

Ambisiøs energioppgradering med etterisolert fasade

FUKTSIKRE LØSNINGER FOR YTTERVEGGER OG OVERGANGER I MUR- OG BETONGBYGG



SINTEF Fag

Michael Klinski

Ambisiøs energioppgradering med etterisolert fasade

Fuktsikre løsninger for yttervegger og overganger i mur- og betongbygg

SINTEF akademisk forlag

SINTEF Fag 27

Michaël Klinski

Ambisios energioppgradering med etterisolert fasade

Fuktsikre løsninger for yttervegger og overganger i mur- og betongbygg

Emneord: energieffektivisering, kontorbygg, undervisningsbygg, yttervegg, fukt

Prosjektnummer: 102000162

ISSN 1894-1583

ISBN 978-82-536-1427-4 (pdf)

© Copyright SINTEF akademisk forlag 2014

Materialet i denne publikasjonen er omfattet av åndsverklovens bestemmelser. Uten særskilt avtale med SINTEF akademisk forlag er enhver eksemplarframstilling og tilgjengeliggjøring bære tillatt i den utstrekning det er hjemlet i lov eller tillatt gjennom avtale med Kopinor, interesseorgan for rettighetshavere til åndsverk. Utnyttelse i strid med lov eller avtale kan medføre erstatningsansvar og inndragning, og kan straffes med bøter eller fengsel.

Foto, omslag: Per Spjudvik, Multiconsult

SINTEF akademisk forlag

SINTEF Byggforsk

Forskningsveien 3 B

Postboks 124 Blindern

0314 OSLO

Tlf.: 22 96 55 55

Faks: 22 96 55 08

www.sintef.no/byggforsk

www.sintefbok.no

Forord

UPGRADE Solutions er et innovasjonsprosjekt i næringslivet som skal identifisere, utvikle og formidle løsninger som er avgjørende for å oppgradere yrkesbygg mot passivhusnivå. Prosjektet deltar også i det internasjonale forskningsprosjektet IEA SHC Task 47 *Renovation of Non-residential Buildings towards Sustainable Standards*. Prosjektet retter seg mot næringsbygg og skoler og omfatter også oppgradering av bygninger med vernehensyn.

UPGRADE Solutions er finansiert av 21 partnere (37 %), Norges forskningsråd (37 %) og Enova (26 %). Asplan Viak er prosjektansvarlig, SINTEF Byggforsk leder prosjektet og følgende partnere deltar i UPGRADE Solutions:



Forfatter av foreliggende rapport er Michael Klinski ved SINTEF Byggforsk. Spesielt Sivert Uvsløkk har gitt svært verdifulle innspill og kommentarer til rapporten. Også Peter Blom har bidratt i diskusjonen, mens Ute Kohmann har stått for hovedarbeidet ved oversettelsene fra engelsk til norsk i vedlegget. Medarbeidere fra Asplan Viak, Isola, Multiconsult og Veidekke har stilt til disposisjon tegninger og bilder. Vi takker dessuten alle involverte for innspill og tips under diskusjonene på partnernemøter i prosjektet.

Sammendrag

Mange eksisterende yrkesbygg med yttervegger i mur eller betong har stort behov for rehabilitering, samtidig som de har utilstrekkelig varmeisolasjon. Ofte innebærer ambisiøs etterisolering bare moderate tilleggskostnader. Etterisolering alene er imidlertid som oftest ikke lønnsomt. Også ny, ytterligere etterisolering en tid etter en allerede gjennomført, mindre ambisiøs etterisolering vil være lite lønnsom. Det er derfor viktig at slike anledninger for energieffektivisering – når det er behov for eller ønske om fasaderehabilitering – utnyttes fullt ut og gjøres best mulig innenfor et helhetlig konsept for bygningen. En grunnleggende forutsetning er at mer ambisiøse løsninger fortsatt er fuktsikre. I tillegg bør de være lufttette og ha minst mulig kuldebroer, noe som i sin tur også bidrar til fuktsikkerhet. Dette gjelder også for boliger, men foreliggende rapport tar utgangspunkt i yrkesbygg.

Målet med rapporten er å vise slike gode løsninger og på denne måten å bidra til at det oftere velges energiambisiøs oppgradering når det i utgangspunkt er behov for eller ønske om rehabilitering av yrkesbygg. Innledningsvis blir det avklart for hvilke typer bygninger løsningene egner seg for og hvilke hensyn som må tas, samt at det foreslås tilstandskontroll. Prinsipper, valgmuligheter og ambisjonsnivå drøftes i avsnittet om prosjektering og konstruksjons- og materialvalg. Hoveddelen av rapporten omfatter flere avsnitt om konstruksjoner med overganger samt gjennomføringer, innfestinger og hjelpemidler. Rapporten visers eksempler fra bygde prosjekter og publikasjoner både i Norge og i andre land, mange fra norske og internasjonale forskningsprosjekter som SINTEF Byggforsk har vært involvert i. Rapporten er imidlertid ikke en ferdig «anvisning»: Viste løsninger skal være til inspirasjon for høyere ambisjoner i kommende oppgraderingsprosjekter, men løsningene må alltid vurderes konkret i forhold til situasjonen i det aktuelle prosjektet, inkludert klimaet på stedet.

I et livsløpsperspektiv kan man ofte velge mer ambisiøse løsninger uten å øke totale kostnader – og samtidig være godt rustet for framtidige økte energipriser. Innenfor et helhetlig konsept for oppgraderingen bør det utvikles en plan for et mest mulig ubrutt lufttett sjikt rundt hele bygningskroppen, og også isolasjonen bør så langt praktisk mulig være ubrutt og usvekket rundt hele klimaskallet. Overganger og gjennomføringer må detaljplanlegges og arbeidet må følges opp på byggeplassen. Manglende planlegging kan ikke kompenseres av bedre utførelse – men gode, enkle detaljer kan bidra til å forebygge dårlig utførelse. Det gjelder ikke minst ved trinnvis oppgradering, som aldri bør gjøres uten en helhetlig plan. Rapporten viser eksempler for slik planmessig oppgradering trinn for trinn samt muligheter for kompensierende tiltak der eksisterende konstruksjoner begrenser fullgode løsninger, eller der teknisk optimale løsninger ville bli altfor dyre.

Et helhetlig konsept forutsetter at man ikke kun ser på fasaden som sådan, men ser den i sammenheng med tilstøtende bygningsdeler og overganger mot dem. Rapporten behandler derfor også løsninger mot terreng og på tak og takterrasser. Lufttette konstruksjoner med lave kuldebroer øker fuktsikkerheten. Rapporten viser hvordan man samtidig kan ivareta sikkerhet mot regn, noe som kan være utfordrende i sammenheng med universell utforming. Et eget kapittel er viet plassering og innsetting av vinduer. Å flytte nye vinduer med isolert karm ut i det utvendige isolasjonssjiktet gir både lave kuldebroverdier og kan dessuten bidra til å opprettholde det arkitektoniske uttrykket. Opparbeiding og utflytting av gamle bevaringsverdige enkeltvinduer i kombinasjon med innvendige varevinduer kan gi svært lave kuldebroverdier og god energieffektivitet selv med glassdelende sprusser utvendig.

Innhold

1	Innledning	7
1.1	Generelt	7
1.2	Mål	7
1.3	Avgrensninger	8
1.4	Hensyn ved utvendig etterisolering.....	8
2	Tilstandskontroll.....	10
3	Prosjektering og valg av konstruksjon og materiale	11
3.1	Generelt	11
3.2	Lufttetthet.....	11
3.3	Reduksjon av kuldebroer	13
3.4	Valg av konstruksjon.....	15
3.5	Valg av materiale	16
3.6	Ambisjonsnivå.....	17
4	Konstruksjoner: Etterisolering av yttervegger	20
5	Plassering og innsetting av vinduer	23
5.1	Teoretisk grunnlag	23
5.2	Løsninger og eksempler	26
5.2.1	Vindu i innerste del av isolasjonssjiktet	26
5.2.2	Vindu i fremre del av isolasjonssjiktet, trukket inn noen centimeter	28
5.2.3	Vindu i flukt med nytt fasadeliv.....	30
6	Overgang mot terreng.....	32
6.1	Generelt	32
6.2	Vegg, fundament og golv på grunnen.....	32
6.3	Vegg og kjellerdekke.....	37
7	Overgang mot tak.....	40
7.1	Flate tak	40
7.1.1	Generelt.....	40
7.1.2	Isolasjon på begge sider av taket	41
7.1.3	Oppfôret tretak	42
7.1.4	Takterrasse og overgang ved dør	46
7.1.5	Innfesting av solfangere og solcellepaneler på flatt tak.....	48
7.2	Skråtak	51
8	Hjelpemidler.....	53

9	Trinnvis oppgradering	56
10	Referanser	59
	Vedlegg: Prosjektbrosjyrer fra IEA SHC Task 47.....	62

1 Innledning

1.1 Generelt

Bakgrunnen for arbeidet er at mange eksisterende yrkesbygninger med yttervegger i mur eller betong har stort behov for rehabilitering, samtidig som de har utilstrekkelig varmeisolasjon. Hvis Norges klimamål skal kunne oppnås, må varmetapet fra eksisterende bygninger i Norge reduseres vesentlig i årene framover. Når det er behov for omfattende fasaderehabilitering, er det bare moderate tilleggskostnader knyttet til å etterisolere samtidig. Når man vurderer etterisolering senere, uten behov for fasaderehabilitering, vil kostnadene normalt være så høye at det ikke er lønnsomt, og tiltak vil ofte ikke bli gjennomført. Også ny, ytterligere etterisolering en tid etter en allerede gjennomført, mindre ambisiøs etterisolering vil være lite lønnsom. Det er derfor viktig at slike anledninger for energieffektivisering – når det er behov for eller ønske om fasaderehabilitering – utnyttes fullt ut og gjøres best mulig innenfor et helhetlig konsept for bygningen. Ambisjonsnivået bør være høyere enn det som var vanlig tidligere, med løsninger som er sikre og bærekraftige over tid. En grunnleggende forutsetning er at mer ambisiøse løsninger fortsatt er fuktsikre. I tillegg bør de være lufttette og ha minst mulig kuldebroer, noe som i sin tur også bidrar til fuktsikkerhet.

1.2 Mål

Målet med rapporten er å vise gode, fuktsikre løsninger ved utvendig etterisolering som kan bidra til at det oftere velges energiambisiøs oppgradering når det i utgangspunkt er behov for eller ønske om rehabilitering av yrkesbygg. Innledningsvis blir det avklart hvilke typer bygninger løsningene egner seg for og hvilke hensyn som må tas, samt at det foreslås tilstandskontroll. Prinsipper, valgmuligheter og ambisjonsnivå drøftes i avsnittet om prosjektering og konstruksjons- og materialvalg. Hoveddelen av rapporten omfatter flere avsnitt om konstruksjoner med overganger samt gjennomføringer, innfestinger og hjelpemidler. Rapporten viser eksempler fra bygde prosjekter og publikasjoner både i Norge og i andre land¹, der de er relevante. Flere av eksemplene – og også en stor del av de drøftede prinsippene – er hentet fra forskningsprosjekter som SINTEF Byggforsk har vært involvert i. Først og fremst gjelder dette prosjektet *Upgrade Solutions* med det tilknyttede internasjonale prosjektet IEA SHC Task 47 *Renovation of Non-Residential Buildings towards Sustainable Standards* samt et tidligere prosjekt, relatert til boligbygg, IEA SHC Task 37 *Advanced Housing Renovation by Solar and Conservation*². Noen eksempelbygninger med relevante løsninger fra Task 47 er presentert som vedlegg.

Det understrekes at rapportens hoveddel ikke skal være en «anvisning» med omforente anbefalte løsninger for norske forhold, men heller en redegjørelse til inspirasjon med løsninger som man kan og bør vurdere, men ikke bare kopiere og heller ikke anvende uten å «tenke selv» og vurdere det i forhold til situasjonen i det aktuelle prosjektet, inkludert klimaet på stedet hvor bygningen ligger.

¹ Dette er gjort for å kunne vise flere løsninger for mur- og betongbygninger, hvor det eksisterer mer erfaring med ambisiøs oppgradering i land som Tyskland og Østerrike. Et stort antall rapporter publiseres jevnlig på nettstedene http://www.passiv.de/en/05_service/05_service.htm og <http://www.hausderzukunft.at/publikationen/endberichte.htm> (begge har noe på engelsk, det meste på tysk).

² Publikasjoner fra IEA-prosjektene kan lastes ned på <http://task37.iea-shc.org/publications> og <http://task47.iea-shc.org/publications>.

1.3 Avgrensninger

Denne rapporten har fokus på pussede mur- og betongfasader i yrkesbygg. Den kan også være aktuell for upussede vegger med synlige tegl, dersom det er ønskelig å endre uttrykket, for eksempel på grunn av skader som ellers ville være krevende å utbedre. Prinsipper og løsninger kan som oftest også brukes i boligbygg med liknende konstruksjoner. I tillegg til løsninger for yttervegger som sådan behandler rapporten tilstøtende bygningsdeler som golv på grunnen, tak, vinduer osv., samt overganger mot dem. Rapporten behandler ikke bygninger med yttervegger av tre eller med bærende skjelett av betong eller stål med utfyllende bindingsverk.

1.4 Hensyn ved utvendig etterisolering

Med utvendig tilleggisolering blir kuldebroer ved etasjeskillere og tilstøtende innervegger eliminert eller vesentlig mindre. Innvendig blir overflatetemperaturen høyere ved disse overgangene og generelt på de etterisolerte bygningsdelene. Faren for kondens og mugg blir derfor i utgangspunktet betydelig mindre enn før, og komforten økes. Ved noen spesielle overganger, som gesims, balkonger, vinduer, dører, dekke mot uoppvarmet kjeller og fundament, må det imidlertid utvikles tilpassede løsninger som holder overflatetemperaturen tilstrekkelig høy og hindrer unødvendig varmetap. Med nye løsninger kan det også oppstå nye kuldebroer som ikke fantes i den gamle konstruksjonen, for eksempel ved innfesting av ny fasadekledning. Kuldebroene bør holdes på lavest mulig nivå, og effekten må tas med i energiberegningen.

Med utvendig etterisolering og ny, regntett overflate blir veggen innenfor mindre utsatt for slagregn og temperatursvingninger enn før, samt generelt varmere og tørrere. Dette eliminerer også faren for betongskader. Eksisterende, mindre betongskader trenger muligens ikke utbedring, og større skader kan kanskje utbedres på en enklere måte enn uten etterisolering. Dette bør utredes og tas med i kostnadsvurderingen når det er aktuelt. Generelt bør dampåpenheten øke fra innvendige til utvendige sjikt. Man må sikre at uttørking mot det fri ikke hindres av nye, mer damptette utvendige sjikt i fasaden. Eksisterende utvendige damptette sjikt bør fjernes. Ved valg av nye materialer og løsninger må man dessuten ta hensyn til brannkrav.

Etterisolering, spesielt sammen med nye vinduer og lufttetting rundt overganger, vil normalt også forbedre lyddempingsegenskapene. Likevel kan det ved bruk av stive plater som EPS, lamellplater av mineralull eller mineralske isolasjonsplater forekomme mindre forverringer i visse frekvensområder på grunn av resonanseffekter.

Etterisolering av fasader kan føre til at bygningens karakter endres og er i så fall søknadspliktig. Reguleringsbestemmelser eller praktiske forhold som bredde på fortau e.l. kan sette begrensninger på hvilke løsninger som er mulig. Det bør diskuteres og avklares tidlig om endring av det arkitektoniske uttrykket er ønskelig, hvor vidt det er tillatt eller om det er et ønske eller krav å beholde mest mulig av uttrykket. Hvis man ønsker å beholde ornamenten i den gamle fasaden, lar til og med det seg løse i mange tilfeller. Større etterisolering av fasaden kan medføre at overgangen mot taket må endres. Dette kan likevel løses slik at proporsjonene i bygningen kan beholdes. På samme måte kan vinduer plasseres slik at de har samme avstand fra fasadelivet som før. Dette gjør dessuten at tilgang på dagslys og soltilskudd ikke forringes så mye som ved vindusplassering lenger inne i veggåpningen. På den andre siden kunne en moderat endring av fasadeuttrykket kanskje utnyttes til større dagslystilgang.

Generelt bør omfattende fasadeoppgradering ses i sammenheng med behov for rehabilitering av andre deler av bygningskroppen og tekniske installasjoner. Man bør også se fasadeoppgraderingen i sammenheng med behov og ønsker om andre endringer i bygningen, samt aktuelle kvalitetskrav e.l., selv om de ikke nødvendigvis er påkrevd gjennom lov eller forskrift. Eksempelvis vil det være framtidsrettet å se på løsninger i tråd med universell utforming når det settes inn nye inngangs- eller terrassedører i forbindelse med etterisolering av fasaden.

Ulike bygningsdeler og komponenter har forskjellig levetid og kan være i ulik tilstand, slik at ikke alle har behov for rehabilitering eller utskifting eller ønskes oppgradert samtidig. Det kan derfor være riktig å gjennomføre tiltak i flere trinn. I slike tilfeller bør tiltakene inngå i en helhetlig plan som tar høyde for at mange tiltak er avhengig av hverandre, slik at alt blir gjort i riktig rekkefølge og første tiltak ikke hindrer gode og kostnadseffektive tiltak senere.

2 Tilstandskontroll

I utgangspunktet er kravet til tilstandskontroll det samme som ved mindre ambisiøs etterisolering, som beskrevet i Byggforskserien 723.312. Alvorlige skader på betong- og murvegger eller skader som kan utvikle seg bak ny isolering, må utbedres. Løs puss må som regel hogges ned. For utbedring av betong- og murvegger, se Byggforskserien 720.112, 720.232 og 723.235. Hvorvidt og på hvilken måte skader må utbedres, er for øvrig også avhengig av hva slags underlag den valgte etterisoleringsløsningen trenger, og om dette underlaget samtidig skal være det lufttette sjiktet i ytterveggen, se avsnitt 3.2.

3 Prosjektering og valg av konstruksjon og materiale

3.1 Generelt

For å få til en fuktsikker bygning er det nødvendig med spesiell oppmerksomhet på slagregn, fukt fra grunnen, lufttetthet og kuldebroer, samt diffusjonsmotstand av ulike sjikt. Dette blir behandlet i kapittel 4–7 i sammenheng med konkrete løsninger. Noen prinsipper er oppsummert i de følgende punktene.

3.2 Lufttetthet

Når det etterisoleres, bør det alltid gjøres tiltak for å forbedre lufttettheten. For å få dette til, må det utvikles et konsept med kontinuerlig, så langt som praktisk mulig ubrutte lufttette sjikt rundt hele bygningskroppen. Videre må overganger og gjennomføringer detaljplanlegges og arbeidet må følges opp på byggeplassen. Manglende planlegging kan ikke kompenseres av bedre utførelse – men gode, enkle detaljer kan bidra til å forebygge dårlig utførelse. Poenget er at det er *ett* kontinuerlig, uavbrutt sjikt. Det er ikke tilstrekkelig å etablere to *nesten* lufttette sjikt med noen svake punkter.

Selv om ikke hele bygningen er berørt av oppgraderingstiltak, bør konseptet tilstrebe at et mest mulig ubrutt lufttett sjikt rundt hele bygningskroppen kan oppnås og kompletteres senere. Luftlekkasjer kan medføre store varmetap og fare for fuktskader. Kalde innvendige overflater og trekk kan ødelegge for termisk komfort og medføre at et forenklet oppvarmingssystem uten radiator under hvert vindu ikke er tilstrekkelig.

Betong i seg selv har vanligvis god lufttetthet og kan være en viktig og pålitelig del av det lufttette sjiktet. Overganger til andre materialer og gjennomføringer samt eventuelle fuger mellom betongelementer må imidlertid tettes nøye. Murte konstruksjoner er ikke lufttette og trenger derfor et lufttett sjikt som vanligvis dannes av puss. Eksisterende puss kan, avhengig av tilstand og konsept, brukes videre og danne det lufttette sjiktet også etter oppgraderingen.

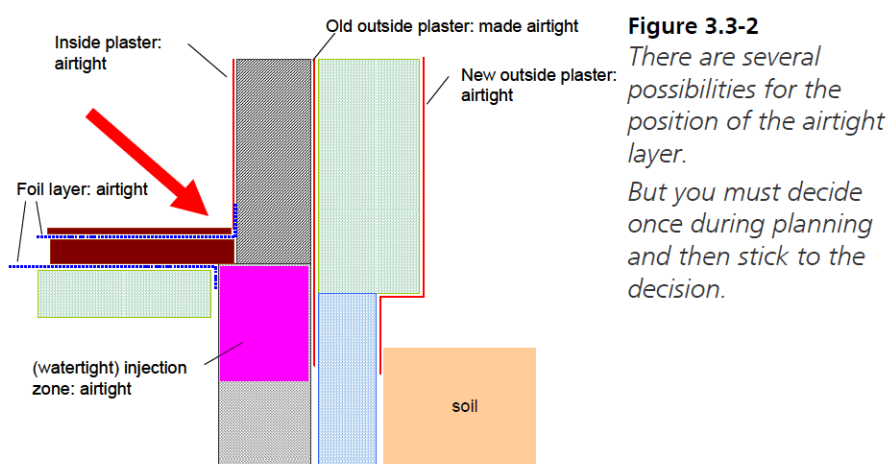


Figure 3.3-2
There are several possibilities for the position of the airtight layer. But you must decide once during planning and then stick to the decision.

Figur 1 Det lufttette sjiktet kan plasseres på forskjellige steder, men skal være sammenhengende. Se teksten under. Kilde: IEA SHC Task 37 (2011).

Ved etterisolering av eksisterende vegger kan det lufttette sjiktet plasseres i tre alternative posisjoner³, som det er vist i Figur 1.

- Opsjon 1: *Utbedret innvendig* puss som lufttett sjikt. Denne plasseringen kan gir svært gode resultater, men forutsetter sikre lufttette overganger mot kjellergolv/golv på grunnen, mot etasjeskillere og mot tak. Det vil si at pussen må føres helt ned og opp mot de lufttette komponentene i disse bygningsdelene; det er for eksempel ikke tilstrekkelig med puss som ender ved golvbelegg eller fotpanel. Videre må kabler føres på romsiden og ikke i pusslaget, eller i veggen med lufttette gjennomføringer. Spesiell oppmerksomhet må vies til stikkontakter. Opsjon 1 er vanskelig å gjennomføre i tilfelle rommene er i bruk under arbeidene, og løsningen er ikke egnet dersom etasjeskillere består av trebjelkelag.
- Opsjon 2: *Utbedret utvendig* puss som lufttett sjikt, nå beskyttet *mellom* eksisterende vegg og ny isolasjon. Eksisterende utvendig puss kan ha større skader enn innvendig puss, slik at det blir mer krevende å få dette laget lufttett. Til gjengjeld vil dette laget ikke bli synlig, slik at en sparklet overflate kan være tilstrekkelig, eller det lufttette sjiktet dannes av en gjennomgående klebemørtelflate under isolasjonen (istedenfor punktvis lim). Ved opsjon 2 ligger eventuelle trebjelker på varm side innenfor lufttettingen, og også andre nevnte utfordringer ved innvendig lufttetting vil falle bort.
- Opsjon 3: *Nytt lufttett sjikt på yttersida* av isolasjonen, enten som puss eller som vindtettingslag (rullprodukt eller plate) under ventilert kledning. Opsjon 3 kombinerer lufttetting og vindtetting og kan også gi noen utfordringer ved overganger. Spesielt ved vinduer og dører må man likevel sørge for innvendig lufttetting, slik at det ikke blir lekkasjer fra varm til kald side ved karmene.

Hvis man velger opsjon 1 eller 2, er det likevel viktig at utvendig regn- og vindbeskyttelse er på plass, bl.a. for å beskytte isolasjonen mot anblåsing. Dette er spesielt viktig ved bruk av luftet fasadekledning, hvor det normalt må monteres en vindsperr utenpå isolasjonen. Ved anblåsing strømmer luft gjennom utettheter i veggens ytre tettesjikt på ett sted, for så å strømme ut igjen gjennom andre utettheter et annet sted. Denne typen luftlekkasje skyldes utettheter i vindsperra og varierende vindtrykk oppover langs veggen; varmetapet øker fordi isolasjonen kjøles ned⁴. Også vindsperra bør derfor monteres mest mulig lufttett. Dette gir dette dessuten en ekstra «forsvarslinje» i tilfelle det er svake punkter i det primære lufttettingssjiktet.

Også for kjellergolv/golv på grunnen og tak må det avklares hvor det lufttette sjiktet skal ligge. Det kan være konstruksjonen i seg selv, hvis det er betong /sementgolv, eller over eller under konstruksjonen, eller mellom eksisterende konstruksjon og ny isolasjon. Mulige løsninger for overganger blir noe forskjellig, også avhengig av valgt løsning for veggen. Ved eksisterende konstruksjoner kan det så skje at det blir umulig eller svært dyrt å oppnå kontinuerlig lufttett overgang i visse områder. Et eksempel er en porøs kjellervegg i sammenheng med valgt lufttett sjikt i opsjon 2 eller 3 i figuren. Ved opsjon 2 kunne det injiseres tetting i den øvre delen av den porøse veggen – et kjent, men kostbart tiltak i sammenheng med vanntetting. Et rimeligere alternativ ved så vel opsjon 2 som opsjon 3 kunne være å føre begge sjikt (både 2 = mellom vegg og isolasjon og 3 = utenpå den) så langt ned som mulig, som vist i Figur 1. Selv om dette ikke ville være noen fullgod løsning, ville det hjelpe mye. Det kunne også brukes lufttett isolasjon som skumglass langs sokkelen.

³ Se Gütermann og Kaufmann (2011)

⁴ Dette gjelder i særlig grad i isolasjonstyper med stor luftgjennomgang i seg selv, som mineralull.

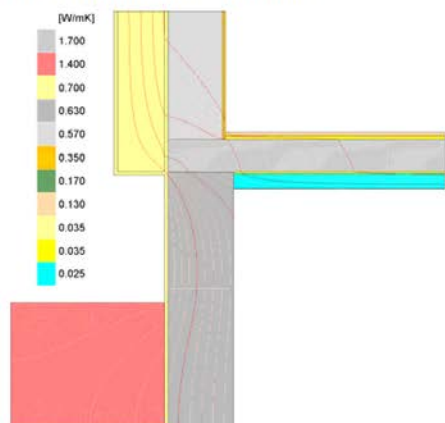
3.3 Reduksjon av kuldebroer

Etter samme prinsipp som for lufttetthet, bør også isolasjonen så langt praktisk mulig være ubrutt og usvekket rundt hele bygningskroppen. I tillegg til å unngå større varmetap og komforttap er dette viktig for å minimere fare for kondens, mugg og sverting. I eksisterende bygninger kan det være vanskelig å få til, spesielt ved sokkel og gesims, hvor det ofte ville være komplisert og dyrt å skifte ut deler av den gamle konstruksjonen for å oppnå mindre varmetap. «Oppskriften» her er å «pakke inn» kjellervegg/fundament og parapet med isolasjon henholdsvis lenger ned og lenger opp og på begge sider. Det samme gjelder tilstøtende vegger og søyler i uoppvarmet kjeller, som bør bli isolert et stykke ned under kjellerdekket. Med slike tiltak vil man kunne holde innvendige overflatetemperaturer på vegger, golv og øverste dekke tilstrekkelig høye og også hindre altfor store tilleggsvarmetap.

Utvendig isolering vil generelt medføre noe økt temperatur i mur- og betongvegger, også i de delene hvor det ikke er fullgod isolering. Det blir derfor mindre fare for kondens og sverting, selv om kuldebroene ikke er eliminert. I tilfeller hvor det er svært vanskelig å få til minimering av kuldebroer fullt ut, bør dette altså ikke brukes som argument mot etterisolering som sådan. Likevel bør kuldebroer minimeres så godt som mulig i det aktuelle prosjektet.

Et eksempel på henholdsvis dårlig og god overgang mellom yttervegg og kjellerdekke er vist i Figur 2 og Figur 3 på neste side.

Base not insulated - unusable



[HMWi 2009]

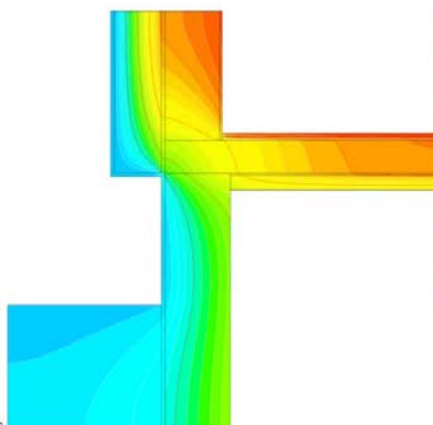


Figure 3.4-11
Materials/isotherm image

Temperatures image

Inside and outside of the basement wall without insulation. This configuration would be unusable due to extremely high thermal bridge effect and consecutively low surface temperatures on the inside leading to condensate and mould.

