,6 husvolumer per time ved trykktest)
- Balansert ventilasjon med høyeffektiv varmegjenvinning (minst 80 %)
- [Dette er minstekrav som må tilpasses aktuelt bygg og klima på stedet!]

Utfordring

Eksisterende bygg etter rehabilitering: bedre enn nye passivhus, regnet over hele livssyklus

Oppvarmingsbehov per år må ned til 25 – 40 (50) kWh/m²



Components:		Typical standard	Renovation level I	Renovation level II
	U-value external walls	0.41 W/m²K	0.17 W/m²K	0.10 W/m²K
	Example	10 cm insulation	Up to 20 cm insulation	Up to 35 cm insulation
	U-value slab on ground or basement	Approx 0.4 W/m²K	0.4 W/m²K	$U_{basementwall}$: 0.09 W/m²K U_{slab}: 0.3 W/m²K
		3 cm insulation	Unchanged	28 cm added insul. on basement wall
	U-value roof or attic	0.23W/m²K	0.17 W/m²K	0.08 W/m²K
		15 cm insulation	Up to 25 cm insulation	Up to 50 cm insulation
	U-value windows and doors	2.1 W/m²K	1.2 W/m²K	0.85 W/m²K
	Heat recovery (η) Specific fan power	- 1.5 kW/m³/s	80 % 2.0 kW/m³/s	80 % 1.5 kW/m³/s
		Exhaust system	Balanced ventilation	Balanced ventilation
	Air leakage rate (N50)	-	1 l/s m²	0.3 l/s m²
			Additional measures to improve	Additional measures to improve
	Net space heating demand	150 kWh/m²år	< 45 kWh/m²år	< 25 kWh/m²år

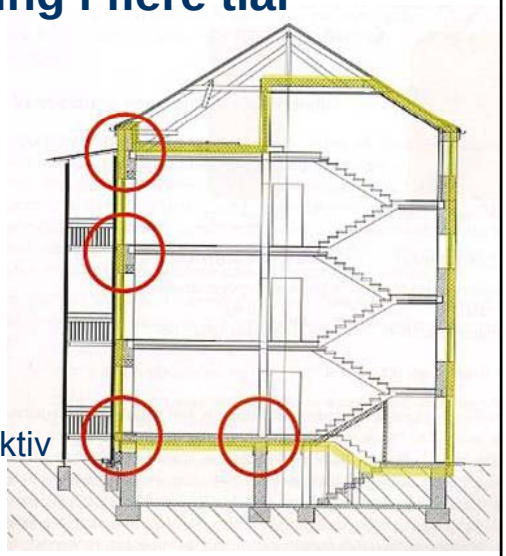
Key numbers for multi family houses before and after renovation with different ambition levels.

Fra IEA SHC task 37 subtask C, Nordisk rapport 2010

Rehabilitering etter dagens standard blokkerer forbedring i flere tiår

► **Rehabilitering med passivhuskomponenter:**

- Isoler bedre og gjennomgående
- Minsk kuldebroer
- Etabler ett lufttett lag
- Bruk passivhusvinduer
- Installer balansert ventilasjon med høyeffektiv varmegjenvinning

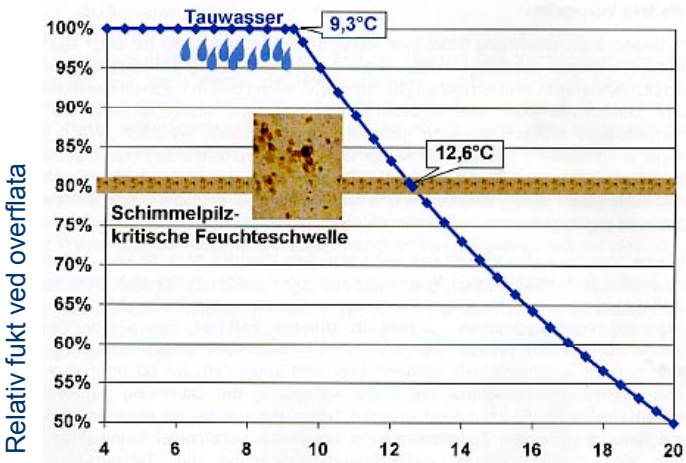


Kilde: Passivhusinstituttet

Kritiske overflatetemperaturer

For kondens

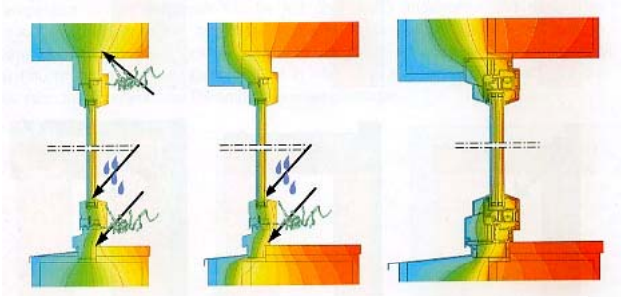
For mugg



Ved 20 °C romtemperatur og 50 % relativ luftfuktighet

Overflatetemperatur ºC

Feil:
Nye vinduer uten vegg-isolasjon og/eller bedre ventilasjon



	Uten isolasjon	vanlig isolasjon	tykk isolasjon
U-verdi vindu	$U_{W,En}$ = 1,70 W/(m²K)	$U_{W,En}$ = 1,51 W/(m²K)	$U_{W,En}$ = 0,85 W/(m²K)
Kuldebroverdier	Ψ_o = 0,07 W/(m²K)	Ψ_o = -0,015 W/(m²K)	Ψ_o = -0,012 W/(m²K)
	Ψ_u = 0,07 W/(m²K)	Ψ_u = 0,058 W/(m²K)	Ψ_u = 0,051 W/(m²K)
Overflatetemp.	$\vartheta_{min,o}$ = 10,9°C W/(m²K)	$\vartheta_{min,o}$ = 13,6°C W/(m²K)	$\vartheta_{min,o}$ = 15,8°C W/(m²K)
	$\vartheta_{min,u}$ = 9,4°C W/(m²K)	$\vartheta_{min,u}$ = 9,7°C W/(m²K)	$\vartheta_{min,u}$ = 15,1°C W/(m²K)

SINTEF — SINTEF Byggforsk

Eksempel Jean-Paul-Platz, Nürnberg: Lufttetting ved vinduet

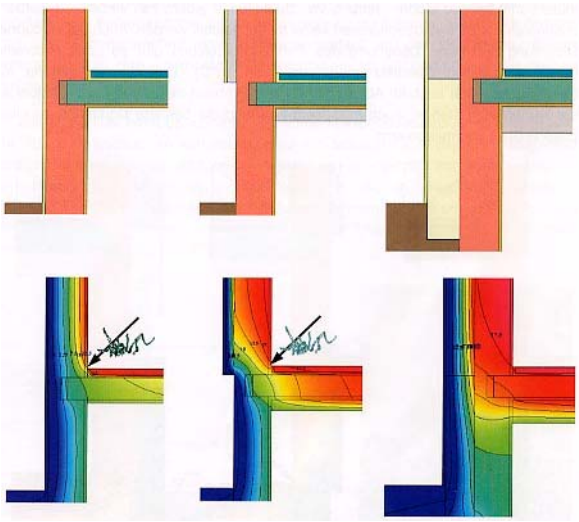
Sparkelmasse

Tettingsmansjett

Utvendig isolasjon

SINTEF — SINTEF Byggforsk

Feil: isolasjon kun til gulv i 1. etasje

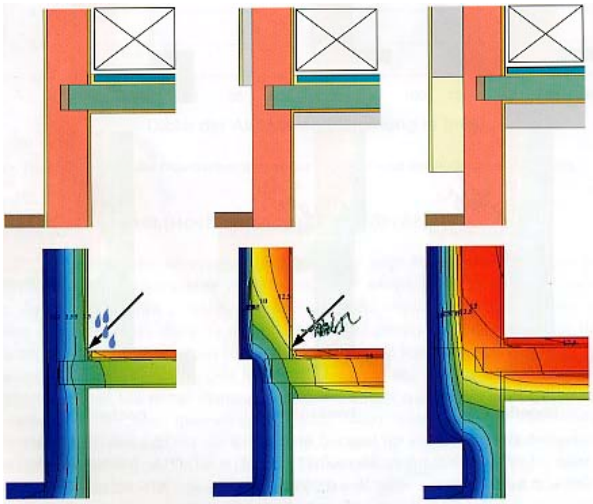


	uten isolasjon	vanlig isolasjon	tykkere og lenger ned
U-verdi vegg og gulv	U_{AW} = 1,37 W/(m²K) U_{KD} = 1,07 W/(m²K)	U_{AW} = 0,41 W/(m²K) U_{KD} = 0,31 W/(m²K)	U_{AW} = 0,16 W/(m²K) U_{KD} = 0,18 W/(m²K)
Kuldebroverdi	Ψ = -0,34 W/(m²K)	Ψ = 0,20 W/(m²K)	Ψ = 0,058 W/(m²K)
Overflatetemperatur	ϑ_{min} = 10,1°C W/(m²K)	ϑ_{min} = 12,7°C W/(m²K)	ϑ_{min} = 16,7°C W/(m²K)

SINTEF

SINTEF Byggforsk

Enda verre med skap ved ytterveggen



	Uten isolasjon	vanlig isolasjon	tykkere og lenger ned
U-verdi vegg og gulv	U_{AW} = 1,37 W/(m²K) U_{KD} = 1,07 W/(m²K)	U_{AW} = 0,41 W/(m²K) U_{KD} = 0,31 W/(m²K)	U_{AW} = 0,16 W/(m²K) U_{KD} = 0,18 W/(m²K)
Overflatetemperatur	ϑ_{min} = 7,7°C W/(m²K)	ϑ_{min} = 10,2°C W/(m²K)	ϑ_{min} = 15,3°C W/(m²K)

SINTEF

SINTEF Byggforsk

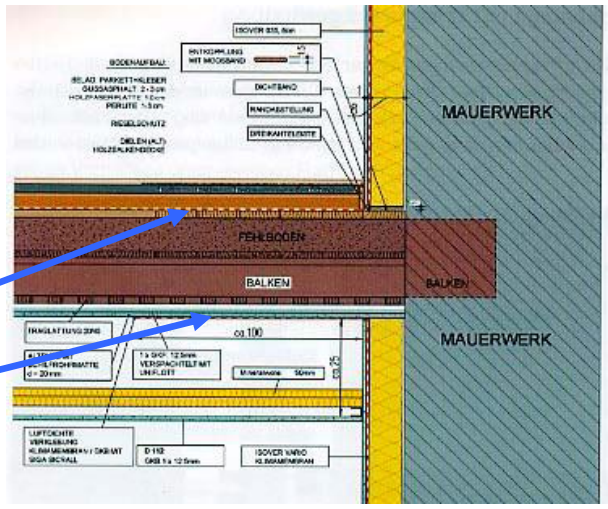
Hva gjør vi med slike bygg?