Boundary conditions:

exterior wall $U = 0,122 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

260 mm 0,035 W/(mK)

cellar ceiling $U = 0,214 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

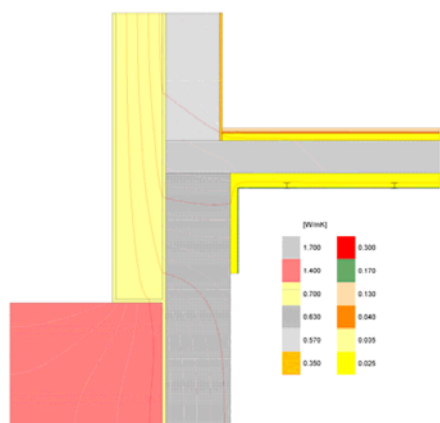
80 mm 0,025 W/(mK)

Resulting thermal bridge effect:

$\Psi_a = 0,324 \text{ W/(mK)}$

$\vartheta_{\text{min}} = 9,9 \text{ }^\circ\text{C}$

Base insulated 4.1



[HMWi 2009]

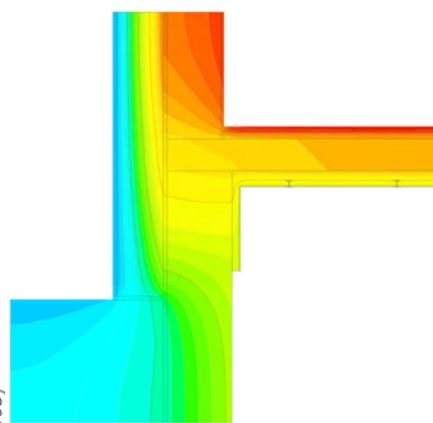


Figure 3.4-19
Materials/isotherm image

Temperatures image

exterior wall and cellar ceiling insulated, exterior wall and base insulated down to ground.

Boundary conditions:

exterior wall $U = 0,122 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

260 mm 0,035 W/(mK)

cellar ceiling $U = 0,177 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ 50+80 mm 0,025

W/(mK)

Insulation on inside of exterior

wall 55 cm down from cellar

ceiling

Resulting thermal bridge effect:

$\Psi_a = 0,046 \text{ W/(mK)}$

$\vartheta_{\text{min}} = 13,40 \text{ }^\circ\text{C}$

Realized solution in project Tevesstrasse, cf. Fig. 1 and Fig. 9 Insulation of basement wall (inside) 40 mm 0,025 W/(mK) laminated with hardboard

Figur 2 og Figur 3 Analyse av sokkelløsninger i et rehabiliteringsprosjekt i Frankfurt am Main, Tyskland. Bildet øverst viser en ubrukelig løsning hvor fasadeisolasjonen ender i flukt med kjellerdekket. Det er høy kuldebroverdi og lav innvendig overflatetemperatur ned til 9,9 °C i hjørnet mellom yttervegg og golv mot kjeller. Her er det fare for kondensering og mugg, selv om temperaturen er noe høyere enn uten etterisolering. Bildet nederst viser den valgte løsningen med fasadeisolasjon ned til terreng, forbedret isolasjon av kjellerdekket og innvendig isolasjon langs kjellerveggen, 55 cm ned fra kjellerdekket. Kuldebroverdien er mye lavere, og minste innvendige overflatetemperatur er økt til ufarlige 13,4 °C. Vær oppmerksom på at kuldebroverdiene i bildeteksten til høyre er relatert til energiberegninger med utvendige mål. Etter norsk metode med innvendige mål ville det i begge tilfeller være høyere kuldebroverdier⁵. Forbedringen i absolutte kilowattimer ville likevel i realiteten være den samme. Fargeskalaen ved detaljene til venstre uttrykker varmekonduktiviteten (λ i W/mK) i sjiktene og er dessverre vanskelig å lese. λ -verdiene er hhv. 0,63 (kjellervegg), 0,57 (normalvegg) og 1,7 W/mK (kjellerdekke). Med andre Lambdaverdier vil også kuldebroverdiene og overflatetemperaturer endre seg. Kilde: IEA SHC Task 37 (2011).

⁵ I Norge brukes innvendige mål, og da kommer geometriske kuldebroer i tillegg. Etter metoden med utvendige mål, som brukes i mange andre land, er geometriske kuldebroer allerede inkludert i beregnet varmetap gjennom vegg-, golv- og takarealet.

Vinduene bør ikke bli plassert i samme posisjon som før. Et vindu plassert et stykke inn i den eksisterende åpningen ville ha høy kuldebroverdi og uakseptabelt lav innvendig overflatetemperatur ved overgangene mellom karm og smyg. Et minstekrav her er å etterisolere også smyget inn i åpningen og mot karmen. Imidlertid ville kuldebroverdiene synke og overflatetemperaturene stige betydelig mer ved å plassere vinduet i det nye isolasjonssjiktet. Denne løsningen gir dessuten noe bedre dagslystilgang og potensielt mer soltilskudd, samt at det estetiske uttrykket ikke ville endres så mye som med dyptsittende vinduer. Generelt vil det å føre isolasjon på vinduskarmen gi lav kuldebroverdi og et visuelt inntrykk av smale vindusprofiler.

Påhengte fasader kan medføre svært store kuldebroer. Gjennomgående innfestingselementer – spesielt hvis disse er lineært og i aluminium – kan doble eller til og med tredoble veggens reelle U-verdi. Selv forbedrede konstruksjoner med punktvis gjennomføringer og termisk skille kan øke U-verdien i en vegg for eksempel med 0,04 fra 0,16 til reelt 0,20 W/m²K, slik at det burde kompenseres med betydelig tykkere isolasjon. Dette viser at tilsvarende løsninger må drøftes nøye⁶. Avhengig av lasten som må overføres til bygningskroppen, tilbys det i dag flere innfestingskonstruksjoner som kan være egnet. Noen slike konstruksjoner samt tabeller med kuldebroverdier er presentert i brosjyren Protokollband Nr. 35 (2007) fra Passivhusinstituttet, og et sammendrag på norsk med noen eksempler er gitt i Klinski (2010b)⁷.

Prinsippet for påhengte fasader og andre innfestinger bør være å minimere antall og tverrsnitt, bruke punktvis innfestinger istedenfor lineære, og velge materialer med lavere varmeledning og/eller termisk skille i eller ved konstruksjonene. Sokkellister i overgangen mellom ulike tykkelser eller typer isolasjon bør ikke være av aluminium eller stål, men heller av plast. I mange tilfeller kan sokkellister også sløyfes eller erstattes med enkle dryppneser.

3.4 Valg av konstruksjon

Ved etterisolering av bygninger hvor det er et ønske eller et krav at det eksisterende visuelle uttrykket blir opprettholdt i stor grad, vil det være mest aktuelt å velge en pusset fasade, enten med puss direkte på isolasjon eller med pussede plater som luftet og drenert kledning. På steder med større slagregnbelastning er en slik kledning generelt å foretrekke ettersom den vil fungere som regnskjerm i en totrinns tetting. Systemer med puss direkte på isolasjon er noe mer sårbare, men kan også være slankere siden luftespalta faller bort. Dette er en fordel når plassen er knapp eller når det er restriksjoner på hvor mange centimeter det nye fasadelivet kan stikke ut. Det bør brukes en pussoppbygging med dokumentert god regntetthet. Godt prosjekterte og utførte overgangsdetaljer mot vinduer er essensielt. Ved etterisolerte massive stein- eller betongvegger er det for øvrig mindre risikofullt om regnvann trenger inn i isolasjonssjiktet som ligger utenfor bæreveggen; ved pussede trestendervegger kan derimot inntrengende regnvann skade bærekonstruksjonen direkte. Også i denne sammenhengen er det en fordel å plassere vinduene i isolasjonssjiktet og ikke et stykke inn i åpningen i den eksisterende veggen. Det gir mindre kuldebrotap og enklere regntetting.

⁶ Se f.eks. et bidrag fra Jürgen Schnieders i Protokollband Nr. 35 (2007).

⁷ Rapporten kan lastes ned her:

<http://www.coinweb.no/files/Reports/Good%20details%20for%20concrete%20constructions%20in%20Passive%20Houses.pdf>

Om det er ønskelig og tillatt å endre det visuelle fasadeuttrykket noe mer, er også andre konstruksjoner aktuelle, som påhengte fasader i flere varianter (ulike plater, naturstein) eller til og med ny teglforblending. Slike konstruksjoner behandles ikke nærmere i denne rapporten. Det er imidlertid viktig å være klar over at disse er mye mer krevende når det gjelder å unngå større kuldebroer.

En generell innføring i etterisolering av betong- og murvegger gis i Byggforskserien 723.312 (nye anvisninger kommer snart). Varianter og aspekter av utvendig kledning er behandlet i Byggforskserien, deriblant puss på isolasjon i 542.303. Det gjøres oppmerksom på at noen detaljer i disse anvisningene ikke er tilstrekkelige for ambisiøs oppgradering med svært lave kuldebroer.

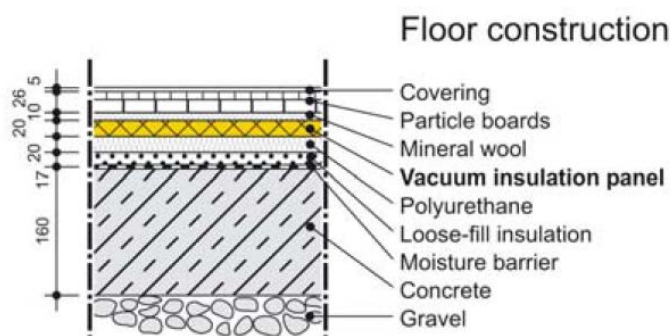
3.5 Valg av materiale

Som isolasjonsmateriale på fasaden vil mineralull være mest aktuelt. Avhengig av brannkrav i den aktuelle situasjonen, kan eventuelt også brennbare materialer brukes. I tillegg til kjente varianter av plastisolasjon, kan dette eksempelvis være cellulosefiber, porøse trefiberplater, ull eller halm. Spesielt de to førstnevnte har etter hvert fått en viss markedsandel i energieffektive bygninger i Sentral-Europa, hvor for eksempel pussede trefiberplater har blitt et alternativ til puss på EPS, som i sin tur er mye mer utbredt enn puss på mineralull. Strengere brannkrav kan delvis oppfylles ved å plassere striper av mineralull over vindus- og døråpninger. For norske forhold er bruk av brennbar isolasjon i bygninger behandlet i Byggforskserien 520.339.

Alternative, ikke brennbare isolasjonsmaterialer er eksempelvis skumglass (vann- og damp tett), mineralske isolasjonsplater og kalsiumsilikatplater. De to sistnevnte har svært like egenskaper; begge er kapillæraktive og dampåpne. Det er også de brennbare alternativene cellulose- og trefiber, mens plastisolasjon har betydelig større dampmotstand, varierende etter det konkrete produktet.

Nyere alternative isolasjonsmaterialer med betydelig høyere isolasjonsevne er vakuumisolasjon og aerogel. Sistnevnte isolerer en del bedre enn polyuretan, er også brennbar, men dampåpen, fleksibel og gjennomskinnelig. Dette er egenskaper som kan gjøre aerogel til et interessant alternativ på sikt, men prisen er foreløpig så ekstremt høy at fasade- og takisolasjon ikke er blant områdene hvor produktet normalt vil bli vurdert. Også vakuumisolasjon er for dyrt til å bli brukt, utover spesielt krevende situasjoner, men produktet har vært på markedet i lengre tid og har blitt rimeligere etter hvert. Vakuumisolasjon har enda høyere isolasjonsevne enn aerogel, er damp tett og ikke brennbar, men må beskyttes mot punktering og kan ikke skjæres eller tilpasses på byggeplassen. Isolasjonsevnen vil avta noe over tid, men fortsatt være betydelig bedre enn alle andre materialer. Produksjonsprosessen er energikrevende, slik at et slankt vakuumisolasjonspanel kan inneholde like mye bundet energi som et betydelig tykkere lag med vanlig isolasjon.

Alt i alt betyr det at vakuumisolasjon først og fremst er et alternativ i spesielle situasjoner hvor det er lite plass og likevel et behov for eller et ønske om god isolasjon. Eksempler kan være golv på grunnen i rom med begrenset høyde, som vist i Figur 4, eller takterrasser med restriksjoner på nivåforskjell mellom inne og ute.



Figur 4 Golv på grunnen med vakuumisolasjon, fra en rehabilitert barnehage i Ulm, Tyskland. Golvhøyden skulle ikke økes på grunn av eksisterende dører, og underliggende betong skulle ikke hogges opp. Eksisterende 66 mm sementgolv og 30 mm isolasjon ble erstattet av en ny golvkonstruksjon, hvor vakuumisolasjonspaneler ligger beskyttet mellom isolasjon av polyuretan og mineralull. U-verdien ble forbedret fra 0,96 til 0,18 W/m²K. I skjøtene mellom panelene oppstår imidlertid kuldebroer, som ble beregnet til 0,0061 W/mK. Dette høres lite ut, men siden det er mange meter med skjøter, gir det et betydelig påslag. Inkludert dette kuldebropåslaget øker U-verdien etter oppgradering reelt til 0,21 W/m²K. Kilde: IEA SHC Task 37 (2011).

3.6 Ambisjonsnivå

Et ambisiøst mål ved oppgradering av yrkesbygg kan være å oppfylle kriteriene til lavenergibygninger eller passivhus. Her må man se på bygningen og tekniske installasjoner som helhet, men etterisolering av fasaden, utskifting av vinduer og lufttettingstiltak vil være essensielle bidrag for å minimere netto oppvarmingsbehov. I eksisterende bygninger kan det være vanskelig, svært kostbart eller umulig å oppnå en bestemt standard fullt ut på grunn av begrensninger i bygningen eller andre restriksjoner. Å oppfylle en bestemt standard kan imidlertid utløse tilskudd eller gunstig lån, slik at kostnadsbildet kan bli bedre enn om et terskelnivå *nesten* blir oppnådd.

Hvis målet «bare» er å oppnå energimerke A eller B, er dette mulig også med noe mindre isolasjon. Grunnen er at energimerkeordningen er relatert til levert energi, hvor svært effektive tekniske installasjoner og bruk av varmepumper eller solfangere kan kompensere for høyere netto energibehov. Generelt har yrkesbygg ofte relativt stort bruksareal i forhold til arealet til ytterkonstruksjoner, slik at isolasjonstykkelsen ikke spiller så stor rolle som i mindre boligbygg. Man bør imidlertid være klar over at en god bygningskropp, inkludert energieffektive vinduer, er en forutsetning for å kunne forenkle oppvarmingssystemet, slik at man ikke trenger radiatorer i nærheten av hvert vindu. På denne måten kan høyere kostnader for isolasjon og vinduer i det minste delvis kompenseres av mindre kostnader for tekniske installasjoner.

Dersom oppgraderingen etter kommunens skjønn totalt sett er så omfattende at hele byggverket i det vesentlige blir fornyet, karakteriseres det som hovedombygging, med den konsekvensen at forskriften må oppfylles som for nybygg. Det innebærer at man må tilfredsstille både det generelle kravet til energibehov og minstekrav til enkeltkomponenter i TEK10. I yrkesbygg er dette langt oftere tilfelle enn i boligbygg, men en fasadeoppgradering uten store innvendige ombygginger vil *ikke* telle som hovedombygging. I praksis betyr det at bare forskriftens minstekrav på U-verdier gjøres gjeldende. Minstekrav for yttervegger i TEK10 § 14-5 er en gjennomsnittlig U-verdi på maks. 0,22 W/m²K. Dette kravet må i utgangspunktet tilfredsstilles selv om energiklasse A eller B ville kunne oppnås med dårligere isolasjon. For øvrig kan kommunen gi dispensasjon, for eksempel hvis kravet i realiteten ikke kan oppnås på grunn av praktiske eller juridiske restriksjoner.

Mulig isolasjonstykkelse kan i realiteten være begrenset. Når det er praktisk gjennomførbart, bør det imidlertid velges bedre isolasjon enn minstekravet. Tilleggskostnadene for tykkere isolasjon er så lave at de langt på vei veies opp av lavere energikostnader, selv om effekten av enda flere centimeter minker mer og mer. Beregninger av kostnadseffektivitet i sammenheng med EUs bygningsenergidirektivet har i flere land vist at det kostnadsoptimale området er svært stort. Det vil si at summen av nåverdien for investerings- og energikostnader er omtrent den samme over et stort spenn. Et eksempel for slike beregninger er vist i Figur 5.

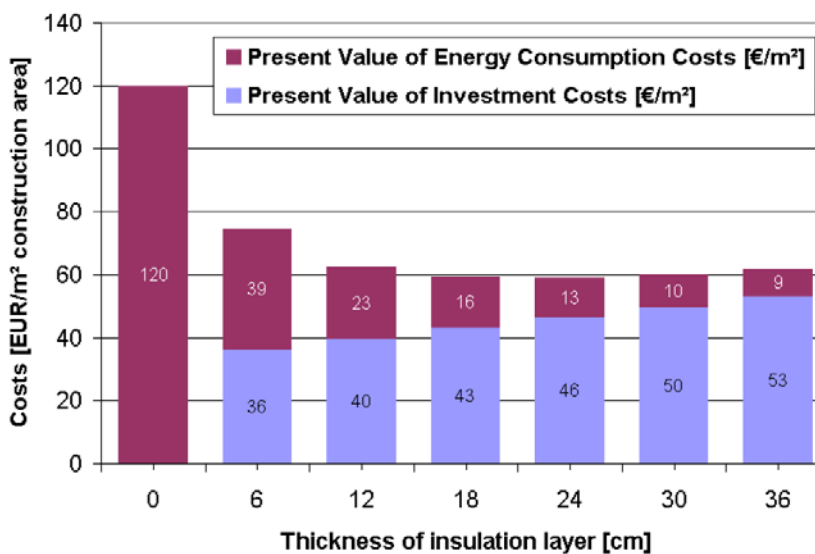


Figure 2.5-2

Total costs (Present value) for a compound thermal insulation layer in the wall. The energy consumption costs and the investment costs are summed up and are depicted as a function of insulation layer thickness [Feist 2005]. Area specific values [€/m²] here are related to the construction area.

Figur 5 Totale kostnader for investeringer og energi ved etterisolering av en vegg, uttrykt som nåverdi for ulike isolasjonstykkelser. Investeringskostnader representerer her bare tilleggskostnader for etterisolering, ikke kostnader som uansett er nødvendig ved en fasaderehabilitering. Totale kostnader varierer ikke mye mellom forskjellige tykkelser, se nærmere omtale i teksten under. Analyse gjort av Passivhusinstituttet i Tyskland. Kilde: IEA SHC Task 37 (2011).

Grafen presenterer livssyklus kostnader for investeringer og energi, uttrykt i nåverdi for ulike isolasjonstykkelser ved en yttervegg, forutsatt at en fasaderehabilitering uansett er nødvendig eller ønsket. Den dyreste løsningen over tid er å utbedre fasaden uten å isolere den. Det kostnadsoptimale nivået (= laveste totale kostnader) ligger ved 24 cm isolasjon. Samtidig er det åpenbart at de totale kostnadene har omtrent samme høyde også ved 12, 18, 30 og 36 cm isolasjonstykkelse. Etersom mange antakelser i beregningen er usikre, betyr det at alle disse isolasjonstykkelsene er om lag like kostnadseffektive. Siden allerede små økninger i energiprisene vil senke nåverdien for mer ambisiøse løsninger, vil de være mer robuste for framtida enn de mer vanlige isolasjonstykkelsene.

Det konkrete kostnadsbildet vil variere fra land til land og fra prosjekt til prosjekt, men prinsippet har vist seg å stemme i mange land. Man kan altså ofte velge mer ambisiøse løsninger uten å øke totale kostnader og samtidig være godt rustet for framtidige økte energipriser. Det aktuelle prosjektet kan likevel ha begrensninger som man bør ta hensyn til. For eksempel kan det være andre tiltak som på en enklere måte sparer energi enn flere centimeter isolasjon i fasaden. En begrensning kan være at takutstikket må bygges om dersom den ekstra veggtykkelsen blir for stor. Da må også disse kostnadene tas med i beregningen.

Yttervegger i passivhus har som oftest U-verdier på rundt 0,15 eller lavere, avhengig av konseptet som helhet. Tabell 1 fra Byggforskserien 723.312 viser løsninger hvor slike U-verdier kan oppnås. Som nevnt kan det være lønnsomt å velge enda mer ambisiøs etterisolering.

Tabell 1 U-verdier for forskjellige veggtyper med og uten etterisolering. (Byggforskserien 723.312)

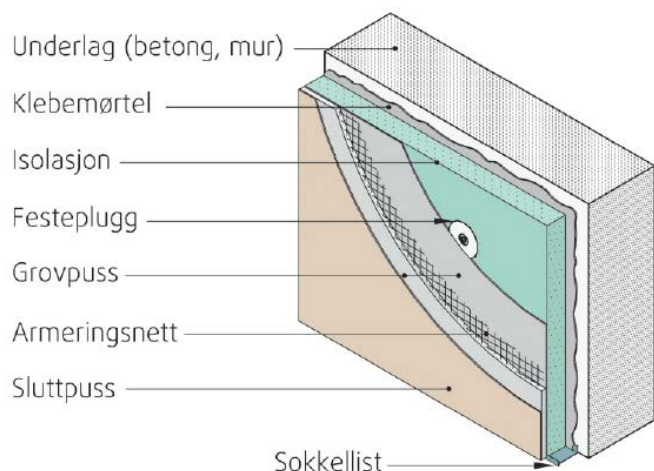
U-verdier ($W/(m^2K)$) for forskjellige veggtyper med og uten etterisolering
 En aktuell dimensjonerende varmekonduktivitet, λ , for hver av veggtypene er gitt i tabellen. I praksis kan U-verdiene avvike noe fra de beregnede verdiene på grunn av variasjoner i utførelse. U-verdiene for veggfettet gjelder ved både utvendig og innvendig isolering, men innvendig isolering gir betydelig større varmetap pga. kuldebroer.

Eksisterende konstruksjon			Utvendig etterisolert konstruksjon												
Veggtype	Tykkelse opprinnelig isolasjon mm	Opprinnelig U-verdi $W/(m^2K)$	Mineralull i påføring av tre c/c 600 mm $\lambda = 0,037 W/(mK)$ Tykkelse (mm)					Mineralull i homogent lag ¹⁾ $\lambda = 0,037 W/(mK)$ Tykkelse (mm)				Ekspandert polystyren (EPS) i homogent lag ¹⁾ $\lambda = 0,038 W/(mK)$ Tykkelse (mm)			
			50	100	150	200	250	50	100	150	200	50	100	150	200
Uisolert vegg av betong eller massiv tegl		3,64	0,66	0,39	0,28	0,21	0,18	0,62	0,34	0,24	0,19	0,64	0,35	0,25	0,19
Betong, innvendig isolert med:															
kork	30	1,14	0,47	0,31	0,23	0,19	0,16	0,45	0,29	0,21	0,17	0,46	0,29	0,21	0,17
	40	0,93	0,43	0,29	0,22	0,18	0,15	0,42	0,27	0,20	0,16	0,42	0,27	0,21	0,16
	50	0,78	0,40	0,28	0,21	0,17	0,15	0,38	0,26	0,19	0,16	0,39	0,26	0,20	0,16
treullsement	50	1,11	0,47	0,31	0,23	0,19	0,16	0,45	0,28	0,21	0,17	0,45	0,29	0,21	0,17
	75	0,82	0,41	0,28	0,22	0,18	0,15	0,39	0,26	0,20	0,16	0,40	0,26	0,20	0,16
	100	0,66	0,36	0,26	0,20	0,17	0,14	0,35	0,24	0,18	0,15	0,35	0,24	0,19	0,15
porebetong	100	0,96	0,44	0,29	0,22	0,18	0,15	0,42	0,27	0,20	0,16	0,43	0,28	0,21	0,17
	125	0,81	0,37	0,26	0,21	0,17	0,14	0,39	0,26	0,19	0,16	0,39	0,26	0,20	0,16
	150	0,70	0,33	0,24	0,19	0,16	0,14	0,36	0,25	0,19	0,15	0,37	0,25	0,19	0,16
lettklinkerbetong	100	1,21	0,48	0,32	0,24	0,19	0,16	0,46	0,29	0,21	0,17	0,47	0,30	0,22	0,17
	150	0,95	0,43	0,29	0,22	0,18	0,15	0,42	0,27	0,20	0,16	0,43	0,28	0,21	0,17
	200	0,78	0,40	0,28	0,21	0,17	0,15	0,38	0,26	0,19	0,16	0,39	0,26	0,20	0,16
Betongvegg, utvendig isolert med:															
porebetong	100	0,96	0,44	0,29	0,22	0,18	0,15	0,42	0,27	0,20	0,16	0,43	0,28	0,21	0,17
	125	0,81	0,40	0,28	0,21	0,18	0,15	0,39	0,26	0,19	0,16	0,39	0,26	0,20	0,16
	150	0,70	0,37	0,26	0,21	0,17	0,14	0,36	0,25	0,19	0,15	0,37	0,25	0,19	0,16
lettklinkerbetong	100	1,21	0,48	0,32	0,24	0,19	0,16	0,46	0,29	0,21	0,17	0,47	0,30	0,22	0,17
	150	0,95	0,43	0,29	0,22	0,18	0,15	0,42	0,27	0,20	0,16	0,42	0,28	0,21	0,17
	200	0,78	0,40	0,28	0,21	0,17	0,15	0,38	0,26	0,19	0,16	0,39	0,26	0,20	0,16
Lettbetongvegg av:															
porebetong	250	0,50	0,31	0,23	0,18	0,15	0,13	0,30	0,22	0,17	0,14	0,30	0,22	0,17	0,14
lettklinkerbetong	250	0,84	0,37	0,26	0,21	0,17	0,14	0,40	0,26	0,20	0,16	0,40	0,27	0,22	0,16
Vegg av betonghullblokk	250	1,46	0,52	0,33	0,25	0,20	0,16	0,50	0,30	0,22	0,17	0,50	0,31	0,22	0,18
Teglvegg av hulumur	1¼ stein	1,11	0,47	0,31	0,23	0,19	0,16	0,45	0,28	0,21	0,17	0,46	0,29	0,21	0,17
	2¼ stein	0,87	0,42	0,29	0,22	0,18	0,15	0,40	0,26	0,20	0,16	0,41	0,27	0,20	0,16
Teglvegg, innvendig isolert med porebetong	70	0,92	0,43	0,29	0,22	0,18	0,15	0,41	0,27	0,20	0,16	0,42	0,27	0,20	0,16
	100	0,76	0,39	0,27	0,21	0,17	0,15	0,38	0,25	0,19	0,16	0,38	0,26	0,20	0,16
	125	0,66	0,36	0,26	0,20	0,17	0,14	0,35	0,24	0,18	0,15	0,36	0,25	0,19	0,15
	150	0,59	0,34	0,25	0,19	0,16	0,14	0,33	0,23	0,18	0,15	0,33	0,23	0,18	0,15

¹⁾ Verdiene gjelder både for isolasjon med puss og for isolasjon med teglforblending, men for isolasjon med teglforblending kan man redusere U-verdiene med følgende:
 – ved 50 mm etterisolering: 0,04 $W/(m^2K)$
 – ved 100 mm etterisolering: 0,02 $W/(m^2K)$
 – ved 150 mm etterisolering: 0,01 $W/(m^2K)$

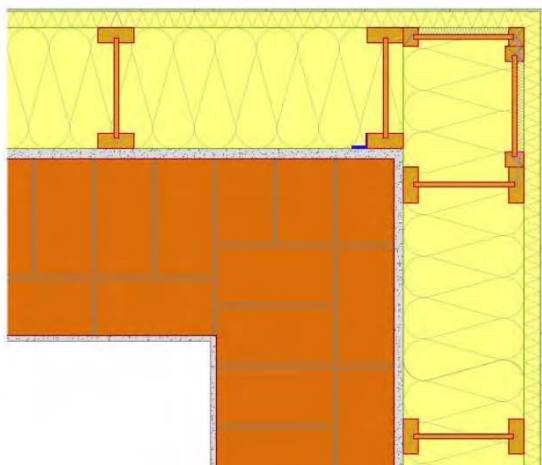
4 Konstruksjoner: Etterisolering av yttervegger

Som oftest vil det være aktuelt å bruke et system med puss på isolasjon. Grunnprinsippet er vist i Figur 6, som er tatt fra Byggforskserien 542.303. Løsningen er plassbesparende og kan bidra til å opprettholde bygningens visuelle uttrykk. Med hensyn til fukt må man vie oppmerksomhet til plassering og innsetting av vinduer samt tetting rundt dem.



Figur 6 Puss på isolasjon. Prinsipp fra Byggforskserien 542.303

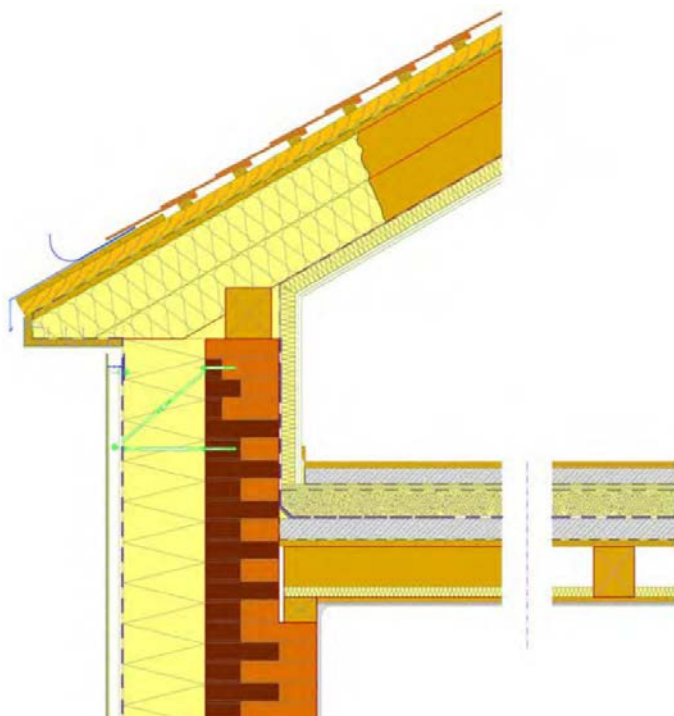
Systemet kan også utføres som puss på stivere plater på utsiden av en trekonstruksjon med innblåst isolasjon, som vist i Figur 7 fra østerrikske PH-Sanierungsbauteilkatalog (2012). Brannkrav kan sette begrensninger på denne type konstruksjon.



Wandaufbau			
Silikatputz, außen	0,6	cm	
Holzfaser-Dämmplatte	4	cm	
Zelluloseflocken, Doppel-T-Träger	30	cm	
Kalkputz	2,5	cm	
Vollziegelmauerwerk	44	cm	
Kalkputz, innen	1,5	cm	
U-Wert	0,13	[W/m²K]	Σ 82,6 cm

Figur 7 Etterisolering av eksisterende murvegg med 30 cm innblåst cellulosefibrer mellom I-bærere og puss på 4 cm porøse trefiberplater. Inkludert eksisterende vegg og puss gir dette en U-verdi på 0,13. Kilde: PH-Sanierungsbauteilkatalog (2012).

Videre kan puss plasseres på en luftet platekonstruksjon, eller det velges en annen luftet kledning utenpå isolasjonssjiktet. Slike løsninger er mer plasskrevende, men vil fungere som regnskjerm i en tottrinnetting. Man må for øvrig ta hensyn til at innfestingssystemet kan gi et større kuldebrobidrag. I følgende Figur 8 er dette løst ved å bruke kun noen få innfestinger i rustfritt stål, som har mindre varmeledningsevne enn vanlig konstruksjonsstål.

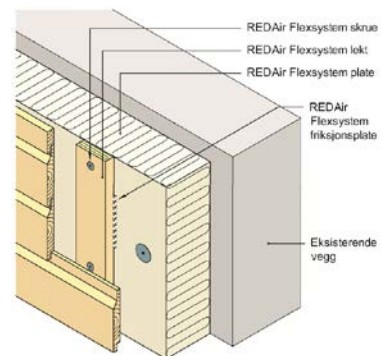


Dachaufbau		
Dachziegel	2	cm
Lattung 3/5	3	cm
Konterlattung, Hinterlüftung	5	cm
PE-Dachauflagebahn diffusionsoffen	0,02	cm
Holzschalung	2,4	cm
Glaswolle, Aufdopplung Sparren	18	cm
Glaswolle, Sparren Bestand	18	cm
Dampfbremse	0,02	cm
Glaswolle zwischen Federbügeln	6	cm
2 Lagen Gipskartonfeuerschutzplatten	3	cm
U-Wert	0,12	[W/m²K] Σ 57,4 cm

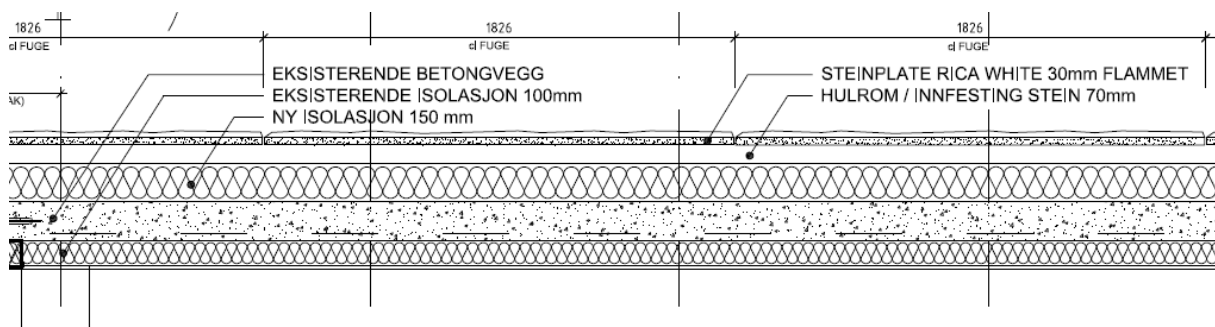
Wandaufbau		
Faserzementplatte	0,8	cm
Hinterlüftung, Alulattung	4	cm
Windsperre	0,02	cm
Glaswolle Fassadendämmplatte zwischen Edelstahlstangen	30	cm
Vollziegel inkl. Verblendung	44	cm
Kalkzementputz	1,5	cm
U-Wert	0,14	[W/m²K] Σ 80,3 cm

Figur 8 Etterisolering av eksisterende murvegg med 30 cm glassull, vindsperre og luftede fibersementplater. Innfesting av aluminiumsleker med noen få stag i rustfritt stål (grønnfarget i illustrasjonen). U-verdi 0,14. Kilde: PH-Sanierungsbauteilkatalog (2012).

Rockwool har utviklet et eget Flex-system med lave kuldebrobidrag for liknende ventilerte konstruksjoner. Her er det bare få innfestingsskruer og flere tilpassede komponenter. Flex-plater ble bl.a. brukt i pilotprosjektet Myhrerenga på Skedsmo og har teknisk godkjenning for montering uten vindsperre. Se prinsippet til høyre.



Ved fasaderehabilitering av Ålesund rådhus i 2010 ble det utviklet løsninger for både store glassarealer og påhengt steinkledning. Betongvegger i gavlene var allerede isolert innvendig. Disse ble nå også isolert utvendig og kledd med 3 cm luftet granitt, se Figur 9 og Figur 10. Skjøtene ble fuget. Med 10 cm innvendig og 15 cm ny utvendig isolasjon har gavlveggen i dag betydelig bedre standard enn etter TEK 10. Samtidig ble veggens fukttekniske egenskaper forbedret, i og med betongen nå ikke lenger er kald.



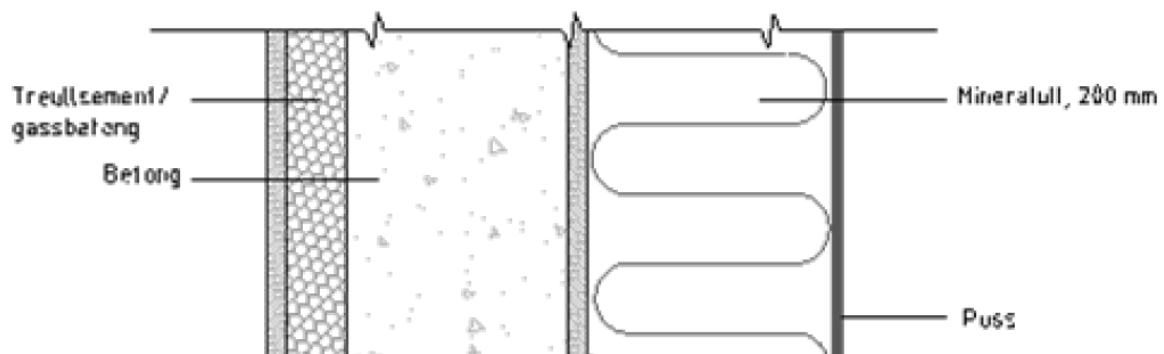
Figur 9 Ålesund rådhus: Betongvegg med 10 cm innvendig isolasjon, etterisolert utvendig med 15 cm og kledd med luftede granittplater. Tegning: Veidekke, Kristiseter og HRTB arkitekter.

Å etterisolere utvendig på vegger som fra før har innvendig isolasjon, er alltid en bygningsfysisk god løsning, så lenge de nye ytre komponentene ikke blir for damptette. Det er viktig å følge prinsippet om at dampåpenheten økes mot det fri, slik at uttørking mot det ytre ikke hindres av nye utvendige sjikt i fasaden. Hvis dette ikke kan ivaretas – eksempelvis ved bruk av vakuumisolasjon – er det desto viktigere at innvendig lufttetthet og diffusjonsmotstand er sikret.

Sinsen Skole i Oslo, ferdigstilt i 1936, hadde opprinnelig også kun betongvegger som var innvendig isolert, her bare 5 cm med henholdsvis treullsement eller gassbetong. U-verdien var 1,4 W/m²K. I 2010 ble fasadene etterisolert med 20 cm og fikk ny puss, se Figur 11. U-verdien ble forbedret til 0,18. Nye vinduer ble flyttet i isolasjonssjiktet, slik at det arkitektoniske uttrykket ble beholdt, se Figur 12 og nærmere omtale i avsnitt 5.2 om plassering av vinduer.



Figur 10 Ålesund rådhus etter oppgradering. Foto: Veidekke.



Figur 11 Sinsen Skole i Oslo: Betongvegg med 5 cm innvendig isolasjon, etterisolert utvendig med 20 cm og pusset. U-verdi 0,18. Tegning: Multiconsult.



Figur 12 Sinsen skole i Oslo: Fasade før og etter oppgradering med ny isolasjon. Foto: Per Spjudvik, Multiconsult.

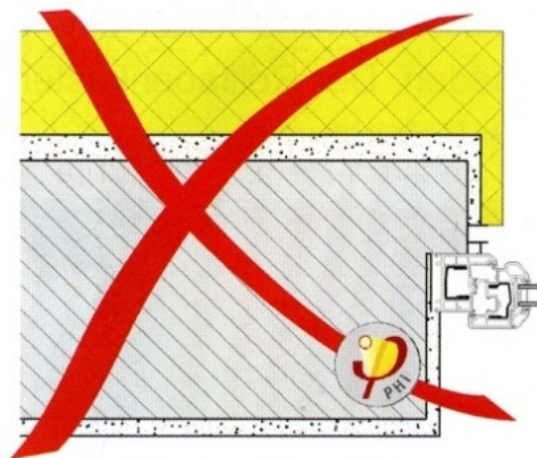
5 Plassering og innsetting av vinduer

5.1 Teoretisk grunnlag

Som nevnt i kapittel 3 er det flere grunner til at vinduene ikke bør plasseres i samme posisjon som før etterisolering. Dersom plasseringen ikke endres, kommer vinduene til å sitte langt inne i åpningen. Dette vil endre det arkitektoniske uttrykket betydelig og gi mindre sol- og dagslystilsjudd enn før. Tetting mot regn vil bli mer krevende. Det viktigste i vår sammenheng er at et vindu plassert et stykke inn i den eksisterende åpningen ville ha svært høy kuldebroverdi og uakseptabelt lav innvendig overflatetemperatur ved overgangene mellom karm og smyg, med fare for kondens og mugg som følge. Hvis plasseringen likevel ikke ønskes å endre – for eksempel fordi de gamle vinduer fortsatt er i god stand og ikke skal skiftes samtidig med etterisolering – så er det i hvert fall nødvendig å etterisolere også smyget inn i åpningen og føre isolasjon mot karmen. I så fall må muligens pusslaget i smyget fjernes for å få plass til noen centimeter isolasjon.

Det er i enkelte tilfeller mulig at de gamle vinduene er montert mot en murt omkransning av åpningen som fungerer som et anslag – se Figur 13 til illustrasjon. I slike situasjoner er det følgende alternativer for å unngå svært store kuldebroer:

- Montere et nytt vindu på utvendig side av anslaget og i isolasjonssjiktet som beskrevet nedenfor. Vinduet festes utenpå veggen og må være noe større enn eksisterende åpning for å unngå at lysforholdene blir dårligere.
- Fjerne anslaget og plassere et nytt vindu i isolasjonssjiktet som beskrevet nedenfor.
- Fjerne anslaget, beholde om ønskelig det gamle vinduet og isolere smyget i den nå større åpningen med flere centimeter enn det som var mulig uten å fjerne anslaget. Dette vil fortsatt gi kuldebro, men mindre enn ved å beholde anslaget.



Figur 13 Horisontalsnitt av et nytt vindu i en etterisolert vegg, plassert mot eksisterende murt omkransning av åpningen som fungerer som et anslag. Dette gir svært store kuldebroer, selv om smyget blir isolert med noen centimeter.
Kilde: Protokollband Nr. 39 (2009).

For å få kuldebroverdiene ned og innvendige overflatetemperaturen opp, er det generelt tre tiltak som kan bidra:

1. Bruke vinduer med isolert karm (og ramme), alternativt vinduer med indre vareramme (ved bruk av varevinduer er isolert karm og ramme ikke nødvendig, men hulrom mot smyg må være isolert).
2. Føre fasadeisolasjon mot karmen, slik at noen centimeter av den er dekket med isolasjon (dette gir også et slankere inntrykk av karmen utenfra; også på undersiden bør isolasjon føres mot karmen, så langt mulig). Et eksempel på betydningen er gitt i Figur 14.
3. Plassere vinduer i flukt med isolasjonssjiktet (altså ikke i åpningen i den eksisterende veggen). Et eksempel på betydningen er gitt i Figur 15.

Window installation – insulation overlap

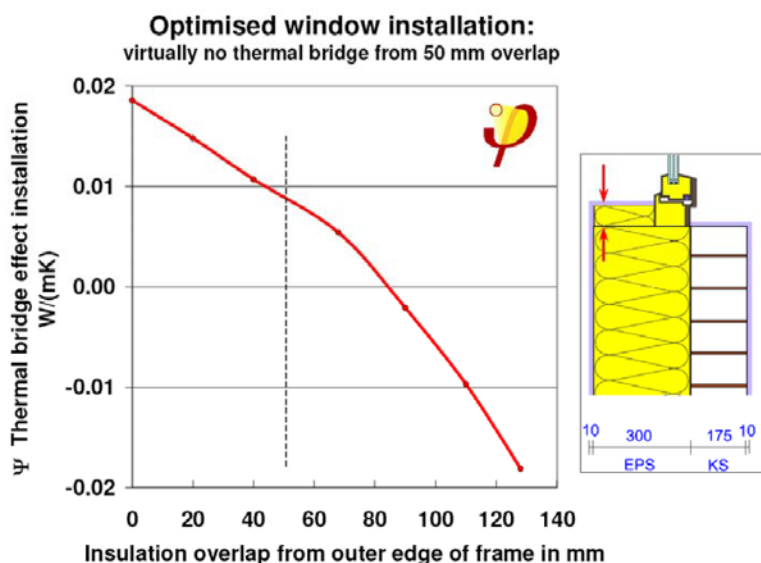


Figure 3.4-35
Window installation
Thermal bridge effect on
insulation overlap on frame

[AKKP 14] [AKKP 37]

Figur 14 Reduksjon av kuldebroverdien rundt vinduer ved å dekke deler av karmen med isolasjon. Fra ca. 5 cm overlapp er kuldebroen neglisjerbar. Grafen viser også at kuldebroverdien kan bli negativ, hvis 10 cm eller mer av en kraftig karm dekkes med isolasjon. Det betyr at en slik løsning gir mindre varmetap enn et vindu helt uten innsetningskuldebro. Verdiene gjelder i situasjoner som vist i figuren til høyre for grafen. Kilde: IEA SHC Task 37 (2011).

Window installation – position within insulation layer

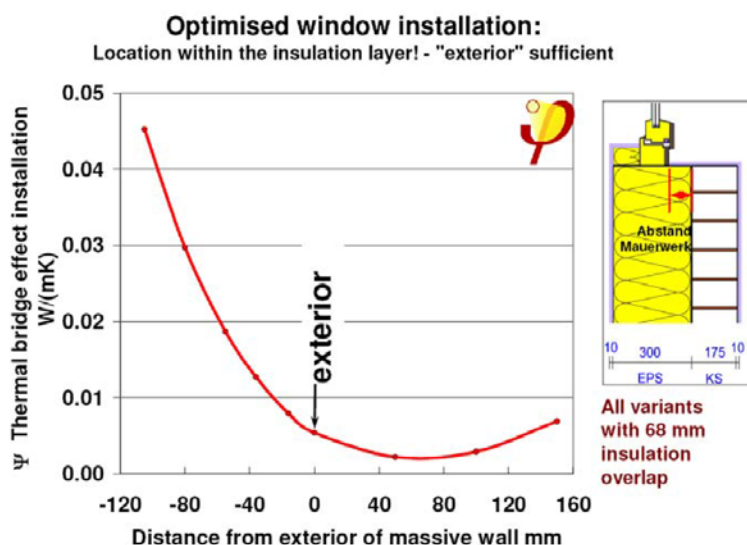
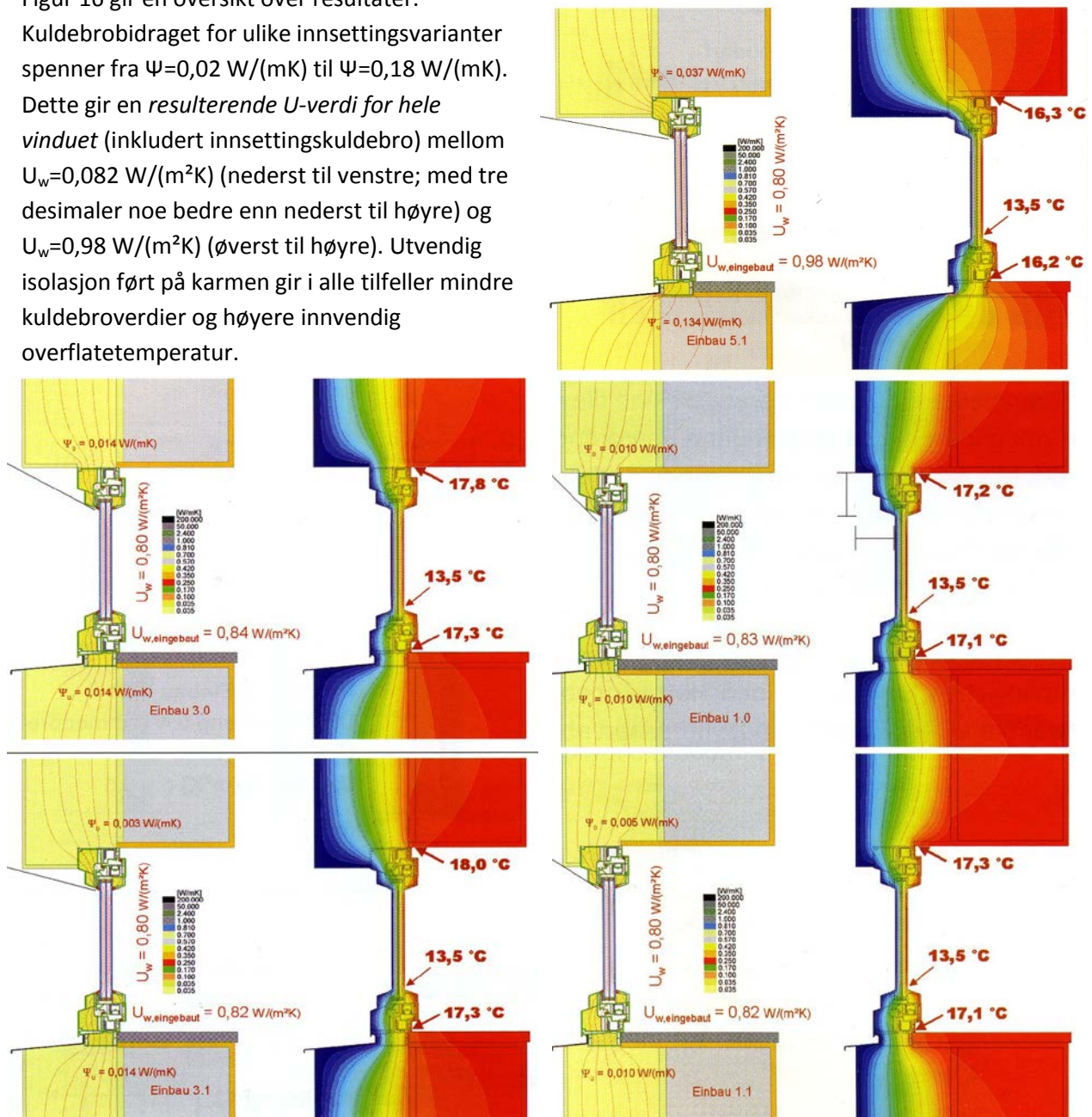


Figure 3.4-36
Window installation
Thermal bridge effect of
installation position
[AKKP 14] [AKKP 37]

Figur 15 Reduksjon av kuldebroverdien rundt vinduer ved å plassere vinduet i isolasjonssjiktet. Optimal plassering er ved 40-80 mm avstand mellom karm og eksisterende vegg, forutsatt 68 mm overlapp av isolasjon på karmen. Kuldebroverdien er fortsatt svært lav med 160 mm avstand fra veggen, eller hvis karmen plasseres rett foran det gamle vegglivet. Ved plassering lenger inn i åpningen øker kuldebroverdien rask og tydelig. Grafen viser altså at en plassering nær pusskanten i det etterisolerte fasadelivet (tilsvarende avstand mellom karm og eksisterende vegg på ca. 160 mm) også vil gi moderat kuldebroverdi, forutsatt det er plass til noe isolasjon på karmen (ytterkant kan derfor ikke være i flukt med pusskant, men noen centimeter tilbaketrukket). Verdiene gjelder i situasjoner som vist i figuren til høyre for grafen. Kilde: IEA SHC Task 37 (2011).

Et bidrag i Protokollband Nr. 37 (2008) fra Passivhusinstituttet om optimalisering av vinduer viser flere simulerte resultater for innsetting av eksemplariske vinduer i bl.a. en murvegg med utvendig isolasjon. Simuleringene bekrefter den generelle anbefalingen om å plassere vinduet sentralt i isolasjonssjiktet for å oppnå lavest mulig kuldebroverdi. Konklusjonen gjelder i prinsippet også for tilsvarende betongvegger, men nøyaktige tallverdier er selvsagt avhengig av valgte materialer og konstruksjoner i det aktuelle prosjektet (Kaufmann og John, 2008).

Figur 16 gir en oversikt over resultater. Kuldebrobidraget for ulike innsetningsvarianter spenner fra $\Psi=0,02 \text{ W/(mK)}$ til $\Psi=0,18 \text{ W/(mK)}$. Dette gir en resulterende U -verdi for hele vinduet (inkludert innsetningskuldebro) mellom $U_w=0,082 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (nederst til venstre; med tre desimaler noe bedre enn nederst til høyre) og $U_w=0,98 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (øverst til høyre). Utvendig isolasjon ført på karmen gir i alle tilfeller mindre kuldebroverdier og høyere innvendig overflatetemperatur.

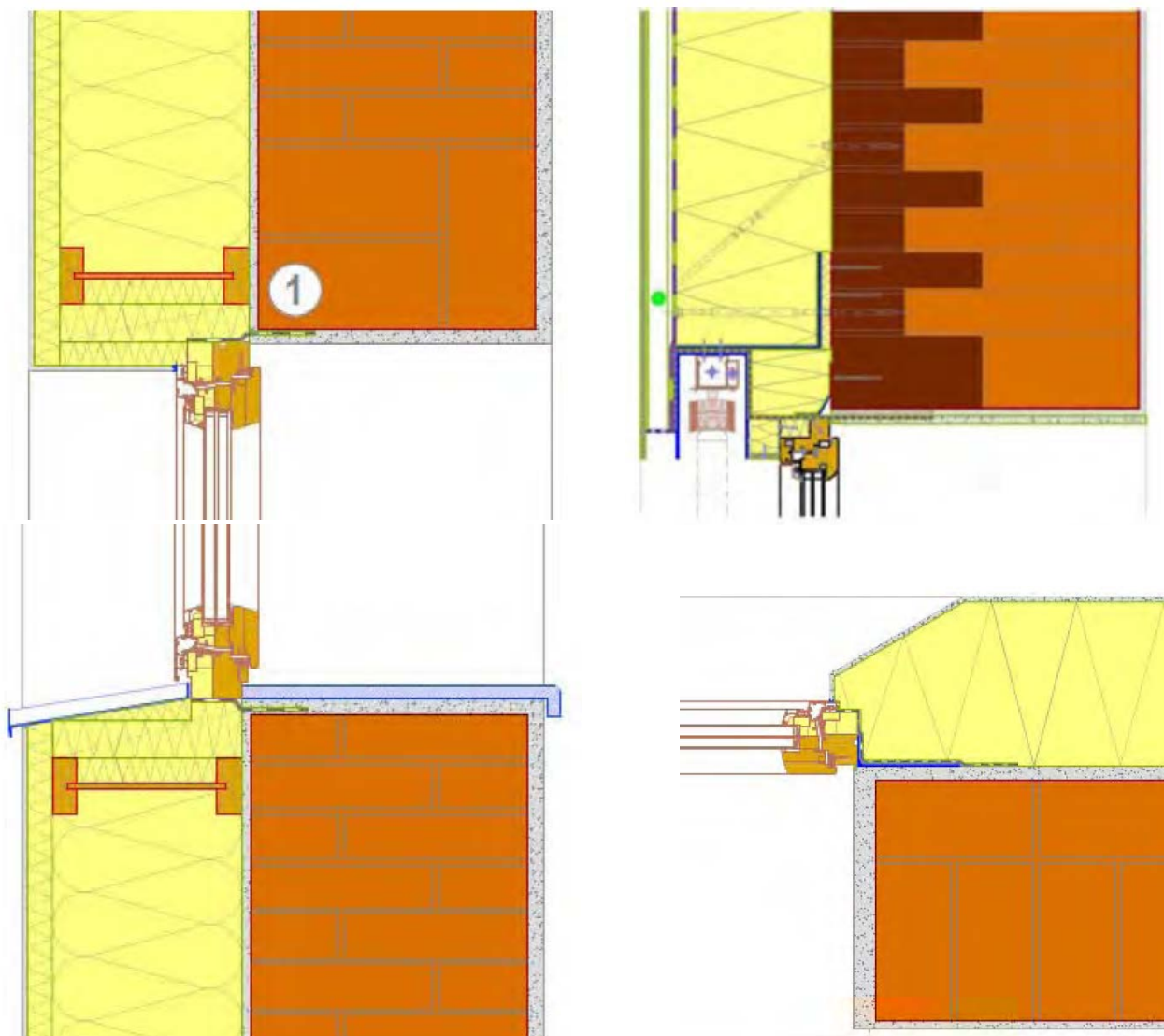


Figur 16 Overflatetemperaturer, innsetningsvarmetap og resulterende (effektiv) U -verdi for hele vindu inkludert innsetningskuldebro (U_w , eingebaut) ved ulike plassering i samme vegg (her mur med utvendig isolasjon). Plassering i eksisterende vegg (øverst til høyre) gir stor kuldebro, selv med isolasjon på karmen. Forutsetninger: $U_{vegg}=0,117 \text{ W/(m}^2\text{K)}$. Karm: $U_f=0,75 \text{ W/(m}^2\text{K)}$; glass: $U_g=0,70 \text{ W/(m}^2\text{K)}$; hele vindu uten innsetningskuldebro: $U_w=0,80 \text{ W/(m}^2\text{K)}$. Kilde: Protokollband Nr. 37 (2008)

5.2 Løsninger og eksempler

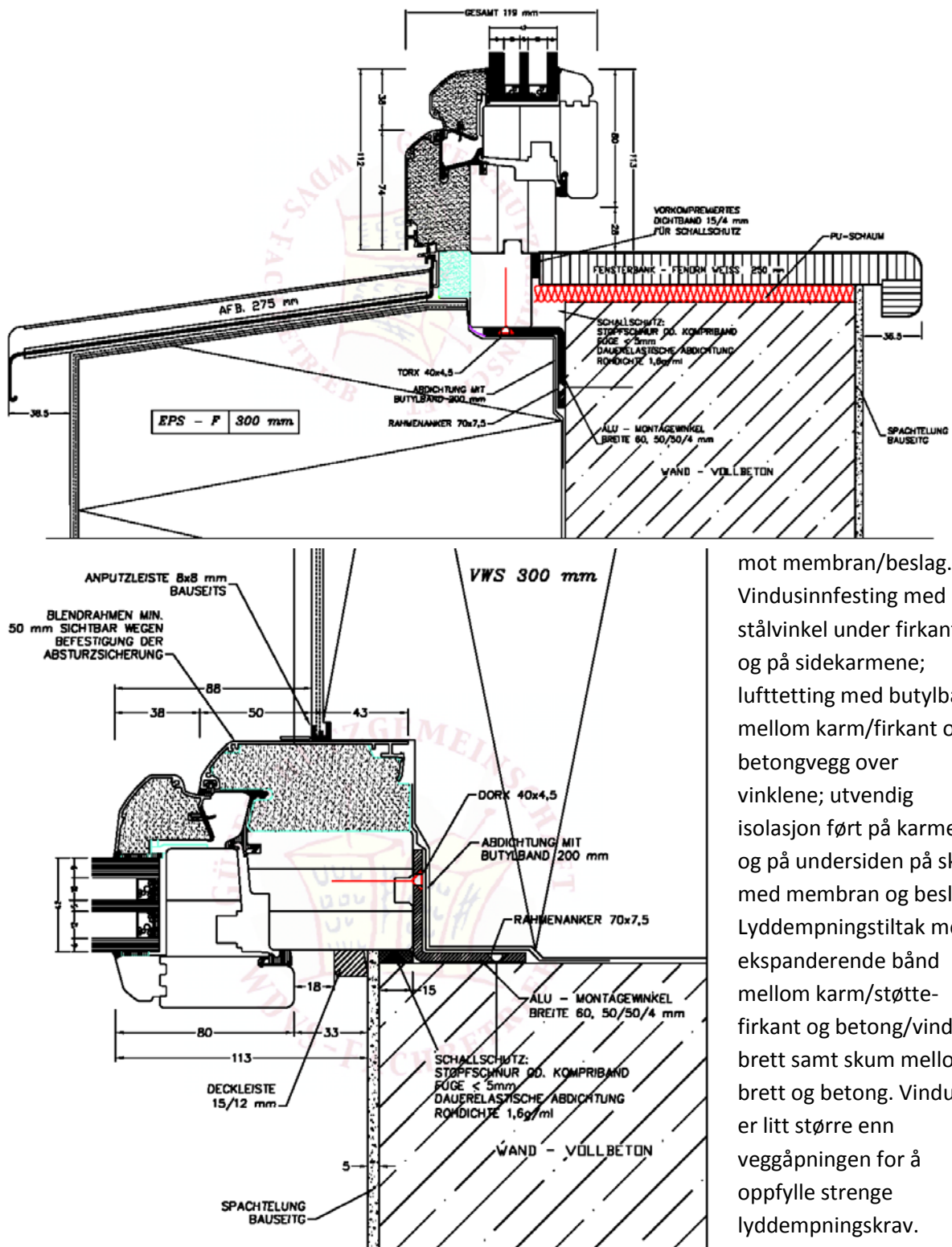
5.2.1 Vindu i innerste del av isolasjonssjiktet

Figur 17 viser et vertikalsnitt hvor et nytt trelagsvindu med isolert ramme og karm er plassert i isolasjonssjiktet, men lengst mulig inne i åpningen rett ved ytterkanten av eksisterende murvegg. Innfesting med stålvinkler er enkelt å løse med denne plasseringen. Lufttetting med butylbånd mellom karm og vegg med puss over den i smyget, er merket (1) i figuren. Eksemplet er hentet fra PH-Sanierungsbauteilkatalog (2012) og gjelder i prinsippet for konstruksjoner både med og uten I-profiler, luftet eller ikke luftet. Varianten øverst til høyre viser opplegg for solavskjerming. Det gir høyere kuldebroverdi. Varianten nederst til høyre viser skrå fasadeisolasjon ved siden av vindusåpningen. Det gir mer dagslys og soltilskudd, men øker også kuldebroverdien i eksemplet fra 0,010 til 0,022 W/mK.