Limburgstraße 19 i Ludwigshafen før og etter rehabilitering

Oppvarmings-behov ned fra 230,2 til 36,6 kWh/m²a

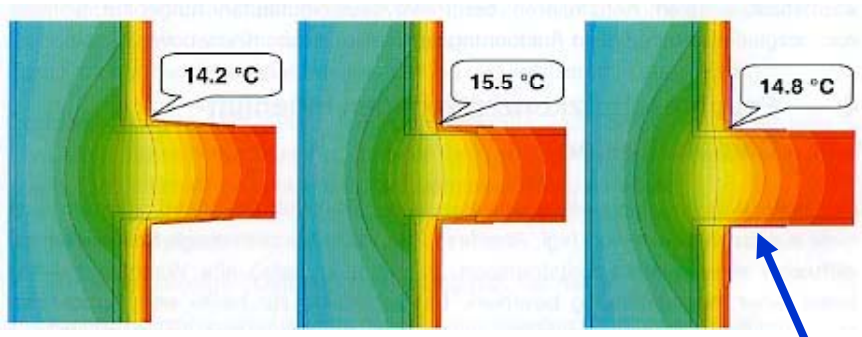
- Fukt?
- Mugg?
- Frost-skader?

Robust lufttetting: overgang etasjeskiller (trebjelker)



PE-folie
fra vegg
over
og under
eksisterende
konstruksjon

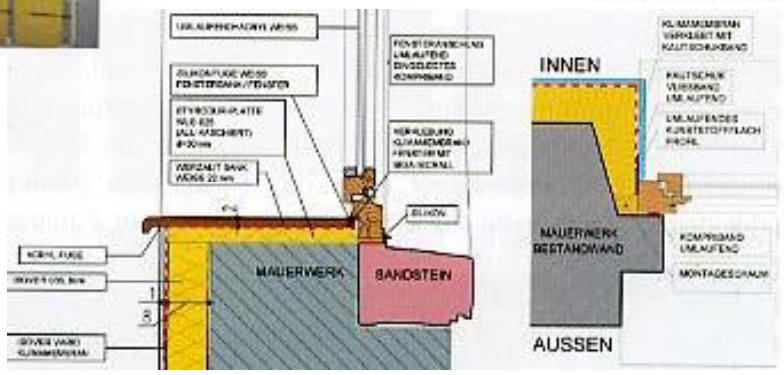
Innvendig isolasjon: utfordringer ved tilsluttende massive innervegger/etasjeskiller



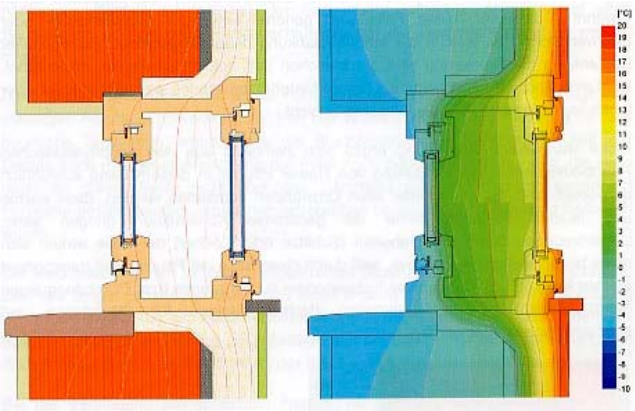
- Lufttetting
- Kuldebro
- Temperatur

Alternativ: stålvinkel
Obs: god temperatur,
men større kuldebro!

Lufttetting og minsket kuldebro: overgang vindu



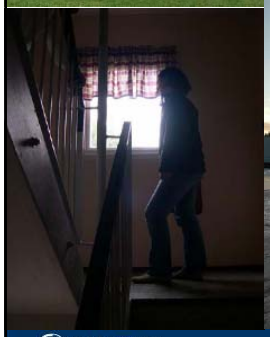
Ressurs: utbedre eksisterende + nytt varevindu



2 x 2-lags vindu, effektiv u-verdi 0,75 W/m²K

Myhrerenga BRL

- 15 km nordøst for Oslo
- 7 like blokker på 3 etasjer + uoppvarmet kjeller
- Ferdigstilt 1968-1970



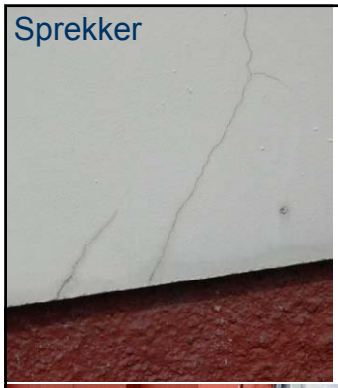
168 boliger

2 roms (55 m²) og

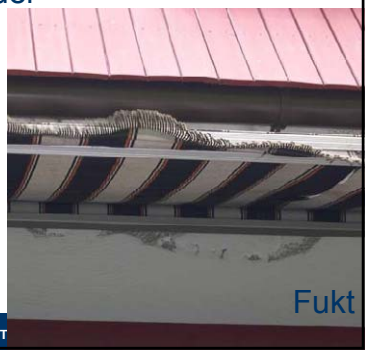
3 roms (68 m²)

SINTEF

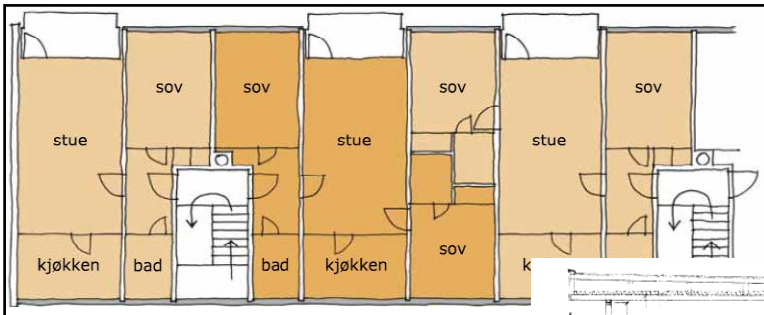
SINTEF Byggforsk

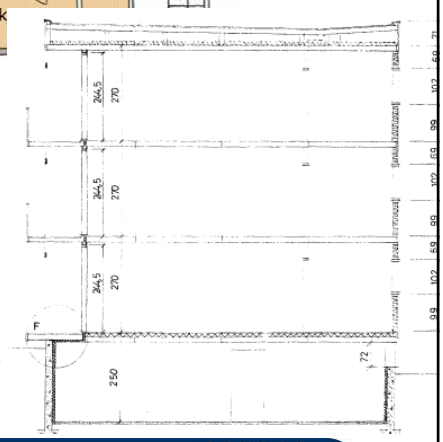


Store skader



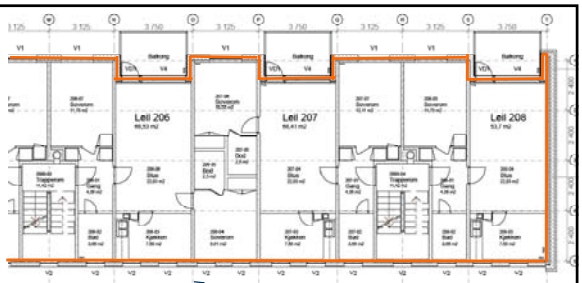
SINT





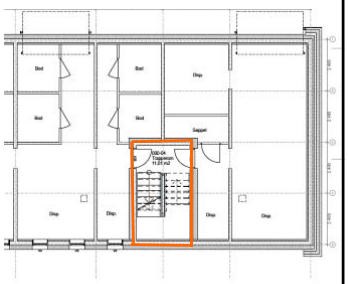
Bygningskroppen før rehabilitering

- 5 - 10 cm isolasjon i tak, vegger og mot kjeller
- Mange lekkasjer, også internt
- Kuldebroer ”overalt”



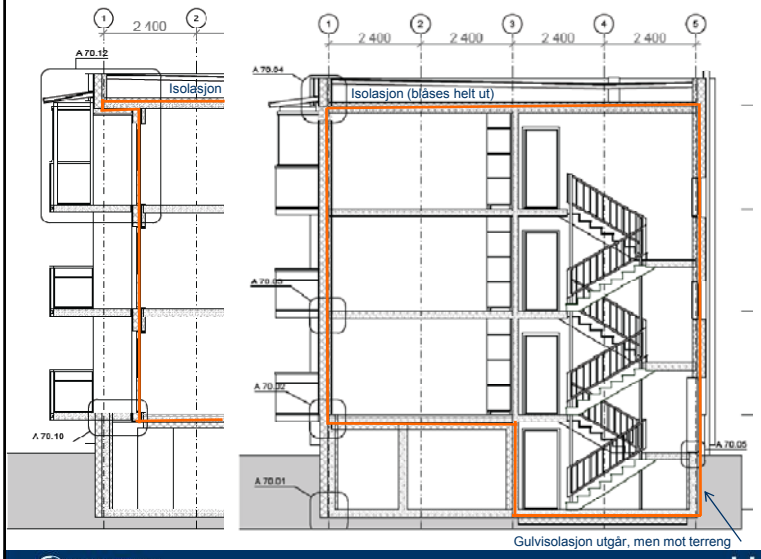
Energikonsept Myhrerenga

- Ekstraisolerte vegg, gulv og tak
- Kraftig reduksjon av kuldebroer og luftlekkasjer inkl. trapperom mot kjeller
- Passivhusvinduer og –dører
- Balansert ventilasjon med høyeffektiv varmegjenvinning
- Ny energisentral med solvarme og varmepumper
- Nytt forenklet varmesystem med individuell energimåling (el og varme)