Figur 17 Vindu i innerste del av isolasjonssjiktet, vertikalsnitt til venstre. Til høyre to varianter med vertikalsnitt øverst og horisontalsnitt nederst. Kilde: PH-Sanierungsbauteilkatalog (2012).

Figur 18 fra Passivhaus-Konstruktionen (2010) viser en detaljert konstruksjon med vindu plassert i isolasjonssjiktet rett ved ytterkanten av eksisterende vegg som i Figur 17, som her betyr ca. 20 cm avstand mellom vindu og ny fasadeoverflate. Karmen står på støttestykket med isolasjon på utsiden



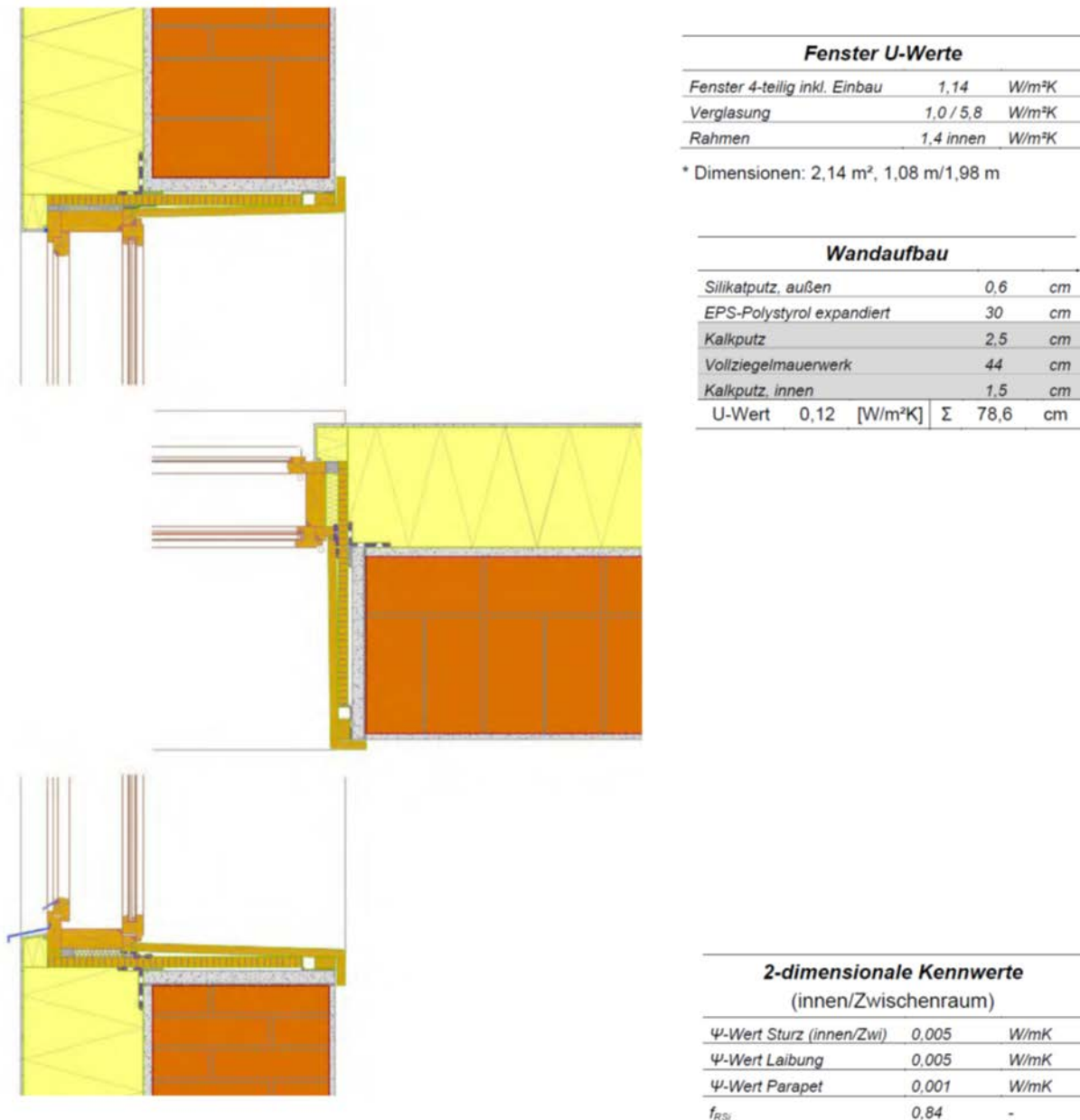
mot membran/beslag. Vindusinnfesting med stålvinke under firkant og på sidekarmene; lufttetting med butylbånd mellom karm/firkant og betongvegg over vinklene; utvendig isolasjon ført på karmen og på undersiden på skrå med membran og beslag. Lyddempningstiltak med ekspanderende bånd mellom karm/støttefirkant og betong/vindusbrett samt skum mellom Brett og betong. Vinduet er litt større enn veggåpningen for å oppfylle strenge lyddempningskrav.

Figur 18 Vindu ca. 20 cm inne i isolasjonssjiktet. Vertikalsnitt øverst med overgang underkarm/vegg og horisontalsnitt nederst med overgang sidekarm/vegg. Kilde: Passivhaus-Konstruktionen (2010).

5.2.2 Vindu i fremre del av isolasjonssjiktet, trukket inn noen centimeter

Vinduer plassert innerst i isolasjonssjiktet, som vist i forrige avsnitt, er lette å montere og vil i mange tilfeller langt på vei opprettholde det arkitektoniske uttrykket. Dette er avhengig av både vinduenes opprinnelige plassering og isolasjonstykkelsen. Ved etterisolering på vesentlig mer enn 20 cm, som det ofte vil bli med store ambisjoner, kan det visuelle uttrykket endre seg i større grad. Dersom det ikke er ønskelig, eller ikke tillatt, kan det velges løsninger hvor vinduet flyttes lenger ut i isolasjonssjiktet.

Figur 19 viser en løsning fra PH-Sanierungsbauteilkatalog (2012) hvor et eksisterende vindu med indre vareramme blir modernisert og flyttet ut. Avstanden mellom ny pussoverflate og ny utvendig

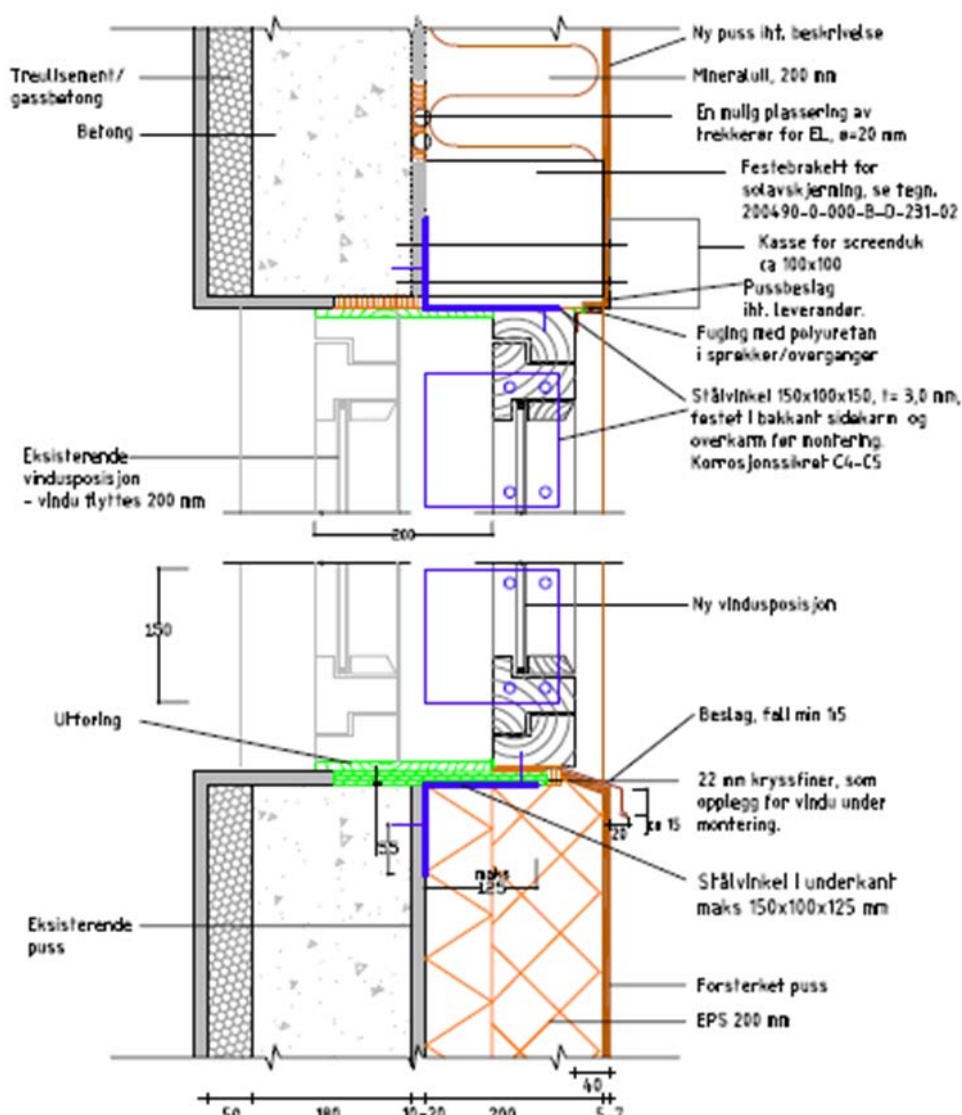


Figur 19 Vindu i fremre del av isolasjonssjiktet, her med ca. 7 cm avstand mellom vindu og ny fasaderoverflate, realisert ved at eksisterende vindu flyttes ut og innvendig vareramme får tolagsruter.

Kilde: PH-Sanierungsbauteilkatalog (2012).

karmposisjon er ca. 7 cm i eksemplet. Dette kan tilpasses ønsket posisjon. De utvendige fløyene beholdes som før, mens de indre varerammene får nye tolagsruter. Hvis åpningsdimensjonene skal opprettholdes som før, må pussen i smyget fjernes. Innfesting kan gjøres på en enkel måte med trebaserte plater som har limte, lufttette skjøter. Det må være lufttetting mot platene og mellom platene og indre del av karmen ved varerammen. Ytre fløyer skal derimot *ikke* være helt lufttette for å minimere fare for kondens i hulrommet. Løsningen gir veldig lave kuldebroverdier. Vinduet oppnår i eksemplet en total U-verdi på 1,14 W/m²K. Byggforsk (2012) viser at man med slike løsninger med innvendig vareramme og tolagsruter kan oppnå U-verdier ned til rundt 0,90 W/m²K. Enda lavere U-verdier kan oppnås med innvendige trelagsruter. Sprosser og inndelinger i ytre fløyer påvirker ikke U-verdien vesentlig, så lenge de har enkeltruter. Dette er en stor fordel, når utseendet skal beholdes.

Ved etterisolering av betongfasadene på Sinsen skole i Oslo i 2010 ble det valgt en annen løsning med nye vinduer som vist i Figur 20. Vinduene ble flyttet ut i isolasjonssjiktet slik at de er plassert i



nøyaktig lik dybde som før. Som opprinnelig, sitter også kassa for solavskjermingen utenfor fasaden, slik at det er kuldebroer bare ved festebrakettene og ikke langs hele kassa. Innsettskuldebroen for vinduet er imidlertid større enn i andre viste løsninger, siden det ikke er ført isolasjon på karmene. Innfesting med stålvinkler er vist i Figur 21 på neste side.

Figur 20 Vindu i fremre del av isolasjonssjiktet, her med 4 centimeter avstand mellom vindu og ny fasadeoverflate. Vertikalsnittet viser vindusposisjon før og etter oppgradering av Sinsen skole i Oslo. Tegning: Multiconsult.

Lufttetting er noe vanskeligere enn i andre eksempler på grunn stor avstand mellom karm og eksisterende vegg, men kan i prinsippet utføres som merket med (1) i Figur 17, alternativt med lufttett utforing. Hvis man velger ny utvendig puss som det gjennomgående lufttette sjiktet, må dessuten fasadepussen føres lufttett mot karmen. Dette er uansett å anbefale som vindtetting og tilleggssikkerhet. I eksemplet ble det pusset mot en spesiell U-list som er limt på karmen, og ned mot et spesielt sålbenkbeslag, se bildet til høyre i Figur 21.



Figur 21 Vindusinnsetting på Sinsen skole under arbeid og etter ferdigstilling. Bildet til venstre viser innfesting med stålvinkler og vinduets nye plassering i isolasjonssjiktet. Bildet til høyre viser endelig fasadeoverflate med puss mot U-list limt på vinduskarm og ned mot sålbenkbeslag. Foto: Multiconsult.

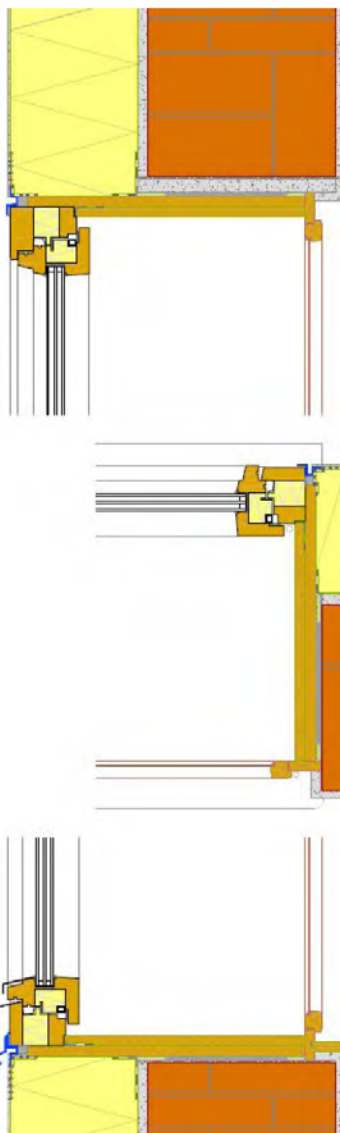
5.2.3 Vindu i flukt med nytt fasadeliv

I noen tilfeller er det et krav eller ønske at vinduene plasseres rett i flukt med det nye fasadelivet etter oppgradering. PH-Sanierungsbauteilkatalog (2012) foreslår her også en løsning hvor eksisterende vindu med indre vareramme blir modernisert og flyttet ut, se Figur 22 på neste side. I motsetning til Figur 19 beholdes imidlertid indre vareramme med enkeltruter i opprinnelig posisjon, mens *ytre* ramme flyttes ut og erstattes med trelags passivhusvindu. Hvis åpningsdimensjonene skal opprettholdes som før, må puss i smyget fjernes. Innfesting kan også her gjøres på en enkel måte med trebaserte plater som har limte, lufttette skjøter. Det må være lufttetting mot platene og mellom platene og *ytre* del av karmen ved *ytre* ramme. Fasadepuss føres mot karmen, armert og med spesialprofil. Under vinduet monteres spesialbeslag mot regn. Løsningen gir lavere U-verdi, men høyere kuldebroverdier enn vinduet i Figur 19.

De østerrikske forfatterne av PH-Sanierungsbauteilkatalog (2012) anbefaler ikke å plassere vinduer rett i flukt med fasaden fordi en slagregnsikker løsning i tilfelle er avhengig av svært nøyaktig, omhyggelig utførelse. Ved fasader med sterk slagregnbelastning frarådes løsningen. Dette står i kontrast til anbefalinger i Norge, hvor det vurderes som enklere å oppnå god slagregnsikkerhet nettopp ved plassering langt ut i vegglivet.

Ut fra et ønske om så likt estetisk uttrykk som mulig, burde man foretrekke en løsning med utvendig uendrede vinduer. Det kan man oppnå ved å beholde de utvendige fløyene som før, mens de indre varerammene blir modernisert, som beskrevet i avsnitt 5.2.2 relatert til Figur 19. En slik løsning med enkeltruter i gamle ytre ramme i flukt med ny fasade, kombinert med innvendig vareramme med to- eller trelagsruter kan gi både svært lav U-verdi og minimale kuldebroer.

I prinsippet kunne løsningen i Figur 22 også realiseres «omvendt», det vil si med enkeltruter utvendig og trelagsruter innvendig. Løsningen er i prinsippet også egnet ved bruk av kun trelagsvinduer utvendig, uten innvendige varerammer i det hele tatt. Innfesting og lufttetting kan da skje på flere måter, men en kasse av trebaserte plater kan være praktisk uansett for begge disse formålene. Kun trelagsruter helt utvendig uten vareramme vil imidlertid gi høyere kuldebroverdier.



Fenster U-Werte

Fenster eff	0,78	W/m ² K
Verglasung	5,8 / 0,60	W/m ² K
Rahmen	0,77	W/m ² K

* Dimensionen: 2,14 m², 1,08 m/1,98 m

Wandaufbau

Silikatputz, außen	0,6	cm
EPS-Polystyrol expandiert	30	cm
Kalkputz	2,5	cm
Vollziegelmauerwerk	44	cm
Kalkputz, innen	1,5	cm
U-Wert	0,12	[W/m ² K] Σ 78,6 cm

2-dimensionale Kennwerte

Zwischenraum außen

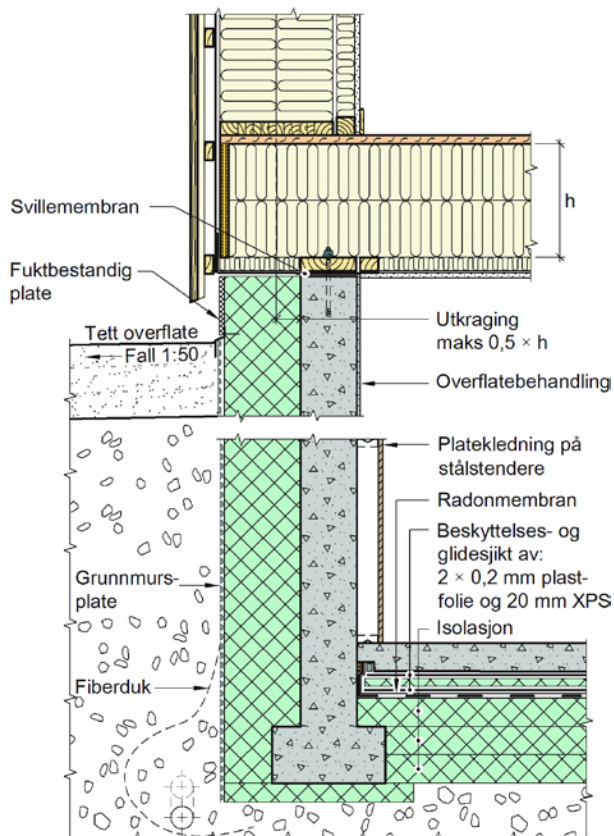
ψ-Wert Sturz	0,066	W/mK
ψ-Wert Laibung	0,066	W/mK
ψ-Wert Parapet	0,066	W/mK

Figur 22 Vindu i flukt med ny fasadeliv, realisert ved at eksisterende vindu flyttes ut og utvendig ramme får trelagsruter, mens innvendig vareramme beholdes med enkeltruter i opprinnelig posisjon. Løsningen er også egnet for enkeltruter utvendig og to- eller trelagsruter i vareramme innvendig, som gir lavere kuldebroverdier. Løsninger med kun utvendige vinduer gir høyere kuldebroverdier. Kilde: PH-Sanierungsbauteilkatalog (2012).

6 Overgang mot terreng

6.1 Generelt

Fuktsikring ved overgang mot terreng har i utgangspunktet de samme utfordringer som i nybygg eller ved mindre ambisiøs etterisolering, se for eksempel Byggforskserien 514.221 *Utvendig fuktsikring av bygninger* og 521.011 *Valg av fundamentering og konstruksjoner mot grunnen*. Figur 23 viser grunnleggende prinsipper for å ivareta fuktsikkerhet ved utvendig isolering av vegger ved overgang mot terreng.



Figur 23 Prinsipper for å ivareta fuktsikkerhet ved utvendig isolering av vegger ved overgang mot terreng, her representert av en støpt betongvegg. Figur fra Byggforskserien 523.111 under revisjon 2015.

6.2 Vegg, fundament og golv på grunnen

Eksisterende golv på grunnen eller golv i oppvarmet kjeller er ofte en stor utfordring ved energioppgradering av bygningskroppen. Kuldebroer mot fundamenter, søyler, yttervegger og innervegger kan ikke fjernes (eller bare gjennom svært kostbare tiltak). Dessuten setter romhøyden og terskelnivået begrensninger, slik at det i mange tilfeller ikke er plass til tykk etterisolering på golvet. Å fjerne eksisterende golv helt og bygge opp en ny konstruksjon etter dagens standard eller bedre, er en ideell, men dyr løsning, som også kan være problematisk å gjennomføre i praksis. Skal man likevel gjøre det, kan Byggforskserien 522.111 *Betonggolv på grunnen* brukes som veiledning.

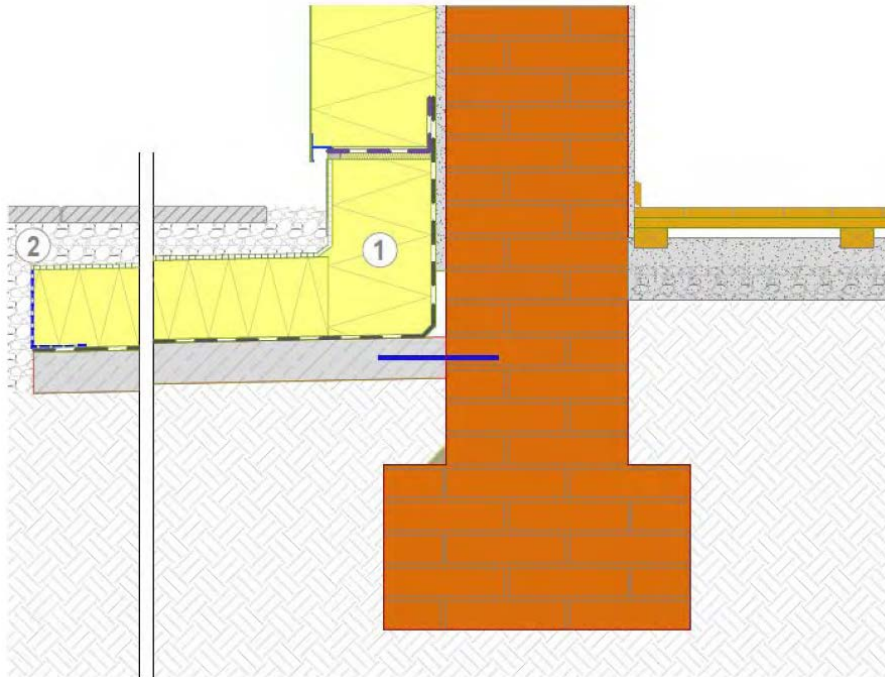
I noen tilfeller kan eksisterende golvbelegg med underkonstruksjon fjernes, for eksempel tilfarergolv over betonggolv på grunnen. Fjerningen vil gi plass til noe etterisolering, eventuelt i kombinasjon med økt ferdig golvnivå, hvis gjenværende romhøyde og eksisterende terskelnivå tillater det. Slike konstruksjoner er i praksis *innvendig* etterisolering, med de utfordringene det innebærer. Før man etterisolerer, må alle organiske materialer over eksisterende betong fjernes. Hvis betonggolvet eller veggene er fuktige, må man finne ut om fukten skyldes kondens fra innelufta eller fukt fra grunnen som trekkes kapillært opp gjennom betonggolvet, fundamentene eller inn gjennom vegger. Hvis det siste er tilfelle, må man vurdere om det skyldes for dårlig drenering og eventuelt utbedre den, samtidig som man isolerer veggen utvendig. Utvendig isolering vil heve temperaturen i veggen og minske faren for kondens innvendig.

For å redusere risikoen for fuktproblemer i golvet bør man bare bruke materialer som tåler fukt. Flytende golv på plastisolasjon av EPS eller spesiell mineralull er velprøvde løsninger. Med vakuumisolasjonspaneler kan man redusere isolasjonstykkelsen til ca. en fjerdedel sammenliknet med EPS og mineralull. Man bør ikke bruke organiske materialer i golvet uten at det er dokumentert at de tåler vann. En radonsperre bør monteres på oversiden av all isolasjonen. Radonsperren vil gi god lufttetthet og hindre diffusjon nedover i golvet. Hvis det eksisterende betonggolvet er fuktig på grunn av vann som trekkes kapillært opp fra grunnen, kan man legge en fuktsperre mellom eksisterende golv og ny isolasjon. Hvis golvet er tørt, er det en fordel å *ikke* montere fuktsperre under isolasjonen.

I tysk og østerriksk litteratur om rehabilitering med passivhuskomponenter legges det mye vekt på å motvirke risiko for fuktskader ved etterisolering over eksisterende betonggolv, i hovedsak ved å holde temperaturen over betongen tilstrekkelig høy, slik at kondensfaren begrenses. Dessuten skal det ifølge Passivhusinstituttet *ikke* monteres dampsperre, men en diffusjonsåpen dampbrems som lufttett sjikt over isolasjonen. Det regnes som en fordel å velge kapillaraktiv isolasjonsmateriale som cellulosefiber, slik at eventuell fukt lettere kan tørke ut mot rommet, se for eksempel Altbauhandbuch (2009). I Tyskland og Østerrike er det for øvrig standard å ha fuktsperre over eksisterende betong, men det påpekes også at man må fjerne eventuelle organiske restmaterialer på betongen før fuktsperra legges på.

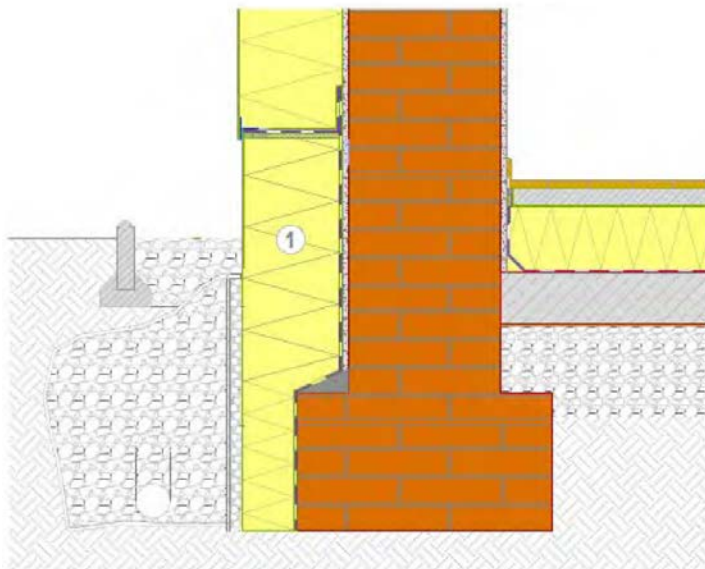
Med ny innvendig isolasjon over betongen vil temperaturen over betongen synke. Det er derfor en fordel å øke disse innvendige overflatetemperaturer med forbedret utvendig isolasjon. Hvis mulig, bør fasadeisolasjonen derfor føres ned langs vegg og fundament. Alternativt kan det monteres markisolasjon et stykke ut fra ytterveggen. Slike tiltak øker innvendige overflatetemperaturer og kompenserer også til en viss grad for høye kuldebroverdier i golvet ved overganger mot terreng. For å unngå altfor lave overflatetemperaturer, anbefaler forfatterne av Altbauhandbuch (2009) dessuten å begrense tykkelsen av isolasjonen over betongen til 25 cm med $\lambda = 0,035 \text{ W/(mK)}$. I større yrkesbygg vil det imidlertid etter vår vurdering uansett sjelden være behov for enda tykkere isolasjon på golvet.

Figur 24 viser en sokkelløsning hvor golv på grunnen forblir uforandret uten isolasjon. Markisolasjon kompensere litt for manglende golvisolasjon og øker golvets innvendige overflatetemperaturer noe. Løsningen viser at man kan forbedre situasjonen, selv om det ikke er mulig å endre golvkonstruksjonen som sådan.



Figur 24 Markisolasjon med 20 cm XPS (1) som kompensere tiltak for uisolert golv som ikke endres. Bare egnet ved lav fuktbelastning fra grunnen. Isolasjonsplatene burde helst ligge lenger ned i terrenget (i kilden anbefales 1 m dypde) og kunne kanskje være noe tynnere. Det er foreslått dryppneseprofil og fuktsperre samt ekspanderende fugebånd mellom sokkel- og fasadeisolasjon, men ikke sokkellist. Sokkellist av aluminium ville gi stor kuldebro med fare for kondens innvendig. Kilde: PH-Sanierungsbauteilkatalog (2012).