Klimaskjermen inkluderer trapperom mot kjeller

Mange detaljer måtte løses



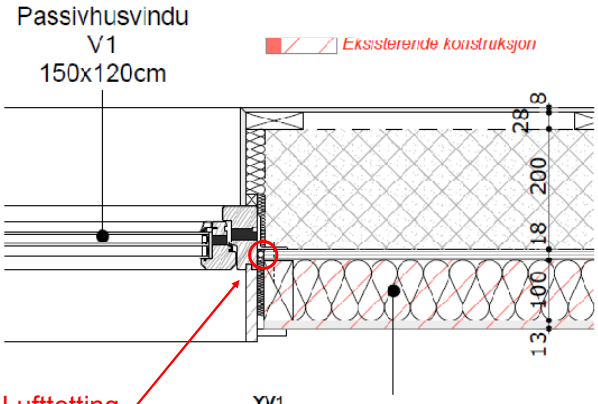
Lufttett klimaskjerm rundt hele bygget

inkludert trapperom i kjeller

Lufttetting: ekspanderende bånd (ikke utført)

Forsøksvegg

Passivhusvindu og diffusjonsåpen vegg



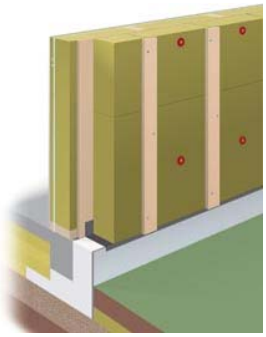
Lufttetting utført: tape

Ψ = 0,01 W/(mK)

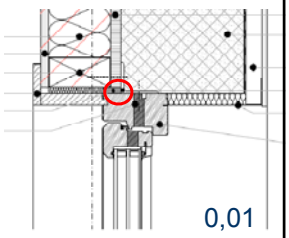
Arkitektskap AS

YV1

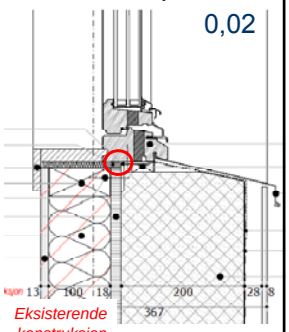
8 mm	Cemberit fasadeplate
28X95mm	vertikal utlekting
	vindsperre
200 mm	Rockwool flex systemplate
18 mm	OSB-plate m/tapede skjøter
4"	stendervegg med isolasjon
13 mm	gipsplate



OSB-plate og ny isolasjon på eksisterende stendervegg + ny platekledning



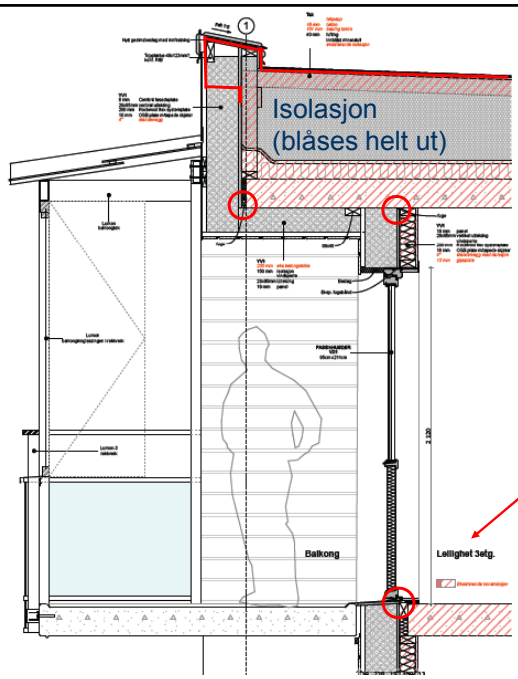
Ψ = 0,01



0,02

Eksisterende konstruksjon

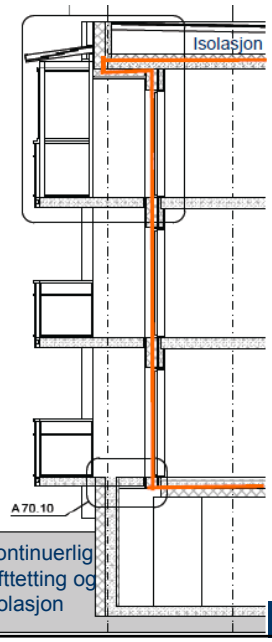
Luft- og vindtetting etter diskusjon på byggeplassen