Figuren øverst på neste side presenterer betonggolv på grunnen med innvendig isolering. Fasadeisolasjon ført ned til underkant av fundament øker innvendige overflatetemperaturer på betongen noe, men ved sokkelen er kuldebroverdien fortsatt relativt høy. Over betongen er det foreslått fuktsperre, 18 cm EPS med $\lambda = 0,037 \text{ W}/(\text{mK})$ samt 0,5 cm PE-skumfolie og støpt golv. Skumfolien er det lufttette sjiktet som tettes i skjøter og mot veggpuss. Løsningen gir U-verdi på $0,20 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$, uten å ta hensyn til varmemotstanden i grunnen, se Figur 25. Løsningen er egnet hvis det er god plass for etterisolering, noe man for eksempel kan oppnå ved å fjerne eksisterende golvkonstruksjon over betongen, eventuelt ved å heve ferdig golvnivå noe. Dersom hele golvet, inkludert underkonstruksjon, uansett skal hogges opp, eller hvis det ønskes bedre U-verdi, anbefales å velge en løsning hvor hoveddelen av isolasjonen ligger under ny betong, slik at det hele fungerer som utvendig isolasjon, som i Figur 26.

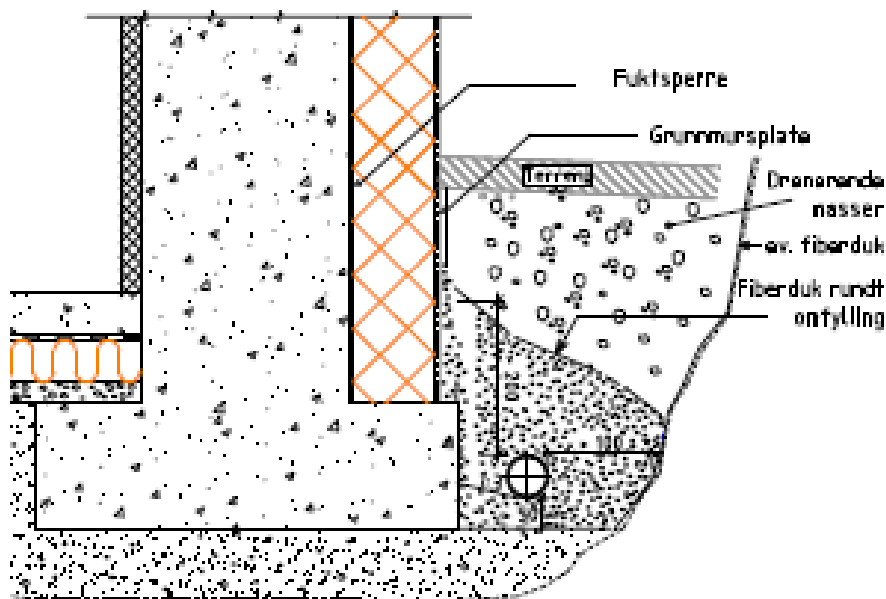


Wandaufbau		
Silikatputz, außen	0,6	cm
EPS-Polystyrol expandiert	30	cm
Kalkputz	2,5	cm
Vollziegelmauerwerk	44	cm
Kalkputz, innen	1,5	cm
U-Wert	0,12	[W/m²K] Σ 78,6 cm

Bodenaufbau		
Bodenbelag	2,5	cm
Estrichbeton	6	cm
PE-Weichschaum, Stöße abgeklebt	0,5	cm
EPS-W25	18	cm
Polymerbitumen-Abdichtung	0,01	cm
Betonplatte	15	cm
Trennlage	0,02	cm
Rollierung	20	cm
U-Wert	0,20	[W/m²K] Σ 62,0 cm

① XPS

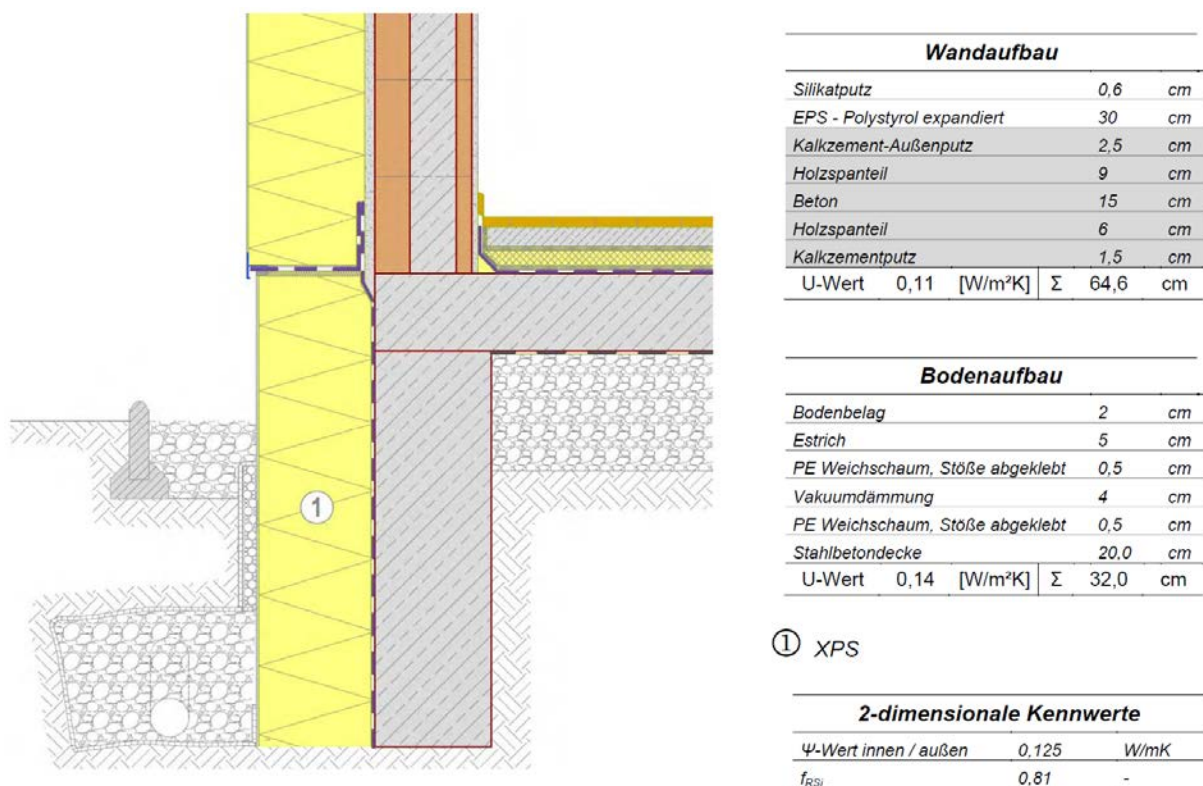
Figur 25 Innvendig isolering av golv på grunnen samt fasadeisolasjon ført ned til underkant fundament. Løsningen er egnet hvis det er god plass til etterisolering, f.eks. ved å fjerne eksisterende golvkonstruksjon over betongen. Lufttett og diffusjonsåpent sjikt over isolasjonslag er viktig. Kilde: PH-Sanierungsbauteilkatalog (2012).



Figur 26 Utvendig isolering av betonggolv samt fasadeisolasjon ført ned til overkant fundament. Relativt stor kuldebro kunne reduseres ved å føre fasadeisolasjon lenger ned mot underkant fundament, eller ved å montere markisolasjon. Det ble valgt forsterket puss mot påkjenning fra baller, spark m.m. Golv på grunnen var i god stand, delvis isolert og delvis uisolert i kjellerrom som ikke er oppholdsrom, og ble konstruktivt ikke endret. Detalj fra oppgradering av Sinsen skole i Oslo i 2010. Tegning: Multiconsult.

Hvis eksisterende golvkonstruksjon over betong på grunnen kan fjernes, men plass for etterisolering likevel er liten, kan vakuumisolasjon være et egnet alternativ, som vist i Figur 27. I løsningen fra PH-Sanierungsbauteilkatalog (2012) er det over eksisterende betong foreslått fuktsperre og 4 cm vakuumisolasjonspaneler mellom 0,5 cm PE-skumfolie på begge sider, samt støpt golv. Hvis betongen ikke er jevn nok, kan det legges et avrettingslag først. Skumfolien beskytter panelene under og over, og det øvre laget er et lufttett sjikt som tettes i skjøter og mot veggpuss. Løsningen gir U-verdi på 0,14 W/m²K, uten å ta hensyn til varmemotstanden i grunnen. Fasadeisoleringen i forslaget er ført ned ca. 1,20 m under overkant eksisterende betonggolv. Overflatetemperaturen i det spesielt kritiske hjørnet mellom betonggolv og yttervegg vil derfor være forsvarlig høy i eksemplet.

I slike situasjoner kan det forresten være en fordel å hente inn fuktteknisk rådgiving for å sikre at ønsket løsning fungerer i aktuelt klima på stedet, spesielt i kalde regioner i innlandet.



Figur 27 Innvendig isolering av golv på grunnen med vakuumisolasjon samt fasadeisolasjon⁸ ført ned til underkant fundament. Løsningen er egnet hvis det er liten plass til etterisolering, f.eks. etter fjerning av eksisterende golvkonstruksjon over betongen. Løsningen er fuktteknisk avhengig av fasadeisolasjon langt ned ved fundament og god lufttetting over innvendig golvisolasjon. Angitt kuldebroverdi nederst til høyre i beskrivelsen vil være høyere etter norsk metode relatert til innvendige mål. Kilde: PH-Sanierungsbauteilkatalog (2012).

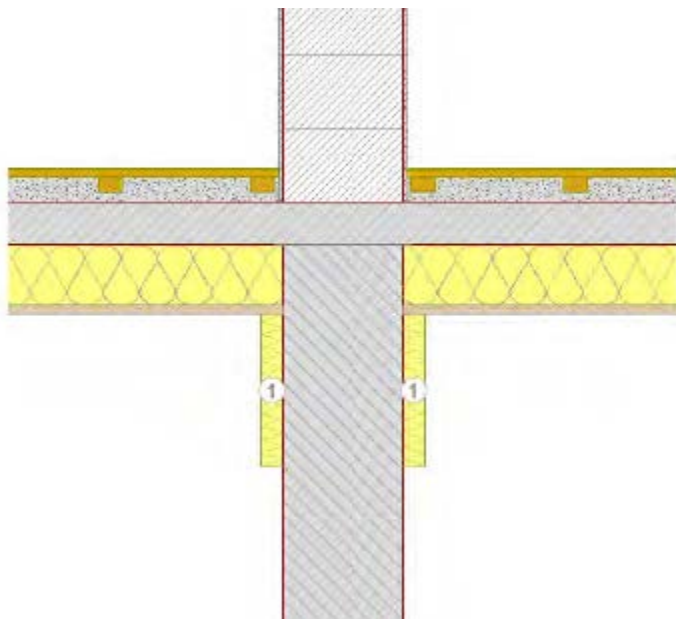
⁸ Eksisterende yttervegg i beskrivelsen øverst til høyre er en murt konstruksjon av «trespon-betongstein» som på 1970-tallet var i bruk i Østerrike og som gir en viss isolasjon. Med vanlig mur- eller betongvegg vil U-verdien bli noe høyere, men løsningen vil i prinsippet fungere like godt.

6.3 Vegg og kjellerdekke

Hvis den aktuelle bygningen har uoppvarmet kjeller, er det mest vanlig å etterisolere under kjellerdekket. Dette er relativt kostnadseffektivt og enkelt å gjennomføre. Dersom eksisterende romhøyde ikke tillater tykkere etterisolering med vanlige rimelige materialer, kan man velge polyuretan eller vakuumisolasjon. Fuktteknisk er bruk av slike materialer ingen risiko; løsningen fungerer som utvendig isolasjon og vil i så måte forbedre konstruksjonen. Et betongdekke er normalt lufttett. I tilfelle det eksisterer en annen, ikke lufttett etasjeskillekonstruksjon, må man montere et lufttett sjikt under kjellerdekket, eller gjøre etasjeskilleren i seg selv lufttett, eksempelvis ved sparkel eller fugetetting.

Lufttetting mot første etasje generelt kan imidlertid bli en utfordring hvis det er mange gjennomføringer eller åpninger med trapperom, dører og heissjakt. Også isolasjon for eksempel mot oppvarmet trapperom blir i utgangspunktet nødvendig og kan være krevende og kostnadsdrivende. I slike tilfeller kan det være et alternativ å inkludere kjelleren i oppvarmet areal, og så etterisolere og lufttette kjellervegger og kjellergolv.

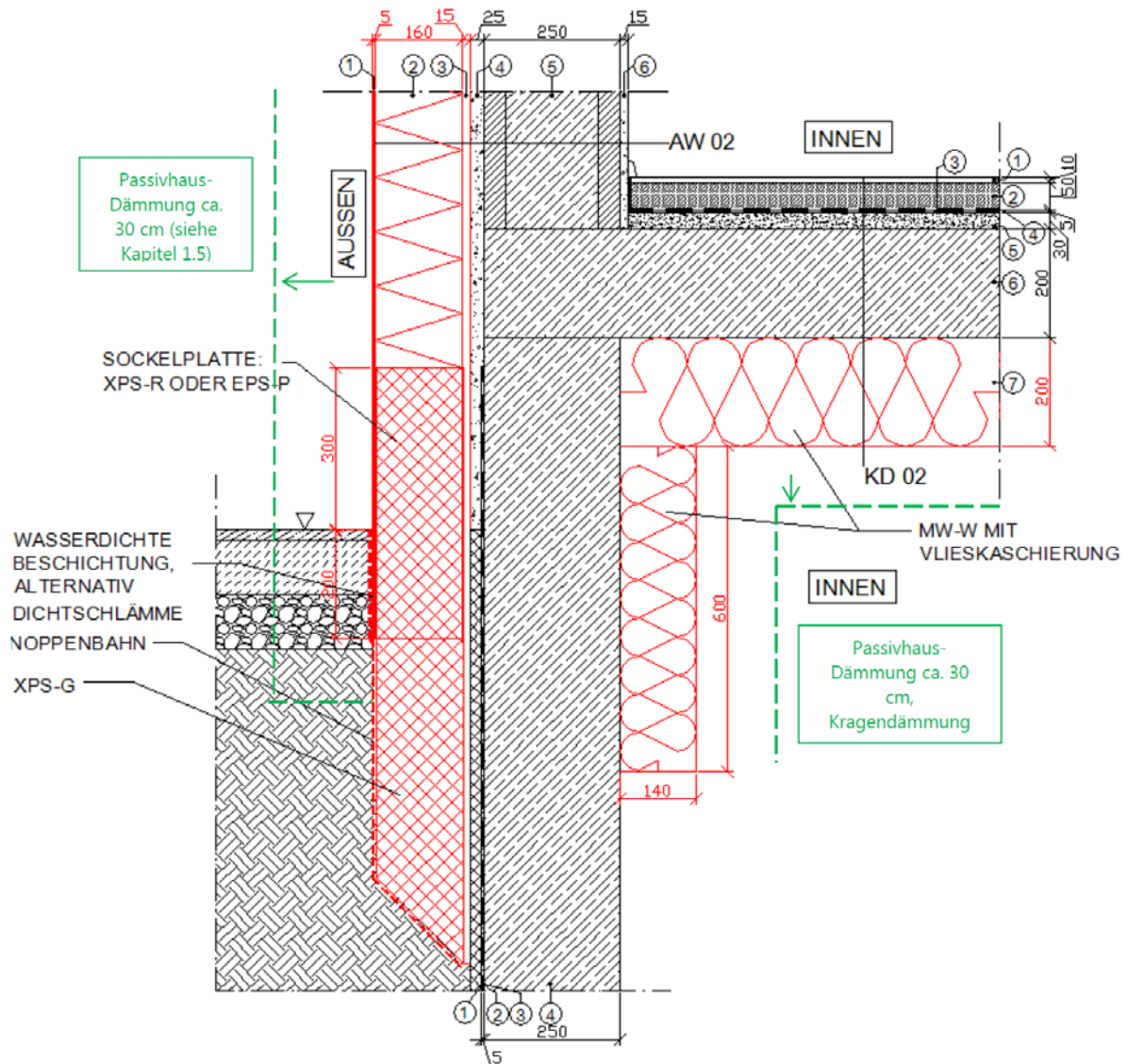
Når kjellerdekke etterisoleres, bør også innbindende bygningsdeler få isolasjon et stykke ned under etasjeskilleren. Dette gjelder både innvendige vegger og søyler og yttervegger. Dette minsker kuldebroer og øker overflatetemperaturen i etasjen over. Denne isolasjonen kan være tynnere enn isolasjonssjiktet under kjellerdekket. Prinsippet er vist i Figur 28.



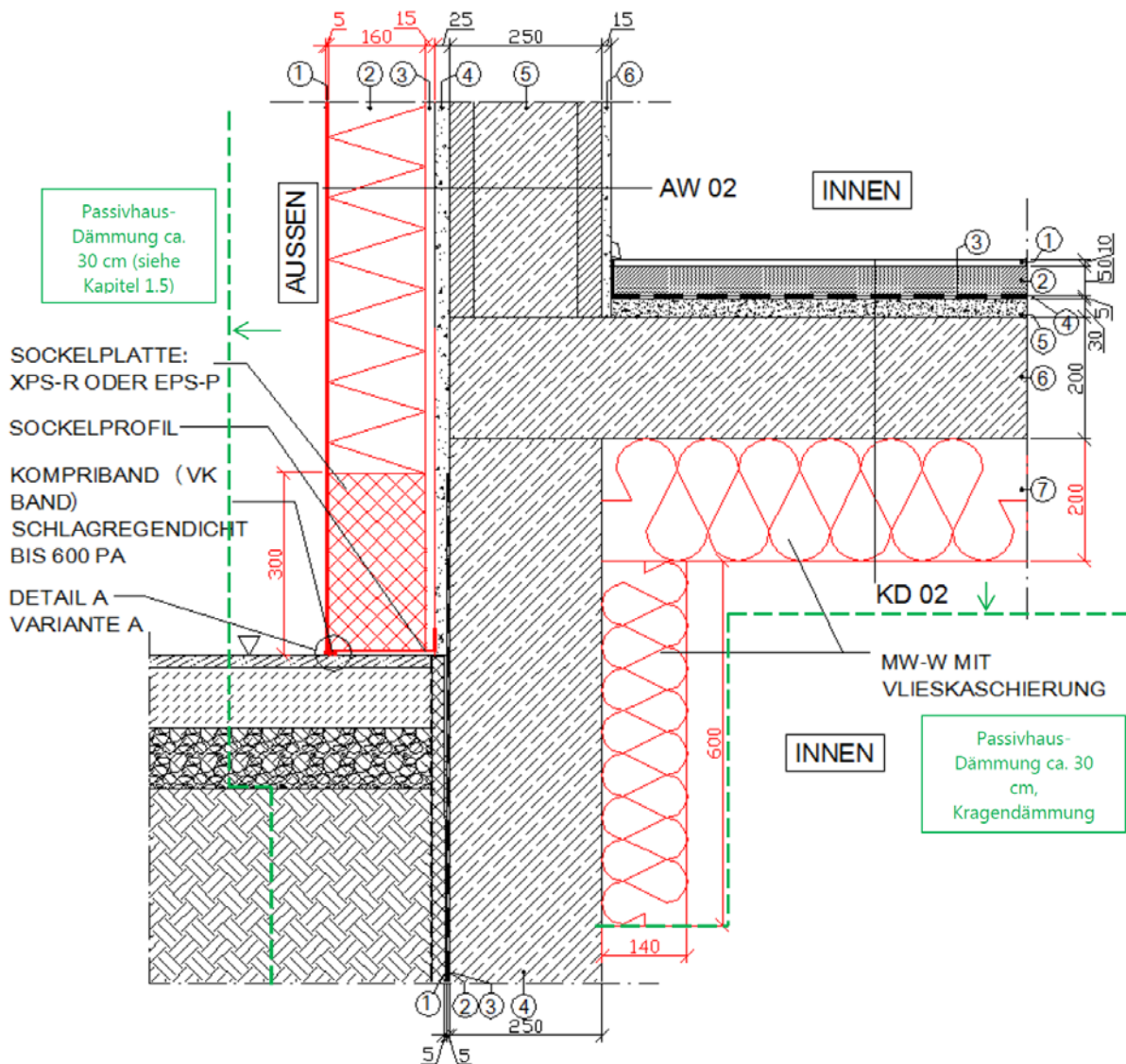
Figur 28 Prinsipp for etterisolering av kjellerdekker ved overgang mot vegger og søyler. Etterisolering 50-60 cm ned kan antas som veiledende. Kilde: PH-Sanierungsbauteilkatalog (2012).

Fasadeisolasjonen skal også føres ned forbi kjellerdekknivå, minst til terreng og helst enda lenger ned langs kjellerveggen, for å bidra til lav kuldebroverdi og tilstrekkelig høye innvendige overflatetemperaturen. I det følgende vises to sokkelløsninger ved kjellerdekke og overgang mot terreng. Den første har fasadeisolasjon langt ned i terrenget, se Figur 29. Den andre ble utviklet for å kunne brukes når det ikke skal gjennomføres arbeider ved eksisterende fortau, og den har derfor

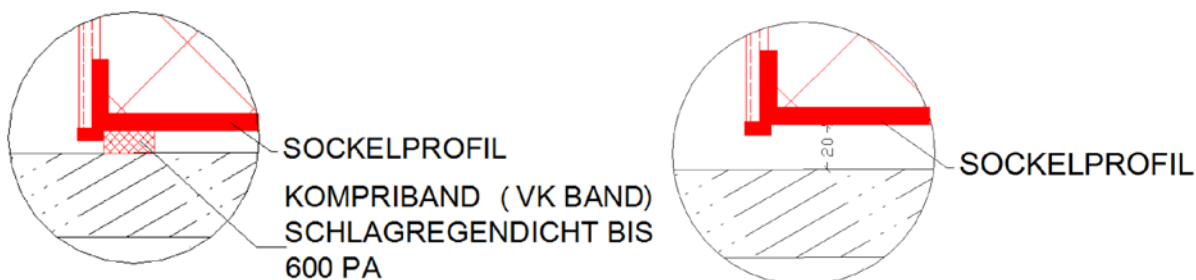
fasadeisolasjon som slutter ved overkant terreng, se Figur 30. Denne andre løsningen vil være betydelig billigere enn den første, hvis det ikke uansett gjennomføres arbeider på fortau eller for eksempel i sammenheng med drenering. Hvis det likevel skal gjøres gravearbeider, vil det første alternativet derimot ikke medføre store merkostnader og burde derfor være førstevalg.



Figur 29 Sokkelløsning med isolasjon under kjellerdekke og fasadeisolasjon langt ned i terreng (ca. 1 m, målt fra ny underkant kjellerdekkeisolasjon). Stiplet grønn linje markerer mulige isolasjonstykkelser mot passivhusnivå. Innvendig fasadeisolasjon et stykke ned under kjellerdekket er viktig, men kunne være tynnere enn vist. Dette er en løsning med lav kuldebroverdi og bare ubetydelige merkostnader, hvis det uansett gjennomføres arbeider hvor det må graves (drenering, nye ledninger under fortau e.l.). Kilde: Sanierung mit PH-Technologie (2013).



Figur 30 Sokkelløsning med isolasjon under kjellerdekke og fasadeisolasjon ned mot terreng/fortau. Stiplet grønn linje markerer mulige isolasjonstykkelser mot passivhusnivå. Innvendig fasadeisolasjon et stykke ned under kjellerdekket er viktig, men kunne være tynnere enn vist. Løsningen på utvendig side representerer et slags minstemål når det gjelder å holde kuldebroer forsvarlig lavt. Den vil være betydelig kostnadsbesparende sammenliknet med alternativet i forrige figur, så lenge det ikke uansett gjennomføres gravearbeider. Overgangen mellom fasadeisolasjon og fast dekke som fortau (se detalj A i figuren) kan utføres på to måter, som er vist under. Første alternativ er montasje av ekspanderende fugebånd mellom sokkellist og fortau (bilde til venstre). Andre alternativ er å holde 2 cm avstand mellom fortau og sokkellist (bilde til høyre). I begge alternativer må overgangen mot veggen være slagregn- og vindtett. Sokkellist bør helst være av plast, ikke aluminium eller stål. Kilde: Sanierung mit PH-Technologie (2013).



7 Overgang mot tak

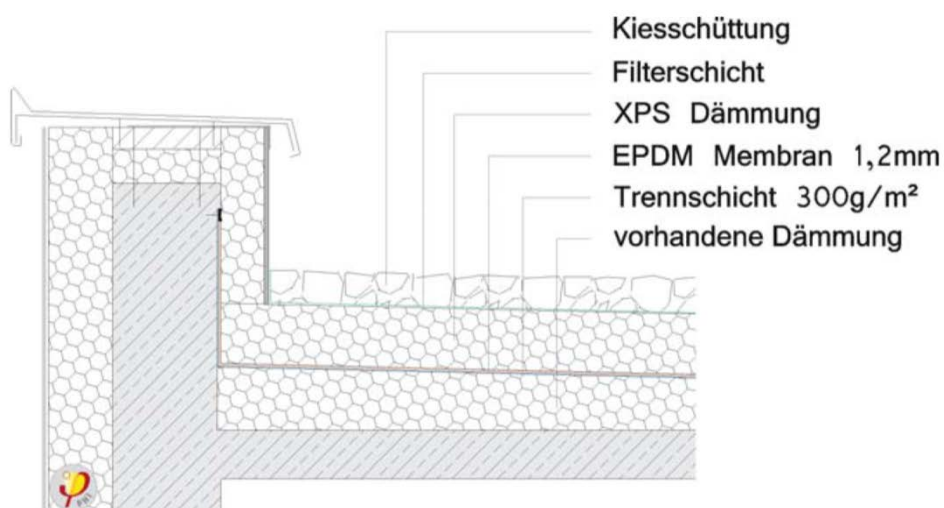
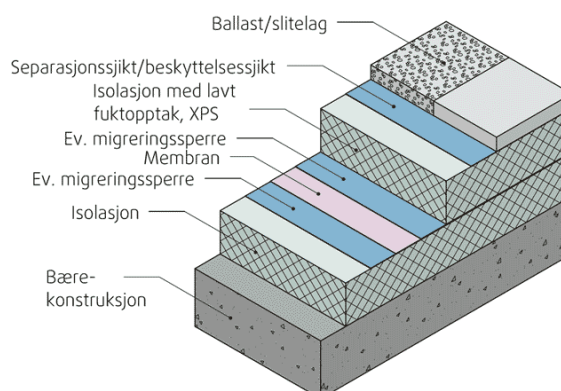
7.1 Flate tak

7.1.1 Generelt

Kompakte tak og terrasser er behandlet i Byggforskserien, deriblant 525.207 *Kompakte tak*.

Tak i sammenheng med skader og utbedring er for eksempel behandlet i 725.115 *Oppfôret tretak på dekke av betong. Utbedring og ombygging*. Nyttig er også Flate tak (2008), en temaveileder i serien *TPF informerer*, som i stor grad bygger på anvisninger i Byggforskserien, og som kan lastes ned på nettstedet til Takprodusentenes forskningsgruppe⁹.

Ekstra isolasjon på oversiden av et eksisterende kompakt tak øker temperaturen i konstruksjonen og forbedrer fuktsikkerheten. Et rettvendt tak i god stand, hvor også takteknningen er i orden, kan beholdes og på en enkel måte tilleggisoleres, slik at hele systemet fungerer som et duotak med membran mellom gammel og ny isolasjon, se prinsipp vist til høyre (fra Byggforskserien 527.207). Også på taket bør kuldebroer så langt som mulig minimeres. Isolasjonen føres derfor et stykke opp langs innbindende bygningsdeler, og konstruksjoner som parapet e.l. blir mest mulig pakket inn med isolasjon. Prinsippet er vist i Figur 31.