Lufttetting: ○

Lufttetting både OSB – karm og mellom etasjene

Tak og balkong

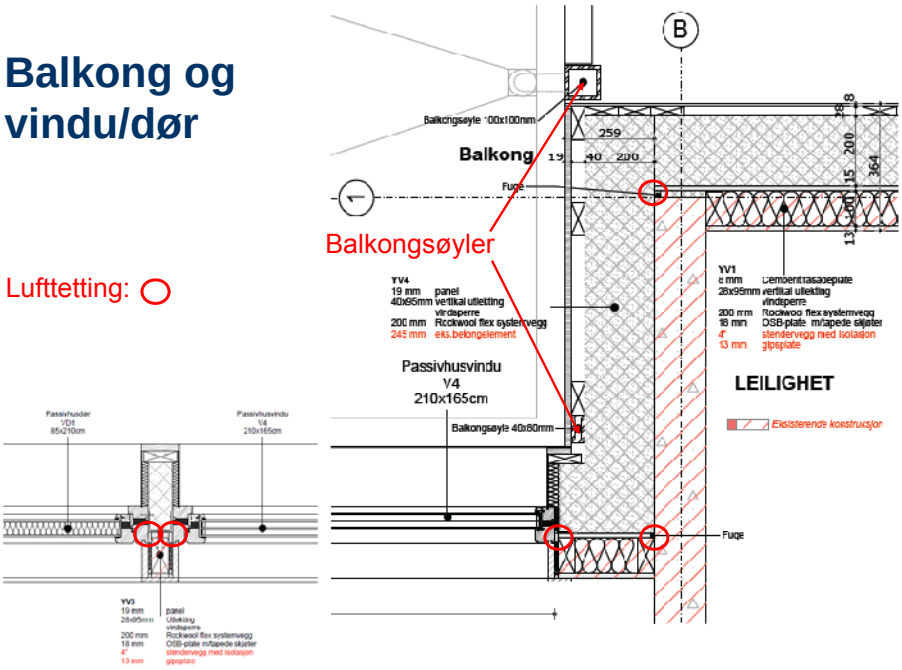


Hvordan etterisolere det eksisterende tak?

- Luftet tretak vil ha dårlig U-verdi, og ventilering funker ikke i praksis
  - Fare for kondens av inntrengende uteluft uten mulighet for tørking
- Gammelt trevirke er tørr
- Betongdekke er lufttett og har tilstrekkelig dampmotstand
- Fare: lekkasjer ovenfra
- Ideelt: Rive + nytt kompakttak
- Kostnadseffektiv løsning: Blåse alt ut med isolasjon + fuktmåling

Balkong og vindu/dør

Lufttetting: ○



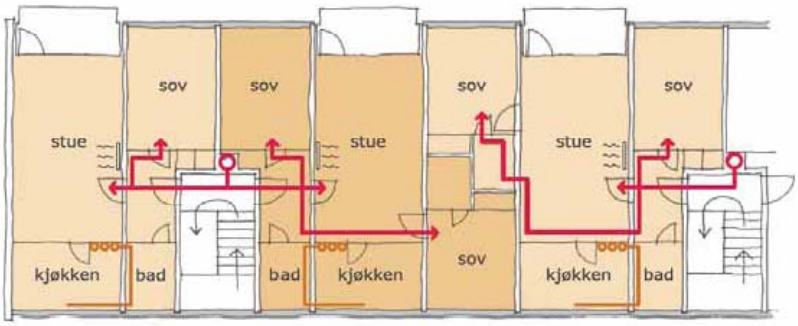
U-verdier [W/m²K] før og etter rehab

Bygningsdel	U-verdi før rehabilitering	U-verdi etter rehabilitering
Langvegg (hovedfasaden)	0,40	0,12
Gavlvegg	~ 0,45	0,15
Tak	0,35	0,11
Kjellerdekke*	0,58	0,23
Vinduer og balkongdører	2,8	0,80
Inngangsdører	2,7	1,20

* U-verdier inkludert varmemotstand i kjelleren

Balansert ventilasjon

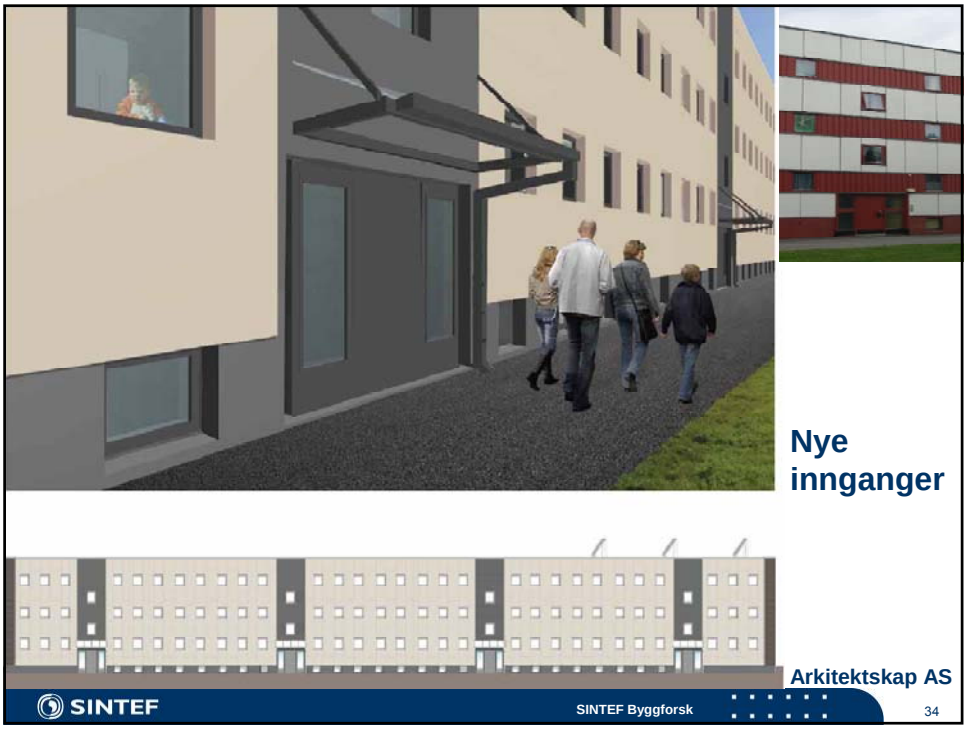
- 1 aggregat i kjelleren per blokk
- Motstrømsvekslere med effektiv temperaturvirkningsgrad η = 79 % vifteeffekt SFP = 1,4 kW/m³/s
- Bruker gammel søppelsjakt og eksisterende avkastsjakt



Oppvarmingssystem og energisentral

- Kun én ny radiator i hver stue (1-1,5 kW) + eksisterende på bad med termostatventil
- Installering av 4 luft-til-vann-varmepumper (i kaskade)
- Suppleres med 44 vakuumsolfangere på tak nærmest energisentral
- En av de eksisterende el-kjelene beholdes som spisslast
- Eksisterende distribusjonssystem brukes
- Individuell måling og avregning av energi (el og varme)

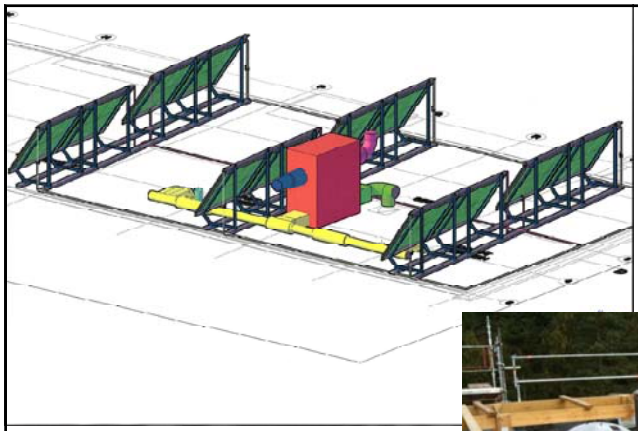
Nye og
større
balkonger
Arkitektskap AS
SINTEF
SINTEF Byggforsk
33


Nye
innganger
Arkitektskap AS
SINTEF
SINTEF Byggforsk
34

Energibehov før og etter rehab [kWh/m²a]

Energipost	Målt forbruk før rehabilitering (Levert energi)	Beregnet energibehov etter rehabilitering	
		Netto energi	Levert energi
Oppvarming	195 – 220	25 - 88 %	15
Varmtvann	30	30	15
Vifter og pumper	10	10	10
Belysning og teknisk utstyr	40	40	40
Totalt	275 – 300	105	80 - 72 %

SINTEF Byggforsk



Solfangere på nærmeste tak

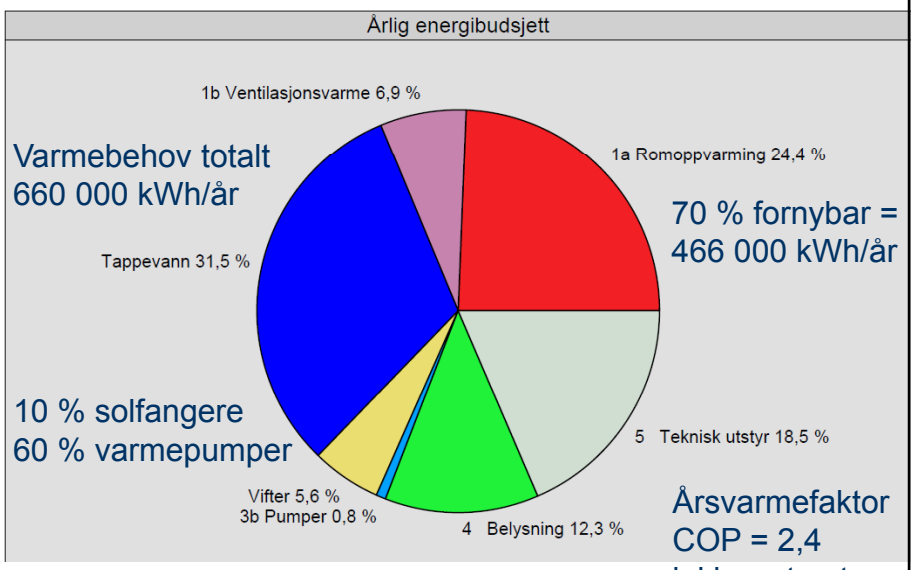
- 44 vakuumsolfangere
  - 101 m² effektivt areal totalt
- Dekker 10 % av varmebehovet (primært varmtvann)

SINTEF Byggforsk 36

Varmepumper utenfor energisentralen

- 4 luft-til-vann-varmepumper
  - 25 kW hver ved + 7 °C
  - 17 kW hver ved -20 °C
  - leverer opp til 45 °C varme
- 60 % av varmebehovet