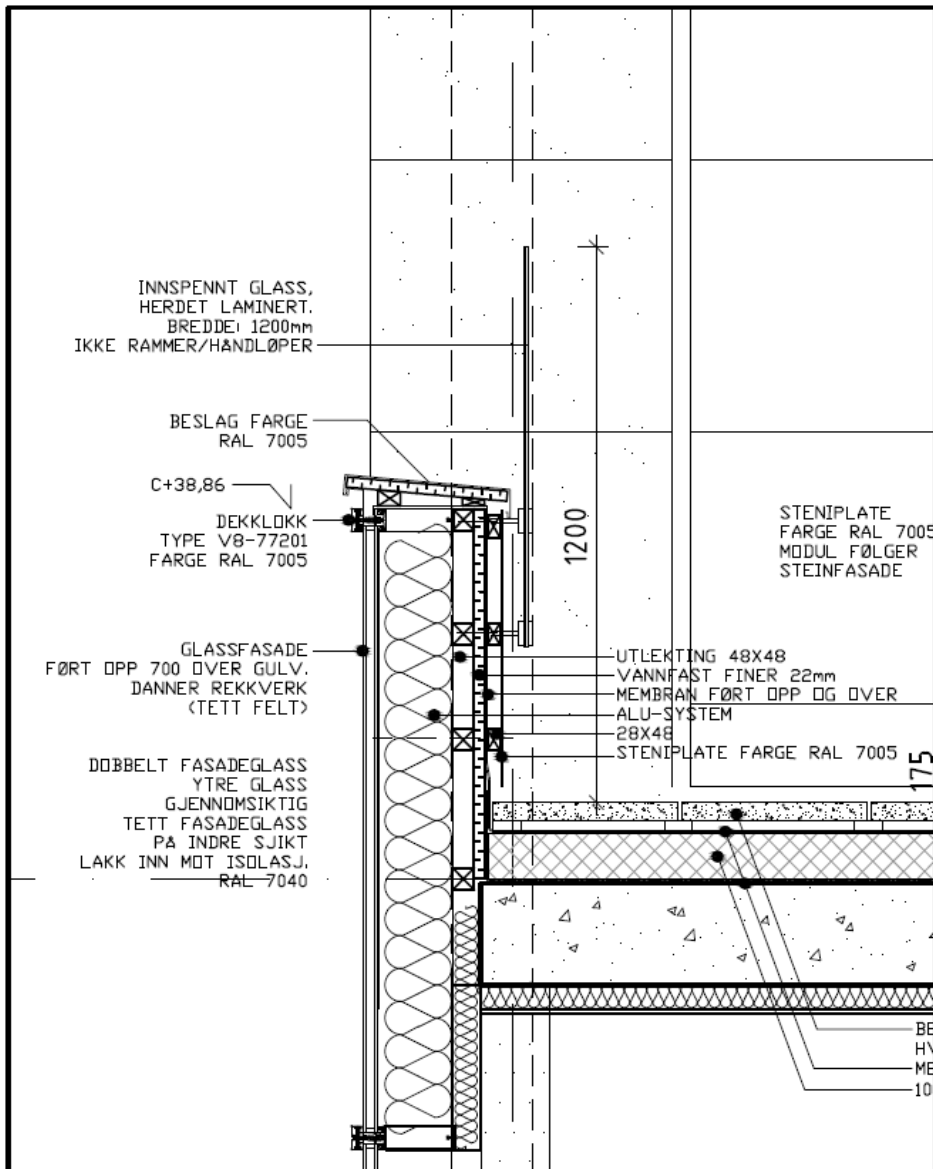


Figur 31 Overgang mellom fasadeisolasjon og flat tak ved parapet. Parapeten blir pakket inn for å minimere kuldebroer. Eksemplet viser etterisolering på eksisterende rettvendt tak hvor eksisterende isolasjon og membran er beholdt. Med tilleggisolering fungerer hele systemet som duotak. Man må sikre at konstruksjonen under eksisterende isolasjon er lufttett mot romsiden for hindre kondensering i dette isolasjonslaget. Kilde: Altbauhandbuch (2009).

⁹ http://www.tpf-info.org/tpf_informerer.html

7.1.2 Isolasjon på begge sider av taket

En viss andel av bygningene fra 1940- og 1950-tallet har isolasjon både over og under betongtaket. Det er i så fall ingenting i veien for å beholde også det innvendige isolasjonssjiktet: Utvendig etterisolering vil bare forbedre fuktegenskapene til taket – se eksempel i Figur 32. I andre tilfeller kan det være et ønske om innvendig etterisolering, for eksempel hvis plassen over taket er begrenset på grunn av eksisterende utgangsnivå til takterrasse eller fordi gesimshøyden ikke skal forandres mye, noe som kan være et krav i offentlig regulering. En kombinasjon av utvendig og innvendig isolering kan i slike tilfeller være et alternativ til dyre materialer som vakuumisolasjon på oversiden av taket.



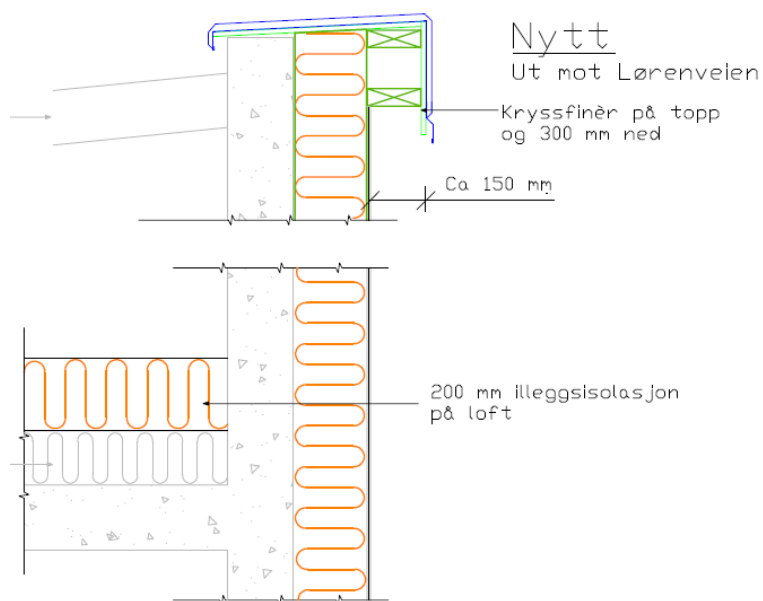
Figur 32 Ålesund rådhus: Takterrasse med ny utvendig isolasjon over og 10 cm eksisterende innvendig isolasjon under betongdekket. Vist isolert vegg er her foran bærende søyler, som i prinsippet også kunne være betongvegg eller mur. Parapetløsningen er i prinsippet riktig, men noe høy kuldebro mot betongkanten kunne blitt forbedret med hard isolasjonsplate i mellomrommet nederst i parapeten. Tegning: Veidekke, Kristiseter og HRTB arkitekter.

Generelt kan det sies at varmemotstand på undersiden av betongdekket/dampsperra ikke bør være høyere enn en tredjedel av varmemotstanden på oversiden. På undersiden bør man helst bruke kontinuerlig isolasjon uten lekter. Hvis man bruker trelekter, bør man ikke legge dem direkte under taket, men skille dem fra betongen med strimler av hard isolasjonsplate. Hvis man ønsker mer isolasjon på undersiden av taket, anbefales det å gjennomføre en bygningsfysisk analyse for bl.a. å undersøke hvor høy den innvendige luftfuktigheten er og hvor mye fukttilkudd som kan tillates. Uansett skal det være lufttett under isolasjonssjiktet. Foruten mineralull kan isolasjonsmaterialer som trefiber, cellulosefiber, mineralske isolasjonsplater eller kalsiumsilikatplater brukes innvendig. Alle disse materialene er relativt diffusjonsåpne med mulighet for å tørke innover, og har noe større diffusjonsmotstand enn mineralull. Hvilken materialkombinasjon som er best egnet, må også ses i sammenheng med ønsket overflate under himlingen.

7.1.3 Oppfôret trectak

Oppfôrede trectak ble mye brukt på 1950- til 1970-tallet, på både boligblokker og yrkesbygg. Konstruksjonen har brann- og fukttekniske utfordringer og kan være vanskelig å etterisolere. Luftingen kan fungere dårlig¹⁰ (jf. Altbauhandbuch, 2009), og det kan være problemer med inndrev av regn og snø. Hvis hulrommet etterisoleres, kan luftingen bli enda dårligere, og kondensfaren på undersiden av taktroa øker fordi temperaturen i hulrommet blir lavere. Selv med god lufttetthet mellom rom og tak er det risiko for kondens i perioder fordi fuktig uteluft kan strømme inn og kondensere under taktroa, spesielt ved klar nattehimmel.

På Sinsen skole i Oslo ble hulrommet etterisolert med 20 cm på eksisterende 15 cm, og



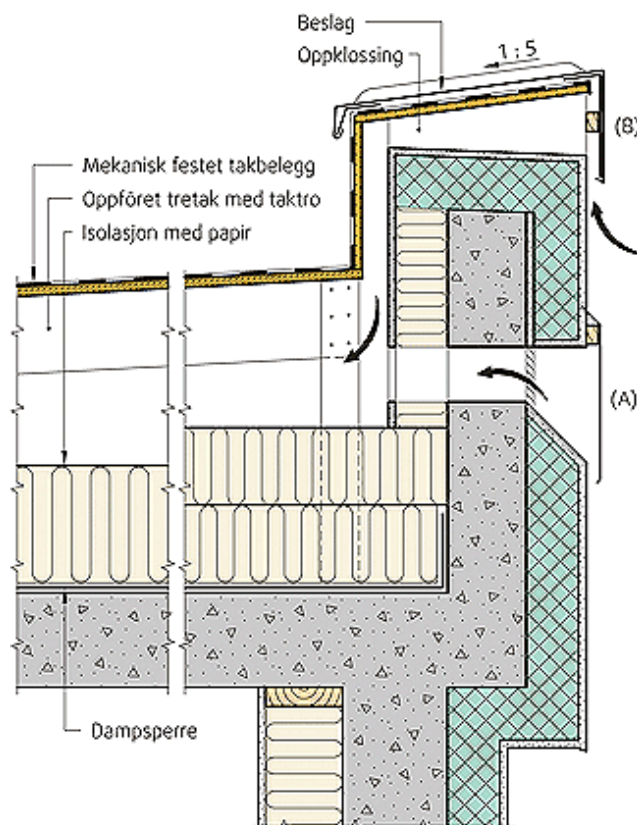
fasadeisolasjonen ble ført opp mot parapeten. U-verdien ble forbedret fra 0,30 til 0,13 W/m²K. Trekonstruksjonen var i god stand, og arbeidene kunne enkelt gjennomføres fordi det uansett var nødvendig med noen inngrep på eksisterende tak. Gesimshøyden ble ikke økt. Løsningen er vist i Figur 33.

Figur 33 Sinsen skole i Oslo: 15 cm eksisterende isolasjon i hulrommet av oppfôret trectak ble etterisolert med 20 cm. U-verdi 0,13 W/m²K. Overgang mot parapet med fasadeisolasjon ført

opp til overkant. Lufteåpninger er ikke endret (ikke vist). Hvis tilgjengelig under rehabilitering, bør ytterveggen også innvendig isoleres et stykke opp for å redusere kuldebro – se eksempel i neste figur. Tegning: Multiconsult.

¹⁰ Allerede på 1980-tallet var det flere tyske publikasjoner som påpekte det. Det kan ha sammenheng med at det i Mellom-Europa er mange steder med lite vind, slik at problemet oftere blir tydelig.

Dersom tilstandskontrollen avdekker fukt- og råteskader, må de råteskadde materialene skiftes ut. Hvis skadene er omfattende, bør man vurdere å fjerne den oppførede trekonstruksjonen helt og erstatte den med et kompakt tak. Hvis tilstanden er såpass bra at det holder med mindre omfattende reparasjoner, kan også utbedring vurderes. I så fall kan det samtidig etterisolerers, men mulig isolasjonstykkelse er begrenset. Det kan være hensiktsmessig å isolere mest der hvor hulrommet er høyest, og så trappe isolasjonstykkelsen ned i forhold til høyden på hulrommet. Konstruksjonen er fortsatt avhengig av god lufttetthet nedenfra samt fungerende lufting. Byggforskserien 725.115 gir nærmere råd for utbedring og ombygging – se eksempel i Figur 34. Nyere undersøkelser, gjennomført av SINTEF Byggforsk, viser imidlertid at det kan være forsvarlig å etterisolere noe mer enn vist i anvisningen, nesten opp til taktroa med en *kontinuerlig luftespalte på minst 5 cm*. Med dette blir nesten hele hulrommet utnyttet, slik at det blir svært god isolasjon. Med riktig utført, fungerende lufting vurderes uttørkingsevnen i konstruksjonen som tilstrekkelig for at det ikke blir fuktskader, til tross for noe kondens i perioder (jf. Uvsløkk, 2008, om kompakte tak).



Figur 34 Prinsipp for utbedret løsning med etterisolert oppføret tretak og redusert kuldebro ved parapet av betong. Lufteåpningen er godt skjermet mot regn- og snøindrev med en sjalusirist og med et beslag foran (A). Alternativt kan de eksisterende lufteåpningene tettes og nye lufteåpninger etableres under toppen av gesimsen (B). Fra Byggforskserien 725.115.

Hvis tilstandskontrollen ikke avdekker fukt- og råteskader og det heller ikke er behov for inngrep i takkonstruksjonen av andre grunner, og hvis også taktekingen er i god stand med fortsatt mange års levetid igjen, så er det enklest og mest kostnadseffektivt å etterisolere det eksisterende hulrommet best mulig. Som nevnt ovenfor, vil isolasjonshøyden i hulrom med fungerende lufting være begrenset, men med 5 cm kontinuerlig luftespalte under taktroa vil man likevel oppnå lave U-

verdier. Denne løsningen forutsetter at hulrommet er tilstrekkelig høyt og godt tilgjengelig fra sidene. I praksis kan man imidlertid ofte ikke etablere et smalt luftesjikt under taktroa uten og åpne taket ovenfra. Dette ville medføre større kostnader, som man kunne unngå ved å blåse ut hele hulrommet med isolasjon. Denne metoden er desidert mest kostnadssvarende, men må i hvert prosjekt vurderes mot eventuelt økt risiko for fuktskader.

Ved å blåse ut hele hulrommet med isolasjon, får man et uluftet kompakt tretak som resultat. I nybygg frarådes det definitivt å bygge slike konstruksjoner, først og fremst fordi tre som organisk materiale kan inneholde fukt som blir innestengt mellom to relativt damptette sjikt under og over. Gamle eksisterende trekonstruksjoner inneholder derimot normalt ikke lenger betydelige fuktmengder, slik at trefukt ikke utgjør en risiko. Risikoen for inntrengende fukt nedenfra er normalt også svært lav ettersom betongdekket under er lufttett og har tilstrekkelig diffusjonsmotstand. Totalt kan risikoen med fullisolert, uluftet hulrom derfor være forholdsvis lav, men det forutsetter god lufttetting nedenfra og god regntetting ovenfra. Risiko for kondensering av inntrengt uteluft eller for inndrev av regn og snø er ikke til stede med fullisolert hulrom.

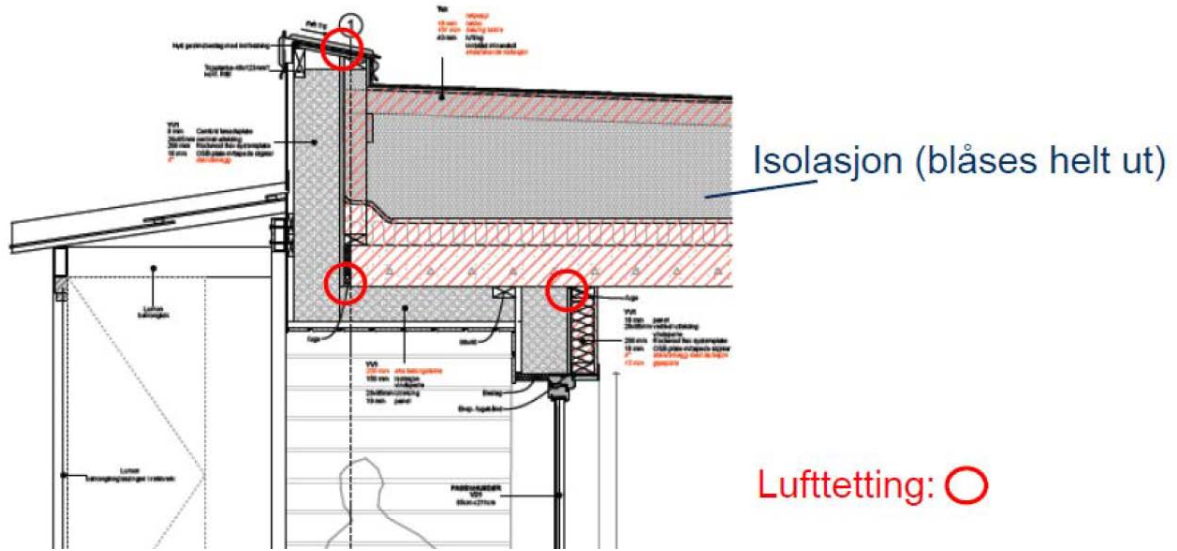
Varmeisolasjonen blir svært bra med fullisolert hulrom, og brannrisikoen blir heller mindre, siden det ikke lenger er lufteåpninger. I brannklasse 1–3 med betongdekke og ikke mer enn 400 m² takareal uten brannskille kan man også bruke innblåst trefiber- eller celluloseisolasjon. Disse materialene kan ta opp en viss mengde fukt uten skade for isolasjonseffekten og er ofte brukt ved etterisolering av hulrom over betongtak i Mellom-Europa. Også i Norge kan dette være et alternativ til mineralull. Uansett bør konstruksjonsmuligheter og materialer vurderes nøye i hvert prosjekt.

I pilotprosjektet Myhrerenga på Skedsmokorset ble det foretatt en grundig vurdering, før de sju boligblokkene ble oppgradert etter passivhuskonseptet i 2010–2011, jf. Klinski (2010a). Taktekningen var i god stand, det var ikke behov for utbedring og ingen fuktskader i de oppførede tretakene. Riving og ombygging til tradisjonelle kompakte tak hadde vært det tryggeste alternativet, men kom ikke i betraktning fordi det ikke hadde vært kostnadssvarende. De eksisterende takene hadde 10 cm



isolasjon og et fall som ga 25 til 40 cm spalte til lufting. Dette ga ikke rom for mye etterisolering over hele arealet uten å åpne taket ovenfra. Fordeler og risiko ved delvis eller fullstendig etterisolering i hulrommet ble vurdert opp mot hverandre. Etter det endelige konseptet ble hele hulrommet fullt med innblåst mineralull. U-verdien ble forbedret fra ca. 0,35 til ca. 0,11 W/m²K. På utvalgte steder i takene skulle det monteres sensorer for fuktovervåkning. Situasjonen før og etter er vist i henholdsvis Figur 35 og Figur 36.

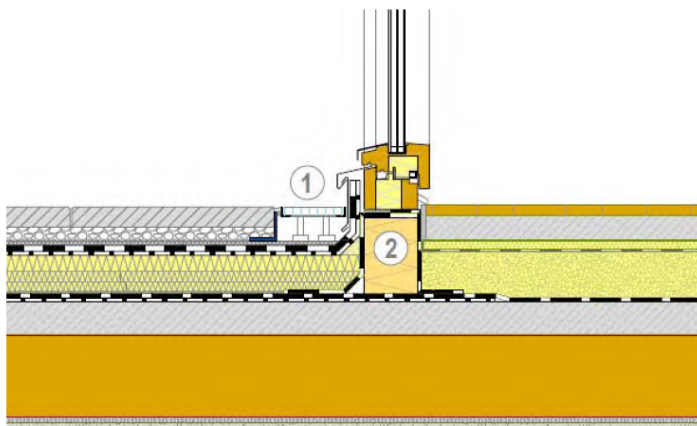
Figur 35 Myhrerenga på Skedsmokorset: Oppføret tretak før oppgradering med tørr trekonstruksjon i god tilstand og luftet hulrom over 10 cm eksisterende isolasjon (fasadekledningen er fjernet). Foto: SINTEF Byggforsk.



Figur 36 Myhrerenga på Skedsmokorset: Hulrommet i eksisterende takkonstruksjon blåses helt ut med isolasjon og gjøres lufttett på alle sider. U-verdi 0,11 W/m²K. Tegning: Arkitektskap AS. Kilde: Klinski (2010a).

7.1.4 Takterrasse og overgang ved dør

Ved tilrettelegging for takterrasser skal det helst ikke være nivåforskjell mellom inne og ute, og terskelen under terrassedører skal være lav. Dette vil i utgangspunktet også være et krav etter Byggteknisk forskrift TEK10, dersom oppgraderingen etter kommunens skjønn er så omfattende at den regnes som hovedombygging. For å unngå innvendige rampeløsninger eller mye påfôring av etasjeskillere, må isolasjonstykkelsen under takterrassen holdes så lav som mulig. Samtidig bør isolasjonsevnen være høy, og minstekrav til isolasjon i TEK10 må oppfylles (her gjennomsnittlig U-verdi i tak). Takterrasser er derfor et område hvor bruk av vakuumisolasjon kan være forsvarlig, også med hensyn til kostnadseffektivitet. Løsninger med vakuumisolasjon gjør at tilleggsarbeid knyttet til ramper, økt golvnivå og ekstra trappetrinn er unødvendig eller betydelig enklere, slik at kostnadene totalt sett blir lavere enn med konvensjonell isolasjon. Figur 37 viser en illustrerende løsning fra Østerrike med innadslående dør. Terskelen i døra sitter imidlertid for høyt og er ikke «avfaset ... på maksimum 25 mm», som er et krav i § 12-11 i TEK. Med små tilpasninger kan tilgjengelighetskravet oppfylles, men løsningen forutsetter da takoverbygg for å kunne regnes som fuksikker, eller isolasjonen må være tynnere – se tekst i figuren.



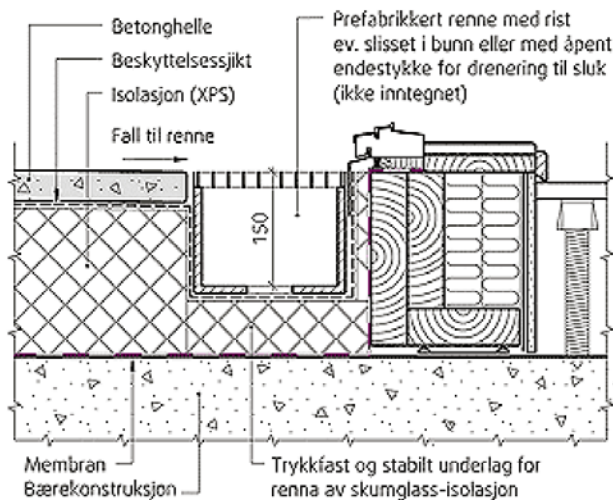
Deckenaufbau außen		
Betonplatten	5	cm
Kies (4-8)	4	cm
Gummigranulatmatte	1	cm
Polymerbitumenabdichtung, 2-lagig	1	cm
EPS W25 Gefälleplatten, drüber Dampdruck-Ausgleichsschicht	4	cm
Vakuumdämmung 2 lagig	5	cm
PE-Weichschaum	0,5	cm
Dampfsperre bituminös	0,02	cm
Betondecke, drüber Dampdruck-Ausgleichsschicht	8	cm
PE-Folie	1,5	cm
Doppelbaumdecke	20	cm
Kalkputz auf Schilf-Stukkatur	2,5	cm
U-Wert	0,10	[W/m ² K] Σ 52,5 cm

Figur 37 Overgang mot innadslående terrassedør mellom takterrasse og rom, utført med 5 cm vakuumisolasjon i to lag mellom 0,5 cm PE-skumfolie og 4 cm EPS kl. 25 (skrårskårne plater). (1) = tetting opp minst 5 cm over renne; (2) = Purenit (av resirkulert polyuretan). U-verdi takterrasse 0,10 W/m²K. Kilde: PH-Sanierungsbauteilkatalog (2012).

Vist løsning kan normalt regnes som fuksikker så lenge det er membranoppkant på minst 150 mm mot dørterskel. Hvis det er konstruktiv beskyttelse i form av takoverbygg, kan oppkanten på membranen reduseres til 50 mm. For å oppfylle tilgjengelighetskrav i TEK10, skal det være avfaset terskel på maksimalt 25 mm. Vist terskel må derfor utføres avfaset og plasseres lavere, det vil si at støttebjelken av Purenit blir noe lavere. Dermed vil det også bli mindre oppkanthøyde, slik at fuksikkerheten bare er ivaretatt hvis det er takoverbygg. Alternativt kunne isolasjonen utføres tynnere, med bare ett lag vakuumisolasjonspaneler, samt noe tykkere grus-sjikt, slik at det igjen er plass til 15 cm oppkant. U-verdien vil da bli høyere, men kan likevel være tilstrekkelig.

Trinnfrie overganger ble undersøkt i rapporten *Trinnfri og robust*, hvor også de to følgende figurene ble hentet fra (Denizou og Bøhlerengen, 2013). Rapporten viser at det med god planlegging og utførelse går an å lage terskelløsninger som både gir god tilgjengelighet og tilstrekkelig fuksikring. Med høye energiambisjoner for nye eller oppgraderte bygninger blir imidlertid utfordringene enda noe større ettersom det da skal være svært god isolasjon og minst mulig kuldebroer. Desto viktigere blir det med gjennomtenkt prosjektering og kvalitetssikring for å ivareta alle disse aspektene.

Byggforskeren 525.304 presenterer løsninger for terrasseoverganger på etasjeskiller av betong for lett eller moderat trafikk. Disse løsningene oppfyller tilgjengelighetskrav og er fuktsikre, men viser til gjengjeld isolasjon med høyere U-verdi. Videre er kuldebroene ofte større enn i den østerrikske konstruksjonen – se Figur 38 og Figur 39. Løsningene lar seg imidlertid tilpasse et høyere ambisjonsnivå ved å bruke materialer med bedre isolasjonsevne. Til terrasseisolasjon kan man bruke vakuumisolasjonspaneler eller polyuretan. Som støtte og skille under dørterskelen kan treverk i mange tilfeller erstattes med materialer med lavere λ -verdi som Purenit (av resirkulert PU), skumglass, porebetong, mineralske isolasjonsplater eller kalsiumsilikatplater.



Figur 621 d i Byggetaljer 525.304 "Terrasse på etasjeskiller av betong for lett eller moderat trafikk". Viser prinsipp for nedsettet renne utenfor dør, som sikrer tilstrekkelig stighøyde for vannet (minst 150 mm) før vann kan renne inn. Krav til universell utforming ivaretas av rist over renne, som er plassert slik at det blir maks. 25 mm høydeforskjell mellom topp terskel og gulvoverflate.

Figur 38 Prinsipp for overgang mot terrassedør på takterrasse uten overbygg. Løsningen har litt lite isolasjon på terrassen og noe høy kuldebro under renna og under døra. Under renna, og generelt som nederste isolasjonslag på terrassen, kunne det brukes vakuumisolasjon, beskyttet av annen trykkfast isolasjon. Treverket under døra kunne erstattes av Purenit, skumglass, porebetong, mineralske isolasjonsplater eller kalsiumsilikatplater. Kilde: Denizou og Bøhlerengen (2013).

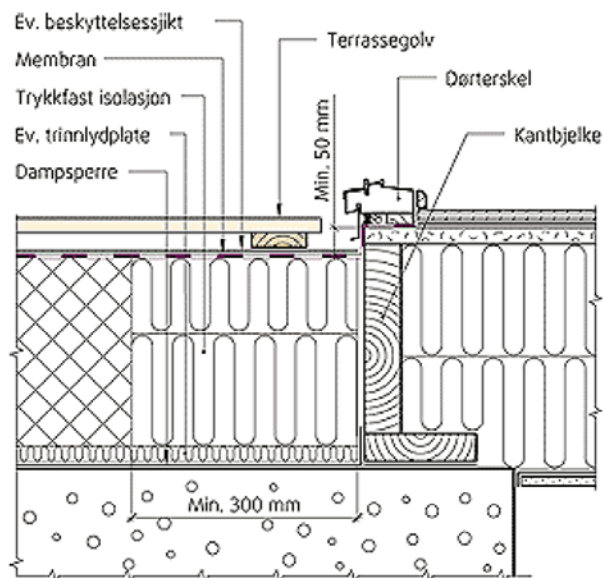


Fig. 622 Detalj av avslutning mot dørterskel på terrasse med takoverbygg over terrassedør

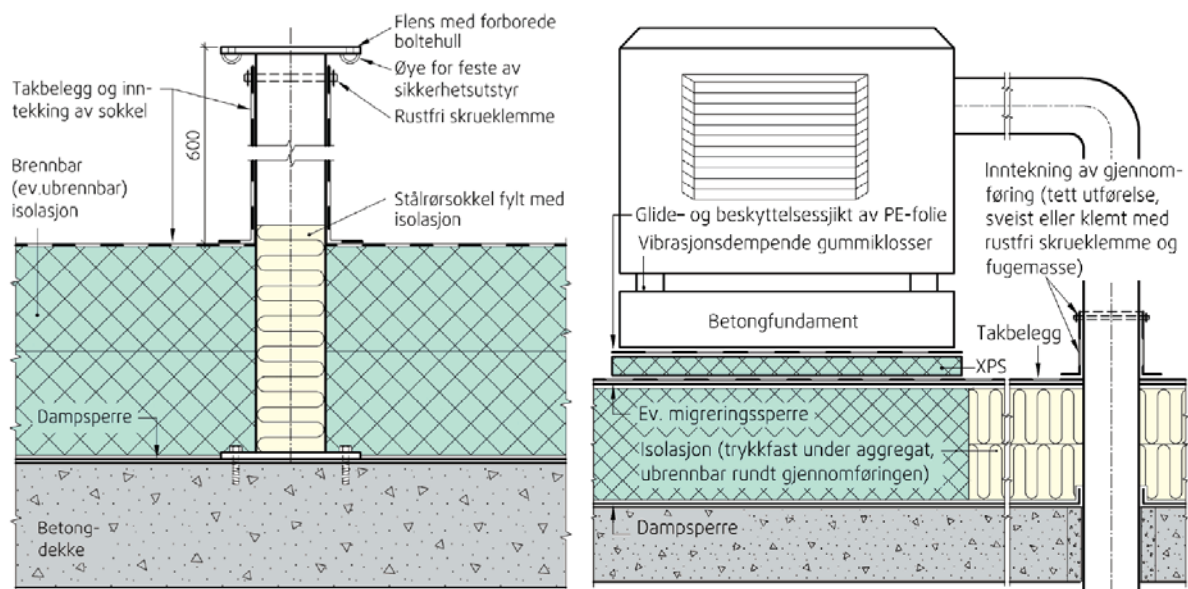
Membranen og beslaget må avsluttes opp i det ferdig utfreste sporet i underkant av terskelen.

På terrasser der døra er beskyttet av et overbygg på minst 1 m, kan oppkanten på membranen reduseres mot dørterskel. Løsningene kan differensieres noe, avhengig av lokale påkjenninger.

Figur 39 Prinsipp for overgang mot terrassedør på takterrasse med overbygg. Løsningen kunne hatt noe bedre isolasjon på terrassen. Vakuumisolasjon ville isolere bedre og gi mulighet for lavere høydeoppbygging. Kantbjelken under døra kunne muligens erstattes av materiale med lavere λ -verdi, og golvplata må ikke nødvendigvis være gjennomgående under terskelen. Kilde: Denizou og Bøhlerengen (2013).