Foreløpige simuleringer



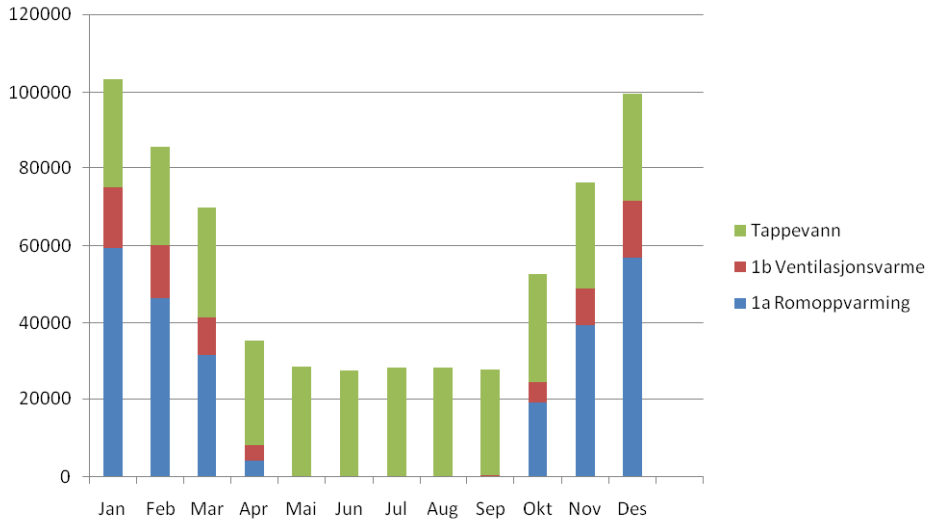
Varmebehov totalt 660 000 kWh/år

70 % fornybar = 466 000 kWh/år

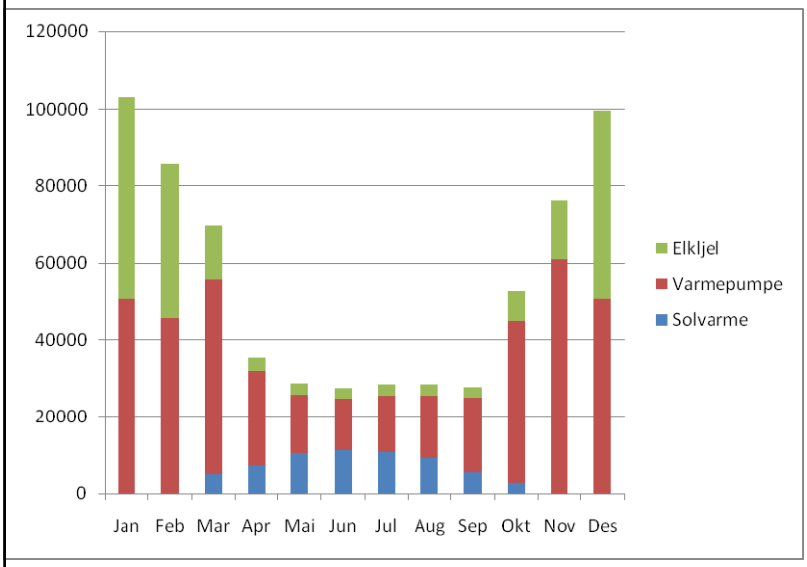
10 % solfangere
60 % varmepumper

Årsvarmefaktor COP = 2,4 inkl. systemtap

Varmebehov over året (foreløpig)



Dekningsbidrag over året (foreløpig)



Høyere investeringskostnader enn ved konvensjonell fasaderehabilitering – men …

	Kostnader millioner kr	Kostnader kr/m²
Totalentreprise	70,0	6430
Prosjektering og byggeledelse	4,5	410
Brutto investering PH-rehabilitering	74,5	6840
Konvensjonell Fasaderehabilitering	53,8	4940
Brutto merkostnader PH-rehabilitering	20,7	1900
Støtte fra ENOVA	6,4	590
Netto merkostnader PH-rehabilitering	14,3	1310

Inkludert mva

SINTEF SINTEF Byggforsk

… lavere husleie hver måned …

Kostnader per måned: Lån, energi, forvaltning, drift, vedlikehold	Toroms leilighet kr	Treroms leilighet kr
Totale månedlige kostnader passivhusrehabilitering	3190	3990
Totale månedlige kostnader konvensjonell fasaderehabilitering	3510	4390
Sparte kroner per måned	320	400

4,7 % rente ved PH-rehabilitering (Husbanken), 5,7 % ved konvensjonell fasaderehabilitering (vanlig bank), 30 år løpetid, energipris 81 øre/kWh

SINTEF SINTEF Byggforsk

… og tilleggsfordeler som

- Mye bedre inneklima og komfort
- Lavere vedlikeholds-kostnader
- Høyere markedsverdi, kanskje opp mot 2000 kr/m² mer

Ikke overalt var det isolasjon …

Tilbudsrunde og byggefase

- Forenkling nødvendig for å holde kostnadsrammen
- PH-dører for kjeller og inngang ikke på markedet i Norge
- >> Forenklet standard for trapperom, men lufttetting mot kjeller
  - Kompensasjon: Alle kjellervegger isoleres helt ned til fundament
- Varmegjenvinnere må optimeres for kaldt klima
- Agathon Borgen startet arbeidet i februar 2010

Suksessfaktorer

- Kostnader ikke høyere enn ved konvensjonell rehabilitering
- Styre positiv, har tillitt
  - Egenkapitalbasis bygd opp med høyere månedsleie i forkant
- Bevisst beboerdeltakelse
- Beboerstruktur
  - Unge og eldre, mange ny i borettslaget
- Klart beslutningsgrunnlag
- SINTEF Byggforsk som kompetent rådgiver

Foreløpige konklusjoner:

- Kostnadseffektiv rehabilitering etter passivhuskonseptet også mulig i Norge
- Solvarme og varmepumper kan utnyttes
- Beslutnings-prosess og design/ optimering mer krevende enn i Mellom-Europa

Under bygging 26. august 2010