7.1.5 Innfesting av solfangere og solcellepaneler på flatt tak

Ved høyambisiøs oppgradering av yrkesbygg er der ofte aktuelt å plassere solfangere eller solcellepaneler på flate tak. Solceller kan også være integrert i takbelegget, men som oftest velger man en eller annen løsning med paneler på stativer. Stativene kan enten festes mekanisk til bærekonstruksjonen, eller de utstyres med tilstrekkelig ballast. Alternativene er i prinsippet de samme som for solfangerpaneler. Det eksisterer mange ulike stativsystemer. Stativer, innfesting og ballastering må prosjekteres med utgangspunkt i dimensjonerende vindlast på stedet.



Figur 40 Prinsipper for innfesting av installasjoner på flat tak. Til venstre: Fundament av stålprofil for innfesting av installasjoner. Stålprofil må fylles med isolasjon, men utgjør likevel en viss kuldebro. Løsningen er egnet, hvis isolasjon og tetting bygges opp på nytt ved oppgraderingen. Til høyre: Betongfundament oppå takbelegget, med glide- og beskyttelsessjikt imellom. Løsningen er også egnet over eksisterende eller tilleggsisolert tak, hvis isolasjonen under er trykfast. Betongfundamentet tilsvarer ballast for stativ, hvis løsningen til høyre benyttes. Tegninger fra Byggforskserien 544.204. Kilde: Flate tak (2008).

Flate tak (2008) er en temaveileder i serien «TPF informerer» og gir i kapittel 7 og 8 nyttige råd om slike innfestinger. Figur 40 viser grunnleggende prinsipper, som også kan anvendes for solfanger- eller solcellepaneler på stativer. Innfesting med stålsokler er solid og tåler mye last, men gir kuldebroer og er bare egnet hvis isolasjon og taktekning blir bygget opp på nytt. På eksisterende eller tilleggsisolerte tak kan innfestinger løses med betongfundamenter plassert oppå takbelegget, samt glide- og beskyttelsessjikt imellom. Stativet festes på fundamentene, slik at de fungerer som ballast. Et eksempel er vist i Figur 41.



Figur 41 Stativ festet på betongfundamentklosser lagt på et beskyttelsessjikt på taket. Klossene fungerer som ballast. Foto: Schonefeld. Kilde: Flate tak (2008).

For å kunne utnytte hele takarealet til solcellepaneler uten at panelene skygger mot hverandre, må panelene stå tettere, men med mindre helning. På denne måten blir effektiviteten for hvert panel lavere, men totalt strømutbytte kan likevel bli høyere. Dette gir samtidig mulighet for å utforme og plassere stativene slik at de er mindre utsatt for vind og har mindre behov for ballast. Figur 42 viser paneler montert på små, lette stativer. Stativene har avskjerming som hindrer at vind tar tak under panelene. Samtidig stabiliseres panelene ved at betongheller som ballast plasseres på skjermene mellom panelrekkene. Avskjermingen er montert med små åpne spalter for å gi en viss luftsirkulasjon som bidrar til uttørking av fukt, slik at kondensproblemer under panelene unngås.



Figur 42 Solcellepaneler på små, lette stativer med vindskjerming. Ballasten er plassert på skjermingen som vist. Foto: SINTEF Byggforsk. Kilde: Flate tak (2008).

Det fins mange ulike systemer for paneler og stativer. Noen er utformet slik at vinden bidrar til å presse modulene ned på taket istedenfor å løfte dem opp. For slike systemer er det viktig at man følger monteringsanvisningen nøye, og mange leverandører krever at det gjøres en analyse av vindforhold for det aktuelle taket. Slike aerodynamiske systemer er tiltenkt et marked hvor vektbegrensninger på taket er en viktig faktor, men mange av systemene kombineres allikevel med noe ballast (Solstrøm i Norge, 2012). Et av disse systemene ble brukt på plussenergi-oppraderingen «Powerhouse Kjørbo» i Sandvika, som ble ferdigstilt i 2014. Løsningen er dokumentert i Figur 43.



EW 100/10

...für Photovoltaik-Module mit einer Breite von 950 - 1.013 mm und mit 10° Neigung



Technische Beschreibung

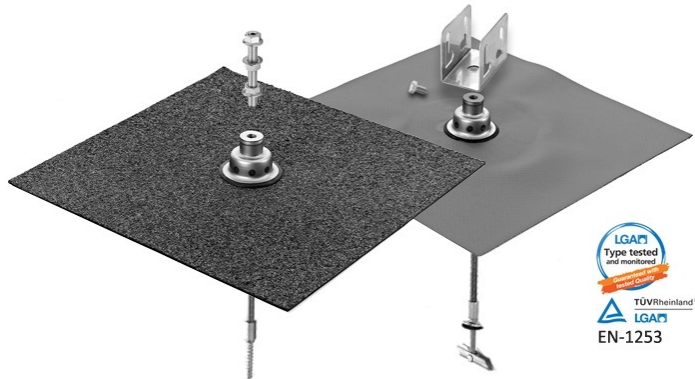
Neigung	10°
Schienenlänge	0,7 - 5,0 m
Modulbreite	950 - 1.013 mm
Flächenlast	ca. 13,1 kg/m ² *
Linienlast	ca. 21,6 kg/m *
Material	Aluminium / Edelstahl

* bei einem Modulgewicht von 19 kg

Figur 43 Powerhouse Kjørbo i Sandvika: Stativer med øst-vest-monterte solcellepaneler og lav helning gir god utnyttelse av takareal uten skygge. Stativet har lav linjelast på grunn av breie skinner på beskyttelsessjikt. Lite utsatt for vind og lite behov for ballast. Foto: Asplan Viak. Illustrasjon: Knubix. Kilde: Bernhard (2013).

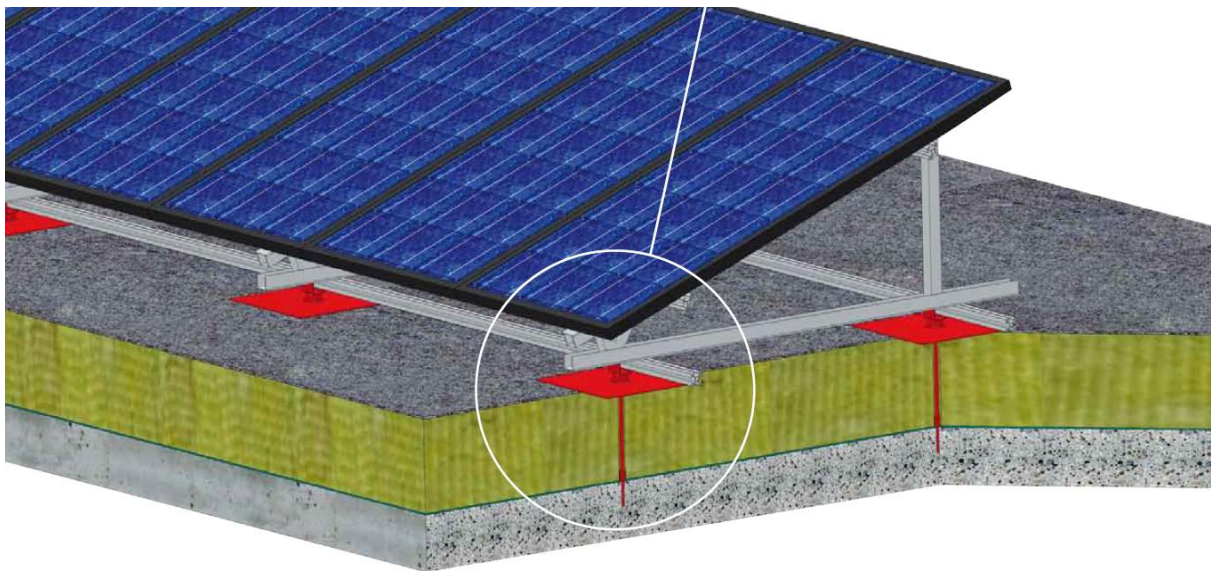
I motsetning til *solceller*, vil det for *solfangere* i de aller fleste tilfeller ikke være meningsfullt å utnytte store takarealer som helhet, og tett plassering med lav helningsvinkel vil heller ikke være aktuelt. Vindpåkjenning og behov for ballast eller mekanisk innfesting vil derfor være større. Et alternativ til mekanisk innfesting av stativer i bærekonstruksjonen av eksisterende tak kan være å bruke takkonsoll med tilpasset membran og forankring gjennom isolasjonssjiktet.

Et eksempel for et slikt montagesystem er «JUAL Tagkonsoll» som produseres i Danmark¹¹. Systemet består av inndekningsdel og forankringsdel, som varierer etter type takkonstruksjon – se Figur 44. Systemet tilbys med membranflik for ett- eller tolags takbelegg og har løsninger for ulike konstruksjoner med kompakt tak samt for innfesting i treverk eller plateunderlag. I kompakt



Figur 44 JUAL Tagkonsoll: Systemkomponenter for ulike takkonstruksjoner med inndekningsdel og forankringsdel. Kilde: JUAL.

tak over betong- eller hulldekker føres 50 cm lange skruer gjennom isolasjonen og forankres 12 cm ned i betongen, som illustrert i Figur 45. Med dette kan isolasjonstykkelsen over taket ikke være vesentlig mer enn ca. 35 cm. I ambisiøse prosjekter kan dette være litt lite, men i kombinasjon med isolasjon på undersiden kan det være en god løsning også for tak med svært lav U-verdi. Løsningen gir mindre kuldebroer enn ved mekanisk innfesting med stålprofiler som vist i Figur 40.



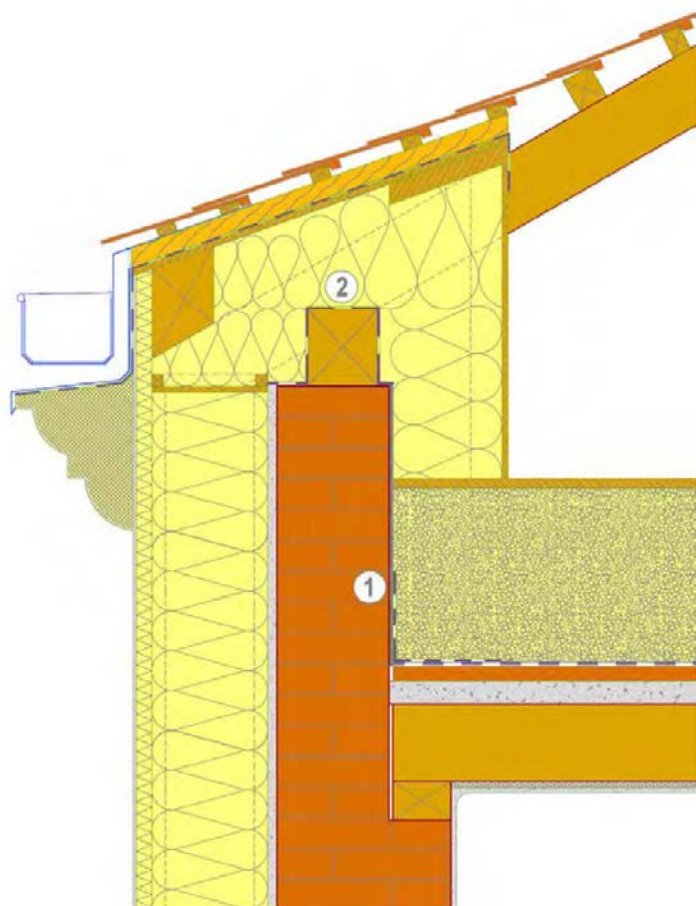
Figur 45 JUAL Tagkonsoll: Prinsipp for mekanisk innfesting av stativ i betongkonstruksjon under kompakt tak. 50 cm skrue føres gjennom isolasjonssjikt og forankres 12 cm i betong. Kilde: JUAL. Løsningen er egnet for eksisterende eller tilleggisolert tak med isolasjon opptil ca. 35 cm på oversiden og gir mindre kuldebroer enn ved mekanisk innfesting med stålprofiler. I tillegg kan det være isolasjon på undersiden.

¹¹ På http://www.jual.dk/update_2012/products/product.asp?item=301&language=dk kan det lastes ned teknisk dokumentasjon og montasjeanvisninger på dansk, engelsk og tysk. Monteringen vises også på video.

7.2 Skråtak

For *etterisolerte skråtak* er overgangen mot fasaden relativt enkelt å utføre. Et eksempel er vist i Figur 8 i kapittel 4.

Hvis loftet forblir uoppvarmet, isoleres derimot *øverste etasjeskiller*, og isolasjonen må føres rundt overkant yttervegg for å knyttes til isolasjon på fasaden. Lufttettingssjiktet (dampsperre/dampbrems) under isolasjon i etasjeskiller må knyttes til det lufttette sjiktet i fasaden. Hvis for eksempel eksisterende utvendig fasadepuss er valgt som lufttett sjikt, må dampsperre/dampbrems også føres rundt overkant yttervegg for å sikre at det lufttette sjiktet er ubrutt. På mur/betong kan det alternativt brukes puss eller sparkel til lufttetting, se (1) i Figur 46.



Deckenaufbau		
HWL-Porenverschlussplatte	2,5	cm
Perlite expandiert	45	cm
Dampfbremse	0,02	cm
Klinkerziegel	4	cm
Schüttung	6	cm
Doppelbaumdecke	20	cm
Kalkputz auf Schilf-Stukkatur	2,5	cm
U-Wert	0,09	[W/m²K] Σ 80,0 cm

Wandaufbau		
Silikatputz, außen	0,6	cm
Holzfaser-Dämmplatte	4	cm
Zelluloseflocken, Doppel-T-Träger	30	cm
Kalkputz	2,5	cm
Vollziegelmauerwerk	44	cm
Kalkputz, innen	1,5	cm
U-Wert	0,13	[W/m²K] Σ 82,6 cm

- ① Glatzstrich bzw. Putz strömungsdicht
 ② Diffusionsoffene, strömungsdichte Folie innen und außen luftdicht verklebt

2-dimensionale Kennwerte		
Ψ-Wert innen / außen	-0,038	W/mK
f _{RS}	0,94	-

Figur 46 Overgang mellom fasade og skråtak ved uoppvarmet loft og isolasjon på øverste etasjeskiller. Isolasjon og lufttetting knyttes sammen over ytterveggenes overkant. Innvendig på veggen (1) brukes sparkel eller puss. Over ås/svill (2) må lufttetting være diffusjonsåpen. For å oppnå tilstrekkelig høyde for isolasjon, løftes takfoten opp; utover det kan eksisterende taktekning beholdes, men det er likevel et kostnadskrevenende tiltak som må vurderes opp mot fordelene av lavere kuldebro. I eksemplet er det også vist prefabrikkert gesimsselement for å beholde historisk uttrykk ved etterisolering. Kilde: PH-Sanierungsbauteilkatalog (2012). Den viste takkonstruksjonen fra Østerrike har ikke undertak. Det vil derfor alltid være en viss luftgjennomstrømming på loftet. I Norge vil det derimot normalt være undertak (sutak). Man må derfor sjekke hvorvidt ventilasjonen fortsatt vil fungere, og eventuelt gjøre tiltak for å sikre tilstrekkelige åpninger ved raft og møne. Alternativt kan loftet være uluftet; det forutsetter at undertaket er diffusjonsåpent.

Etterisolering av skrå treak generelt er behandlet i Byggforskserien 725.403, mens Byggforskserien 525.106 gir anvisninger for skråtak med kaldt loft og drøfter tilhørende alternativer. Kaldt loft krever fuktteknisk vurdering og i alle tilfeller god lufttetting mellom øverste etasje og loft. God lufttetting er

viktig også ved loftsluker og andre åpningsmuligheter i etasjeskilleren, dører fra trapperom osv.; trapperom som er ført inn i loftsetasjen, må dessuten være isolert. På kaldt loftsrom må det enten være god lufting, eller undertaket må være diffusjonsåpent – se omtale i tekst til figuren ovenfor. Når man diskuterer løsninger for loftet, bør man også vurdere å inkludere loftet i oppvarmet areal. Isolering av skråtaket og tilhørende lufttetting er ofte enklere å gjennomføre, og fuktproblematikken på kaldt loft unngås. Dessuten gir tilleggsarealet mer fleksibilitet i bruk, og tekniske installasjoner som varmegjenvinner og ventilasjonskanaler kan enkelt plasseres på varm side av klimaskjermen. Dette gir mindre varmetap og mindre behov for isolering enn plassering på kald side.

8 Hjelpemidler

Det har etter hvert blitt utviklet et stort antall hjelpemidler som kan brukes i sammenheng med innfesting, gjennomføringer, vind-, luft- og regntetting samt tilhørende systemer med teip, lim, mansjetter o.l., se eksempel på vegg-gjennomføring med mansjett til høyre (Foto: Eisedicht). Ikke alt er lett tilgjengelig i Norge, men produktutvalget øker, og mer og mer er også godt dokumentert. I det følgende presenterer vi noen av de mindre kjente komponenter og systemer som kan være aktuelle ved ambisiøs oppgradering av bygninger med mur- eller betongvegger.



Figur 47 Innfestingsløsninger for tetting ved grunnmur og kjellervegg. Til venstre: Montering av isolasjon på knastplater med Platon isolasjonsholder (3). Til høyre: Montering av knastplater utenpå isolasjon av EPS/XPS ved grunnmur med Platon festeskru. Kilde: Isola.

Isola, som var en av partnerne i prosjektet Upgrade Solutions, har vind-, vann- og luft/dampnettingsprodukter, samt gjennomføringer i disse. De tilbyr også et omfattende teip- og klebesystem som sørger for en sikker sammenkobling av tettetsjikt i skjøter og mot tre, stål og betong. Her er det viktig å velge det produktet som er egnet for det aktuelle underlaget, som eventuelt må forbehandles. I forskningsprosjektene EKSBO og ROBUST ble noen produkter prøvd ut.



Figur 48 Luft- og vanntetting rundt vindu med Flexwrap, et selvklebende butylbånd. På tegl brukes Tape Primer før Flexwrap klebes på vegg og vinduskarm som lufttetting mellom dem. Videre monteres vindsperrfliker på siden og toppen av vinduet. I bunn av vinduet brukes igjen

Flexwrap, men her som membran for vannsikkerhet. Til slutt kobles vindsperr til fliker og membran i smyget. I løsninger uten vindsperr kan Flexwrap likevel brukes til lufttetting og membran. I løsninger med luftet kledning uten påkrevd vindsperr (f.eks. Rockwool Flex-plater) kan en vindsperr være nyttig som værbeskyttelse under bygging. Foto: Isola.



Figur 49 Lufttetting rundt vindu med selv-klebende, ekspanderende fugebånd som festes på karm. Etter monteringen starter det komprimerte båndet å ekspandere slik at vindusfugen tettes kontrollert og sikkert. Ved full ekspansjon oppnås svært god luft- og regntetting samt en fullisolert fuge med U-verdi på 0,7-0,8 W/m²K (gjelder tilsvarende variant). Løsningen kan brukes i tre- og mur/betongvegger mot smyget. Foto: Isola.



Figur 50 Lufttetting rundt vindu med butylbånd mot eksisterende utvendig puss som lufttett sjikt. Der det er nødvendig, utbedres pusslaget med sparkelmasse som kan føres over butylbåndet (se høyre bilde). Kilde: Protokollband Nr. 24 (2003).

I tillegg til de viste hjelpemidlene ovenfor fins det en rekke forskjellige produkter med klebebånd som kan brukes for lufttetting mellom vinduskarm og innvendig puss, med mulighet for enten å festes på vegg og dekkes med kledning, eller for å pusses inn. Noen vinduer kan leveres med ferdig montert krage av lufttettingsstrimmel som etter innsetting av vinduet festes mot smyget og kles/pusses inn.

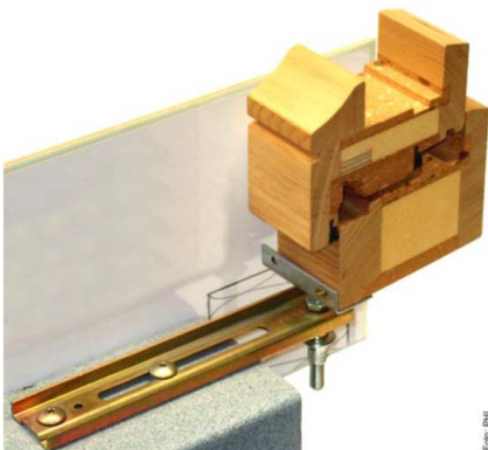


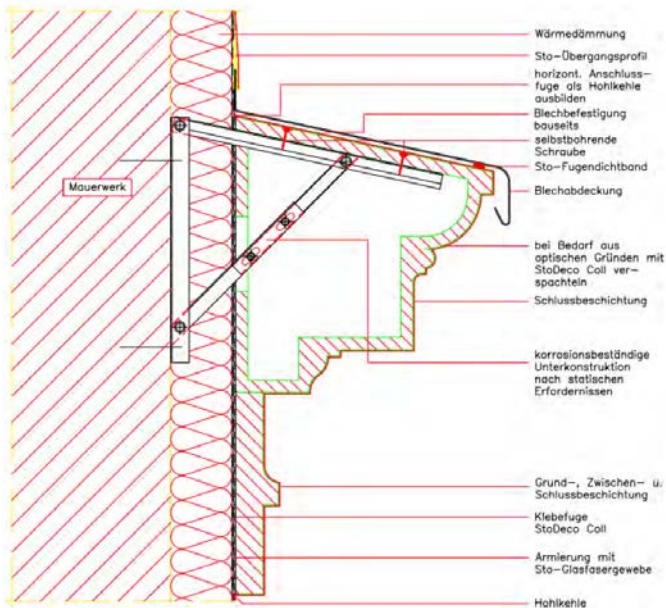
Foto: PHI



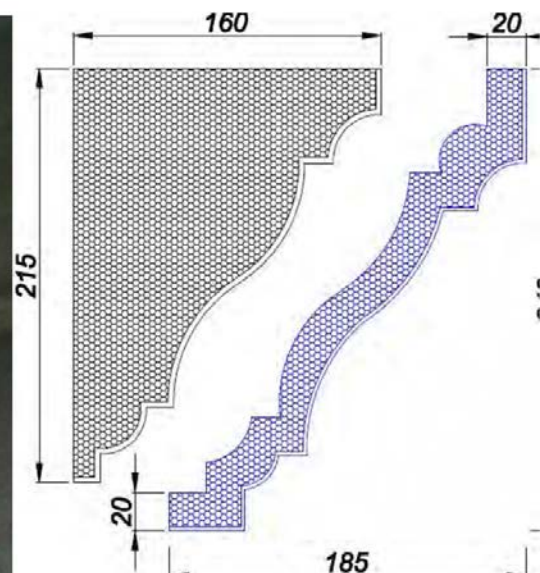
Foto: PHI

Figur 51 Hjelpemidler for montering av vinduer. Til venstre: Justerbar montasjeskinne for vindu plassert lenger ut i isolasjonssjiktet. Til høyre: Enkel håndverksmessig støttefirkant av tre for å gjøre det lettere å montere vinduet med stålvingler. Noe kuldebro kan aksepteres hvis det er god isolasjon foran på undersiden av vinduet. Viktig: Bruk vinkler bare i nødvendig antall og størrelse. Langsgående stålskinner vil gi stor kuldebro. Kilde: Altbauhandbuch (2009).

Også hvis en bygning ikke er fredet eller strengt regulert, kan det være et ønske å bevare uttrykk, profileringer og ornamenter ved en eksisterende fasade. I slike tilfeller kan det diskuteres om etterisolering med bruk av tilpassede fasadeprofileringer er en brukbar løsning. Det er i hovedsak to materialalternativer: EPS eller et mineralsk granulat med basis i resirkulert glass. Disse materialene har ulike egenskaper som det må tas hensyn til ved planlegging og utføring. Flere produsenter tilbyr prefabrikkerte gesimser, pyntelister, profileringer osv. som standardprodukter, eller de kan produsere elementene tilrettelagt for det aktuelle prosjektet.



Figur 52 Pynteprofil av mineralsk granulat med konsoll festet i murvegg. I eksemplet er elementet plassert på yttersiden av ny fasadeisolasjon, som er helt gjennomgående etter at de gamle stukelementene er blitt fjernet. Produsent: Sto. Kilde: Sanierung mit PH-Technologie (2013).

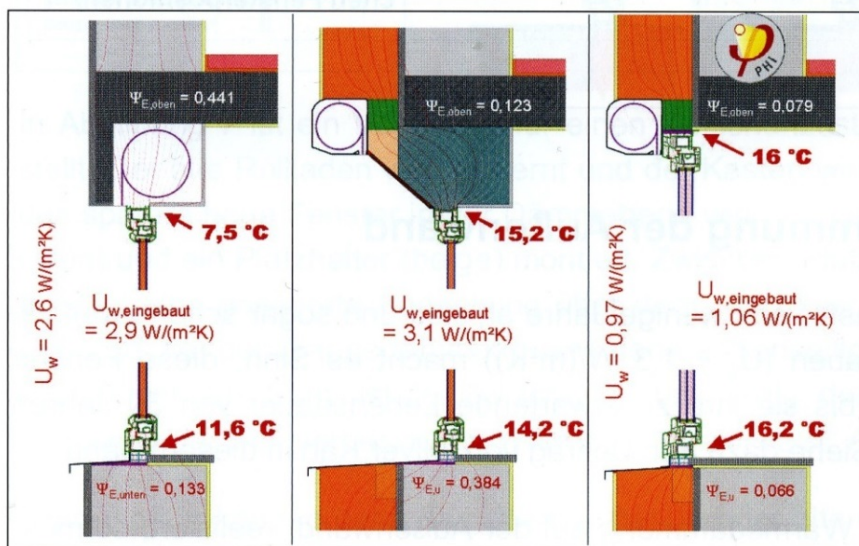


Figur 53 Gesimsprofil av EPS. I eksemplet er eksisterende gesims bevart, og EPS-profilen er plassert over den med samme utvendig utforming. For å gi mindre kuldebro, bør elementet være tykkere enn 2 cm som vist i skissen til høyre. Produsent: Austrotherm. Kilde: Sanierung mit PH-Technologie (2013).

9 Trinnvis oppgradering

Ved vanlig rehabilitering har man ofte ikke behov for å ta alt samtidig. Forskjellige bygningskomponenter har ulik levetid og kan være skadd i ulik grad. Eksempelvis må flate tak eller nyere vinduer ofte fornyes etter tretti år, mens fasaden kan være i akseptabel stand mye lenger. Omvendt kan det også vise seg et akutt behov for fasaderehabilitering etter at vinduene allerede ble skiftet ut noen år tidligere. I slike tilfeller ønsker de fleste ikke å fornye vinduene en gang til, selv om de ikke har best mulig energikvalitet. Her kan det være økonomisk lønnsomt å gå trinnvis fram og bare oppgradere fasaden, beholde vinduene og skifte dem ut etter endt levetid, kanskje 15 år senere. Hvis det imidlertid er sannsynlig at vinduene må fornyes bare noen få år etter fasaden, er det normalt likevel mest lønnsomt å oppgradere begge komponentene i samme slengen. På denne måten kan man jobbe raskere, bruke samme stillas og plassere vinduet best mulig i den nye fasaden, med minst mulig kuldebroer og mest mulig lufttett.

Ved slik oppgradering i etapper hvor kun få bygningskomponenter er berørt, kan det være svært krevende – og ofte dyrt – å oppnå teknisk riktige løsninger med lave kuldebroverdier og god lufttetthet. I nye fasader med mye etterisolering skal vinduer plasseres lenger ute i fasadelivet. Dette er spesielt viktig i mur- og betongvegger, hvor vinduenes opprinnelige plassering (et stykke inn eller i flukt med den gamle massive veggen) vil medføre uakseptabelt store kuldebroer når det etterisoleres. Hvis oppgraderingen skjer trinnvis, bør man ta hensyn til det ved å forberede den endelige plasseringen med provisoriske mellomløsninger. Figur 54 viser et eksempel hvor første trinn bare omfatter fasadeoppgradering, mens vinduer skiftes ut mange år senere (Kaufmann og John, 2009).

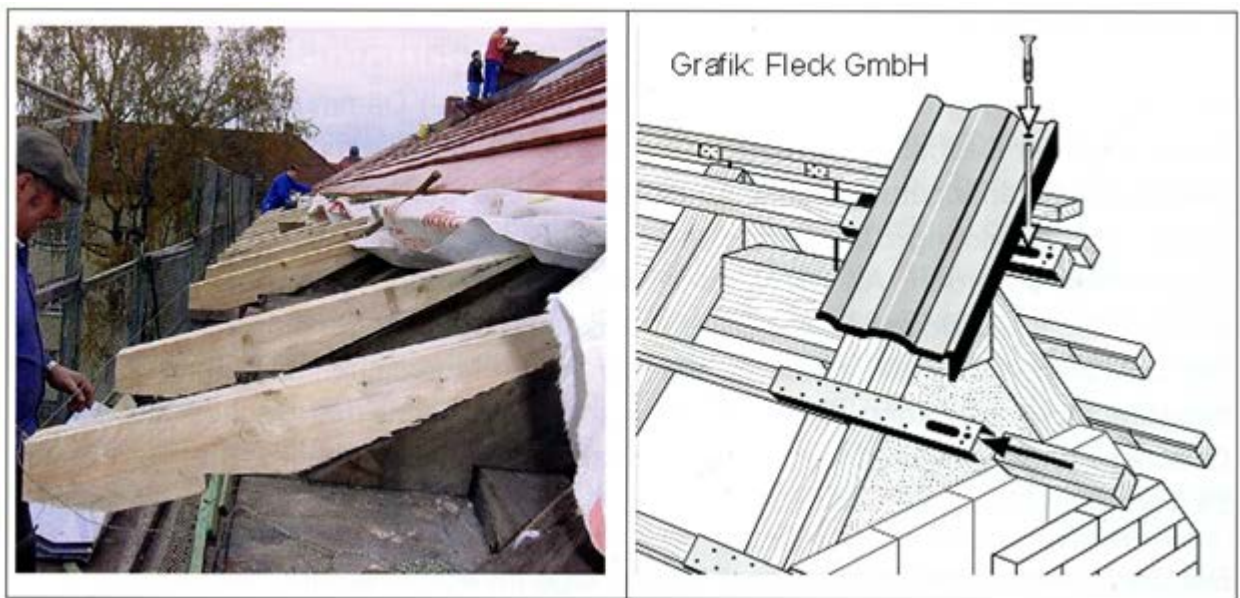


Figur 54 Trinnvis etterisolering av fasaden og utskifting av vinduene. Eksemplet (vertikalsnitt fra venstre) viser – «trinn 0»: opprinnelig fasade av murstein eller betong – trinn 1: etterisolert fasade med ny rullegardinkasse og provisorisk mellomløsning for eksisterende vindu – trinn 2: nytt vindu plassert i det nye isolasjonssjiktet. I mellomløsningen (trinn 1) forberedes senere innfesting av det nye vinduet. Det blir større kuldebro ved underkant av vinduet, men innvendige overflatetemperaturer øker rundt hele åpningen. I endelig løsning (trinn 2) ble det valgt å fjerne det meste fra mellomløsningen for å gi plass til høyere vindu med økt lysinnfall¹². Mellomløsningen er dyr, men oppgradering i to trinn kan lønne seg hvis eksisterende vinduer har lang levetid igjen før de er modne for utskifting. Kilde: Protokollband Nr. 39 (2009).

¹² Det nye eksempelvinduet har noe høyere U-verdi enn krav i passivhus pga. uisolert ramme og karm.

Ved trinnvis oppgradering av enkelte bygningskomponenter må man ta høyde for at mange energiltak er avhengig av hverandre. Det er derfor viktig å utarbeide en plan, slik at tiltakene kan ses i sammenheng og utføres i riktig rekkefølge, mest mulig effektivt. Flere bidrag i Protokollband Nr. 39 (2009) fra Passivhusinstituttet om trinnvis modernisering med passivhuskomponenter belyser dette. Selv om brosjyren er skrevet for boligbygg, er det nyttig å være oppmerksom på noen prinsipper som er viktig også ved oppgradering av yrkesbygg.

Eksempelvis er dimensjonering av energiforsyningsystemet avhengig av isolasjonsstandard og ventilasjonssystemet. Ved fornyelse av energiforsyningsystemet bør man ta hensyn til dette og unngå overdimensjonering. Et annet eksempel er oppgradering av tak og fasade, hvor ulik rekkefølge gjør det mer eller mindre krevende å forberede neste trinn. Kommer taket først, er det ofte enkelt å forlenge takutstikk tilpasset fasadeisolasjon som kommer senere. Dersom etterisolering av fasaden skal være første trinn, må taket likevel få større utstikk med det samme for å gi tilstrekkelig værbeskyttelse. Dette krever et visst inngrep i takkonstruksjonen, selv om taket som helhet skal oppgraderes senere. Figur 55 viser eksempler på hvordan dette kan gjøres på en enkel måte.



Figur 55 Trinnvis oppgradering av tak og fasade med fasaden som første skritt. Eksemplene viser hvordan takutstikk kan forlenges for å gi værbeskyttelse til etterisolering på fasaden. Takkonstruksjonen må tas opp et stykke langs ytterkantene, men store inngrep er ikke nødvendig. På bildet til venstre økes utstikket, men takfoten løftes også opp så mye at tak- eller loftisolasjon kan trekkes over veggen senere, slik at klimaskjermen blir gjennomgående uten store kuldebroer. Bildet til høyre viser hvordan lekter kan forlenges ved hjelp av metallelementer. Begge tiltakene er også mulig hvis taket skal være første skritt i oppgraderingen. Kilde: Protokollband Nr. 39 (2009).

Ved oppgradering trinn for trinn blir energibehovet også lavere bare steg for steg, ikke på én gang som ved en stor og samlet oppgradering av hele bygningen. Hvis hvert trinn er så ambisiøst som teknisk og økonomisk mulig, blir kumulert energibesparelse over tid likevel mye høyere enn ved halvambisiøs totaloppgradering. Ofte kan det være usikkert om oppgradering i enkelttrinn er økonomisk mest lønnsomt, eller om det er en fordel å framskynde noen tiltak og gjøre alle arbeider samtidig. Et eksempel kan være en fasade med sterkt behov for rehabilitering, mens det anslås at

vinduene ikke er modne for utskifting før 15 år senere. Ved å gå trinnvis fram, kan man utnytte vinduenes levetid fullt ut, og investerings- og lånekostnader blir i første omgang betydelig lavere. Ved å oppgradere fasaden og vinduene i samme slengen, blir derimot energikostnadene lavere fra starten av. Totalkostnadene vil imidlertid være høyere ved trinnvis oppgradering, ettersom man ikke kan utnytte synergieffekter ved samlet oppgradering. Slike synergieffekter er her i første rekke bruk av samme stillas for begge tiltak, men også at arbeid ved overgang mellom fasade og vinduer bare må utføres én gang (Kah, 2009).

For å finne ut om sparte energikostnader ved samlet oppgradering oppveier økte investeringskostnader etter denne framgangsmåten, kan man regne ut *nåverdien av den framskyndte investeringen* for vinduene samt *nåverdien av energibesparelsen* i tidsrommet mellom framskyndet vindusutskifting og endt levetid. Hvis summen av *nåverdien av energibesparelsen* pluss *kostnadsfordelen pga. synergieffekter ved samlet oppgradering* er høyere enn *nåverdien av den framskyndte investeringen*, så er det lønnsomt å framskynde vindusutskifting og gjøre dette sammen med fasadeoppgraderingen (Kah, 2009). Med andre ord må man kunne spare mye energi for at en tidligere utskifting av vinduer skal lønne seg. Omvendt uttrykt: Hvis eksisterende vinduer allerede har forholdsvis lav U-verdi, så har nye vinduer mindre sparepotensial, slik at tidlig utskifting sammen med fasadeoppgradering kan bli ulønnsom. Dette varierer imidlertid fra prosjekt til prosjekt og må vurderes i hvert enkelttilfelle. Uansett: Den enkleste og svært utbredte varianten av trinnvis oppgradering – ren utbedring eller bare oppgradering til litt bedre standard i påvente av senere, mer ambisiøse tiltak – er ikke lønnsom på lengre sikt og bør unngås.

En ren økonomisk betraktning vil for øvrig ikke være tilstrekkelig for å vurdere oppgradering trinn for trinn som alternativ til samlet oppgradering av hele bygningen eller området. Altfor mange enkelttrinn kan være en stor belastning for brukere. Hvis man velger trinnvis oppgradering likevel, kan det derfor (og også av økonomiske grunner) være riktig å kombinere flere enkelttiltak i pakker som gjennomføres samlet. En oppgraderingsplan med slike pakker for boligbygg er beskrevet i en tysk studie i det siterte protokollbind nr. 39, se Tabell 2 nedenfor (Bastian, 2009).

Tabell 2 Oppgraderingsplan med tiltakspakker. Eksemplet er relatert til boligbygg med utleieleiligheter og omfatter to pakker med tiltak som gjennomføres samlet til angitte tider samt oppussing av leiligheter kombinert med tiltak for bedre lufttetthet som gjennomføres når leietakere flytter ut. Oppgraderingstiltak er koblet til uansett nødvendig rehabilitering. Etterisolering av loft og kjellerdekke regnes som lønnsomt i seg selv og gjennomføres samtidig med fasadearbeider. Kilde: Protokollband Nr. 39 (2009).

	Nødvendig rehabiliteringstiltak	Koblet oppgraderingstiltak
Tiltakspakke 1 (aktuelt)	Ny maling av fasade	Etterisolering av fasade
	-	Etterisolering av loft
	-	Etterisolering av kjellerdekke
Tiltakspakke 2 (15 år senere)	Utskifting av vinduer	Termisk bedre vinduer
	Fornyelse av oppvarming/varmtvann	Høyeffektivt anlegg
	Avtrekkventilasjon	Balansert med varmegjenvinning
Når ny leietaker	Oppussing av aktuell leilighet	Forbedring av lufttetthet

10 Referanser

Byggforskserien. Oslo: SINTEF Byggforsk

- Byggdetaljer 514.221 Utvendig fuktsikring av bygninger og
- Byggdetaljer 520.339 Bruk av brennbar isolasjon i bygninger
- Byggdetaljer 521.011 Valg av fundamentering og konstruksjoner mot grunnen.
- Byggdetaljer 522.111 Betonggolv på grunnen
- Byggdetaljer 525.207 Kompakte tak
- Byggdetaljer 525.304 Terrasser på etasjeskiller av betong for lett eller moderat trafikk.
- Byggdetaljer 542.303 Fasadestrukturer med puss på isolasjon
- Byggforvaltning 720.112 Skader på betongkonstruksjoner. Skadesymptomer, tilstandsgrader og utbedringsmåter
- Byggforvaltning 720.232 Armeringskorrosjon i betongkonstruksjoner. Utbedring av skader
- Byggforvaltning 723.235 Murte fasader. Skader og utbedringsalternativer
- Byggforvaltning 723.315 Etterforankring av skallmurer og murte forblendinger.
- Byggforvaltning 723.312 Etterisolering av betong- og murvegger.
- Byggforvaltning 725.115 Oppfôret tretak på dekke av betong. Utbedring og ombygging
- Byggforvaltning 742.302 Tilsyn og vedlikehold av utvendig mur, puss og betongoverflater.

Altbauhandbuch (2009). Bastian, Zeno mfl. *Altbaumodernisierung mit Passivhauskomponenten*. Darmstadt: Passivhausinstitut, 2009. http://www.passiv.de/downloads/05_altbauhandbuch.pdf

Bastian, 2009. Bastian, Zeno. *Fallstudie: Schrittweise durchgeführte Renovierung bei wirtschaftlicher Optimierung der Einzelmaßnahmen*. Bidrag i Protokollband Nr. 39 (2009).

Bernhard (2013). Bernhard, Peter. *Introduksjon til Powerhouse Kjørbo*. Foredrag på medlemsforum i Norsk solenergiforening, 26.11.2013.

Byggforsk (2012). Homb, Anders og Sivert Uvsløkk. *Energieffektive bevaringsverdige vinduer. Målinger og beregninger*. Trondheim: SINTEF Byggforsk, 2012.

Denizou og Bøhlerengen (2013). Denizou, Karine og Trond Bøhlerengen. *Trinnfri og robust. Overganger mellom ute og inne som oppfyller krav i TEK 10*. SINTEF FAG 12. Oslo: SINTEF Byggforsk, 2013.

Fasaderehabilitering (2009). Langvik, Morten (red.). *Fasaderehabilitering 2009. Mur-, puss- og malerarbeider på fasader av murverk – en håndbok fra Norsk Puss- og Mørtelforening*. Oslo: Norsk Puss- og Mørtelforening, 2009. www.npmf.no

Flate tak (2008). Noreng, Knut, Britt Galaasen og Bjørn Petter Jelle. *En temaveileder. Flate tak. Om utførelse av flate, aktive tak*. TPF informerer nr. 9. Oslo: SINTEF Byggforsk og Takprodusentenes forskningsgruppe, 2008. http://www.tpf-info.org/tpf_informerer.html

Gütermann og Kaufmann (2011). Gütermann, Andreas og Berthold Kaufmann. *Strategies and best praxis examples*. Bidrag i IEA SHC Task 37 (2011).

IEA SHC Task 37 (2011). Herkel, Sebastian og Florian Kagerer (red.). *Advances in Housing Retrofit. Processes, Concepts and Technologies*. Rapport fra IEA SHC task 37 – Advanced Housing Renovation with Solar and Conservation. Freiburg: Fraunhofer ISE, 2011. Mest relevant: kapittel 3, Building Envelope. http://task37.iea-shc.org/data/sites/1/publications/Advances_in_Housing_Retrofit.pdf

Kah (2009). Kah, Oliver. *Wirtschaftlichkeit von Energiesparmaßnahmen bei der Gebäudemodernisierung*. Bidrag i Protokollband Nr. 39 (2009).

Kaufmann og John (2008). Kaufmann, Berthold og Markus John. *Optimierungsstrategien für das hoch wärme gedämmte Fenster*. Bidrag i Protokollband Nr. 37 (2008).

Kaufmann og John (2009). Kaufmann, Berthold og Markus John. *Austausch der Fenster bei der schrittweisen Altbausanierung*. Bidrag i Protokollband Nr. 39 (2009).

Klinski (2010a). Klinski, Michael. «Fuktkontroll i lavenergi- og passivhus. Prinsipper og eksempler.» Artikkel i *Nasjonalt fuktseminar 2010 – Bærekraftig bygging uten fuktskader*. Kompendium. Oslo: SINTEF Byggforsk og Mycoteam.

Klinski (2010b). Good details for concrete constructions in Passive Houses (Gode detaljer for betongkonstruksjoner i passivhus). COIN Project Report 26 – 2010 (i hovedsak på norsk). Oslo: SINTEF Byggforsk.

<http://www.coinweb.no/files/Reports/Good%20details%20for%20concrete%20constructions%20in%20Passive%20Houses.pdf>

Passivhaus-Konstruktionen (2010). Schöberl, Helmut mfl. *Zielgruppengerechte Verbreitung sowie aktiver Wissenstransfer von gebauten wärmebrückenfreien und -armen Passivhaus-Konstruktionen*. Berichte aus Energie- und Umweltforschung 22/2010. Wien: Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (utgiver).

PH-Sanierungsbauteilkatalog (2012). Zelger, Thomas mfl. *PH-Sanierungsbauteilkatalog: Zweite Ausbaustufe PH-SanPlus*. Berichte aus Energie- und Umweltforschung 48/2012. Wien: Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (utgiver).

Protokollband Nr. 24 (2003). Feist, Wolfgang (utgiver). *Einsatz von Passivhaustechnologien bei der Altbau-Modernisierung*. Nr. 24 i serien med Protokollband. Darmstadt: Passivhausinstitut, 2004.

Protokollband Nr. 35 (2007). Feist, Wolfgang (utgiver). *Wärmebrücken und Tragwerksplanung – die Grenzen des wärmebrückenfreien Konstruierens*. Nr. 35 i serien med Protokollband. Darmstadt: Passivhausinstitut, 2007.

Protokollband Nr. 37 (2008). Feist, Wolfgang (utgiver). *Optimierungsstrategien für Fensterbauart und Solarapertur*. Nr. 37 i serien med Protokollband. Darmstadt: Passivhausinstitut, 2008.

Protokollband Nr. 39 (2009). Feist, Wolfgang (utgiver). *Schrittweise Modernisierung mit Passivhauskomponenten unter gleichzeitiger Berücksichtigung von Tageslicht, _Solargewinnen und Sommerklima*. Nr. 39 i serien med Protokollband. Darmstadt: Passivhausinstitut, 2009.

Sanierung mit PH-Technologie (2013). *Sanierung mit Passivhaustechnologie vom Baumeister. Abgesicherte Planungsunterlagen*. Berichte aus Energie- und Umweltforschung 7a/2013. Wien: Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (utgiver).

Solstrøm i Norge (2012). Bernhard, Peter mfl. *Solstrøm i Norge*. Rapport for Enova. Sandvika: Asplan Viak og Multiconsult, 2012.

TEK10. Forskrift om tekniske krav til byggverk (Byggteknisk forskrift) med veiledning.

Uvsløkk (2008). Uvsløkk, Sivert. *Selvuttørkingsmekanismer for kompakte tak*. Oslo: SINTEF Byggforsk Prosjektrapport 19.

Tegninger, foto og innspill fra partnerne i UPGRADE Solutions:

Asplan Viak
Isola
Multiconsult
Veidekke

Vedlegg: Prosjektbrosjyrer fra IEA SHC Task 47

I følgende vedlegg presenterer vi relevante brosjyrer fra IEA SHC Task 47 *Renovation of Non-Residential Buildings towards Sustainable Standards*. Brosjyrene er oversatt til norsk.

Originalversjonene på engelsk og flere brosjyrer fra andre prosjekter kan lastes ned fra <http://task47.iea-shc.org/publications>. Tilsvarende materiale om ambisiøs oppgradering av boligbygg er tilgjengelig på <http://task37.iea-shc.org/publications>.

Vedlegget omfatter disse fire prosjektene:

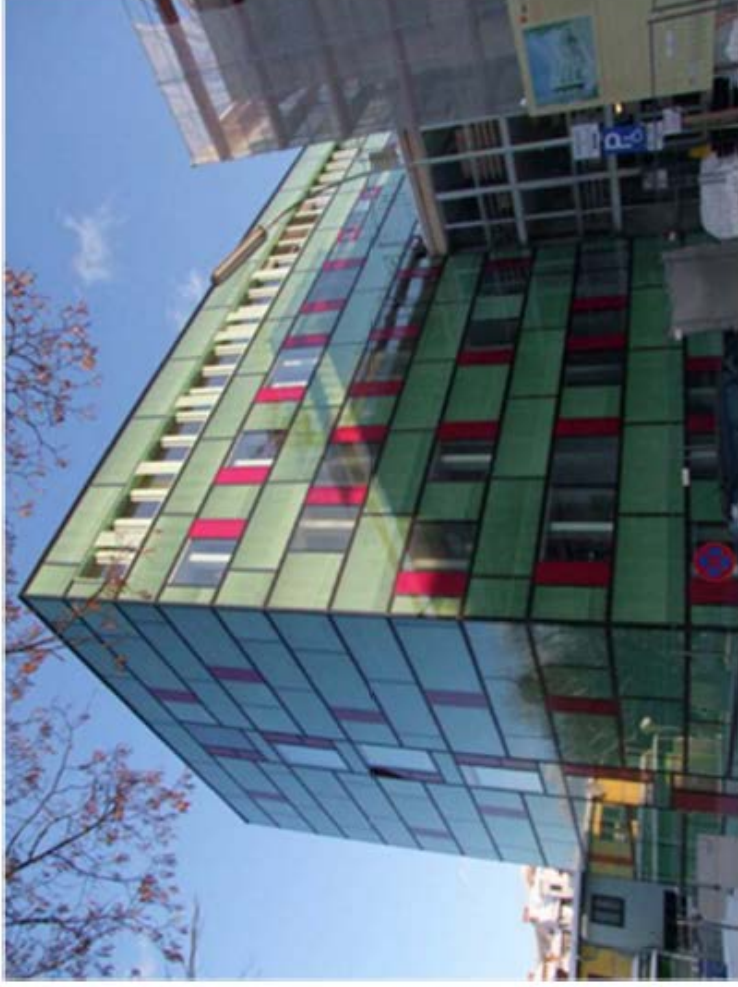
Et **administrasjonsbygg i den østerrikske byen Bruck an der Mur** ble ikke bare ekstra godt etterisolert, men betongfasaden fikk også ny kledning med prefabrikkerte metalpaneler og solare «bikaker» bak innglassingen for passiv solutnyttelse.

Teknisk Universitet i Wien oppgraderer et kontor- og laboratoriebygg til Østerrikes største **plussenergibygning** med et fasadeintegret solcellesystem.

Oppgraderingen av et **kontor- og verkstedbygg i Freiburg** var noe mindre ambisiøs når det gjelder energi. Det interessante i dette sørtytske prosjektet er først og fremst prefabrikkerte elementer for fasadeisolasjon med integrerte ventilasjonskanaler samt prefabrikkerte vinduskarm med integrerte ventiler for tilluft og avtrekk.

Solbråveien kontorsenter i Asker er et ambisiøst norsk prosjekt med kombinert innvendig og utvendig fasadeisolasjon. Bruk av eksisterende ventilasjonskanaler og av «aktive» tilluftsventiler er andre interessante aspekter.

ADMINISTRASJONSBYGG I BRUCK/MUR, ØSTERRIKE – Tingrett og Skattekontor



IEA – SHC Task 47
Renovation of Non-Residential Buildings towards Sustainable Standards

1. INNLEDNING

PROSJEKTSAMMENDRAG

Byggeår: 1964
Tidligere energirehabiliteringer: nye vinduer for skattekontorfløyen i 2006

SPESEILLE ASPEKTER

Hovedpunkter ved oppgraderingen:

- Forbedret funksjonalitet
- Tilleggsareal
- Utfordrende mål på energieffektivitet og bærekraft

Innovative tiltak:

- Spesielle fasader
- Innovative installasjoner (ventilasjonssystem, bivalent varmepumpe)
- Belysningskonsept

ARKITEKT: Pittino & Ortner

EIER: Austrian Real Estate

(datterselskap av BIG

Bundesimmobiliengesellschaft)

Konsulent: e7, Wien

Partnere: Grazer Energieagentur

Forfatter: Dirk Jäger,
BIG Bundesimmobiliengesellschaft
Kontakt: dirk.jaeger@big.at



2. KONTEKST OG BAKGRUNN

BAKGRUNN

- Bygget i T-form
- 3 etasjer (tingrett), 5 etasjer (skattekontor)
- Blanding av offentlige institusjoner: tingrett, skattekontor, statlig oppmålingskontor
- Ulike departementer betaler husleien

HENSIKT MED OPPGRADERINGEN

- Forbedret funksjonalitet
- Ekstra areal til tingretten
- Klart skille mellom tingrett og resten av administrasjonsbygget
- Uffordrende energieffektivitets- og bærekraftsmål

SAMMENDRAG AV OPPGRADERINGEN

Innovative teknologier:

- Kledning med prefabrikkerte metalpaneler med solare "bikaker" for passiv solutnyttelse
- Ventilasjon med høyeffektiv varmegjenvinning i fløyen til tingretten
- Bivalent varmepumpe med dybberingssystem for kjøling og en del av oppvarming
- Belysning med dagslys- og tilstedeværelsesavhengige gulvlamper

Integret energidesign inkludert LCCA gjennom hele prosessen
Prosentvis reduksjon av primærenergiforbruket: ca. 60 % (men også høyere komfortnivå)

- Fasade før og ...



- ... under resp. etter oppgradering



- Typisk planløsning



3. BESLUTNINGSPROSESSEN

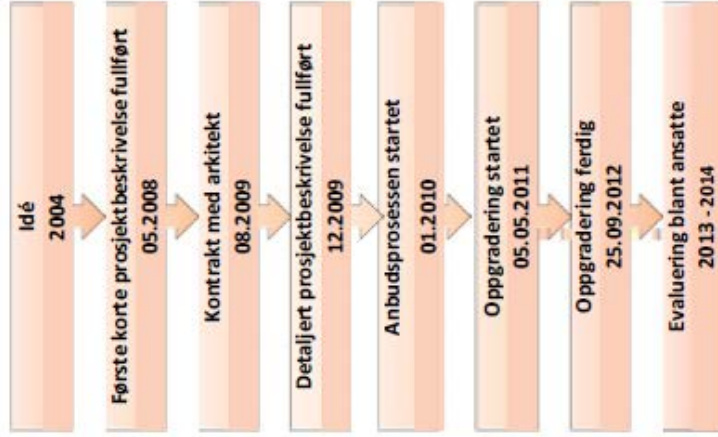
- 2004 Justisdepartementet trenger mer plass for tingretten.
- 2007-2008 Forstudie om oppgradering og utvidelse av tingretten
- 2009 Beslutning om å realisere et pilotprosjekt for hele bygningen hvor alle tre offentlige aktører er involvert (tingrett, Finansdepartementet og BEV)
- 2009 Oppstart av forskningsprosjektet innenfor programmet "Framtidens bygg": Avgjørelse om å realisere denne bygningen som et demonstrasjonsprosjekt .
- Fra nivå "standard rehabilitering" til "høy ytelse rehabilitering" i prosjektet BIGMODERN
- Internasjonal arkitektkonkurranse i to trinn:
 - 1) Oppfordring til å søke om prekvalifisering, beskrivelse av leveringsevnen til kontoret (11 søkere)
 - 2) arkitektkonkurranse med fem gjenværende kontorer
- Definisjon av presise mål om energieffektivitet og bærekraft for vinnerarkitekten.
- Analyse av livssyklus-kostnader for å finne kostnadsoptimale løsninger



Inngangen til tingretten: utenfor (blir akkurat stengt, se over) og vestibyle inne (under)



Tidslinje for beslutningsprosessen



4. BYGNINGSSKALLET

Takkonstruksjon: U-verdi: 0,112 W/m².K

Materialer (Innvendig til utvendig):

Termoplastisk tekefoie:	4 mm
Steinullisolasjon:	320 mm
Fuktsperre:	0,4 mm
Armert betong:	200 mm
Totalt	524 mm

Veggkonstruksjon: U-verdi: 0,155 W/m².K

Materialer (Innvendig til utvendig):

Kalksementpuss	20 mm
Betongstein	205 mm
Kalksementpuss	20 mm
Steinullisolasjon	200 mm
Luftrom (solar "bikube"-fasade)	4 mm
Glass (solar "bikube"-fasade)	5 mm
Totalt	454 mm

Vinduer: U-verdi: Ø 1,20 W/m².K

Materialer:

Ramme: aluminium

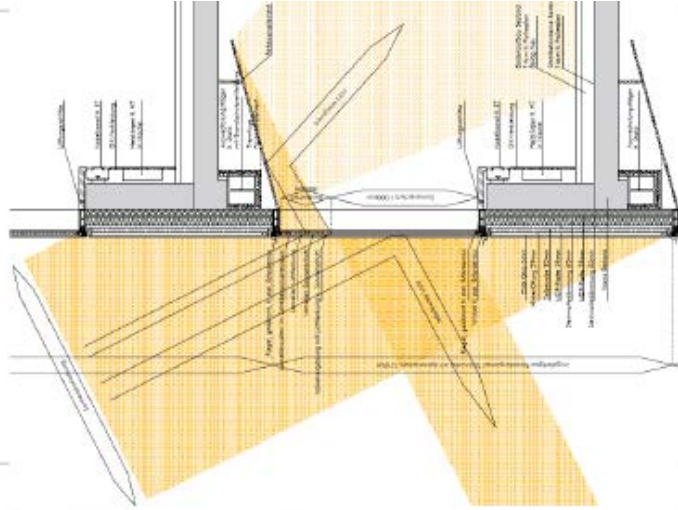
Vindu: 2 lag glass

Sol-perstinner mellom glasslagene

Oppsummering av U-verdier [W/m².K]

	Før	Etter
Tak / loft	1,05	0,112
Gulv	1,06	1,063
Vegger	2,11	0,155
Andre dekker	0,91	0,188
Vinduer	2,50	Ø 1,20

Tverrsnitt av vegg og vindu



Solar "bikube"-fasade



5. TEKNISKE INSTALLASJONER

OVERORDNET STRATEGI

To forskjellige typer fornyelse for de ulike fløyer

BELYSNINGSSYSTEM

GuMlampe, styrt etter tilstedeværelse og dagslys

OPPVARMINGSSYSTEM

Før: Gasskjele

Etter: Fjernvarme basert på biomasse

KJØLESYSTEM

Før: ingen kjølesystem

Etter: varmepumpe med dybboringsystem for rettssaler, passiv kjøling for kontorer

VENTILASJON

Før: ingen ventilasjon

Etter: Semi-sentralt ventilasjonsaggregat med varmegjenvinning i hver etasje

VARMTVANNBEREDNING

Før: sentral gasskjele

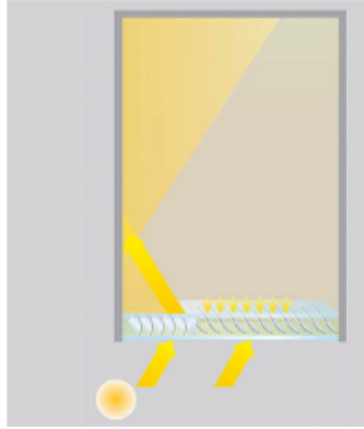
Etter: desentraliserte elektriske beredere

FORNYBAR ENERGI

Før: ingen fornybar energi

Etter: 140 m² solceller på taket, oppvarming basert på fornybar energi (fjernvarme)

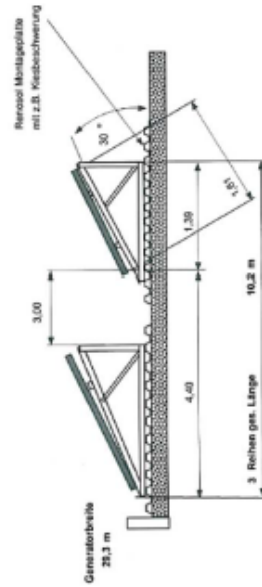
- Sol-persienner og dagslys



- Belysningskonsept: Gulvlampe som er dagslys- og tilstedeværelsesstyrt



- Konsept PV-paneler: 140 m² på taket



6. ENERGIYTTELSE

Reduksjon oppvarmingsbehov
Oppvarmingsbehovet av bygningen kunne bli redusert med 85 % fra 153 kWh/m²a til ca. 24 kWh/m²a. På grunn av de ulike rehabiliteringstiltak, ble det utarbeidet energi-sertifikater for hver fløy (tingrett og skattekontor).

Reduksjon primærenergibehov
Selv om komfort og brukervennlighet ble økt betydelig – med ytterligere energibehov for ventilasjon og kjøling – kunne primærenergibehovet reduseres med ca. 65 %.

Reduksjon av CO₂
På grunn av redusert energibehov og konvertering til bio-basert fjernvarme kunne CO₂-utslippene bli redusert med ca. 75 %.

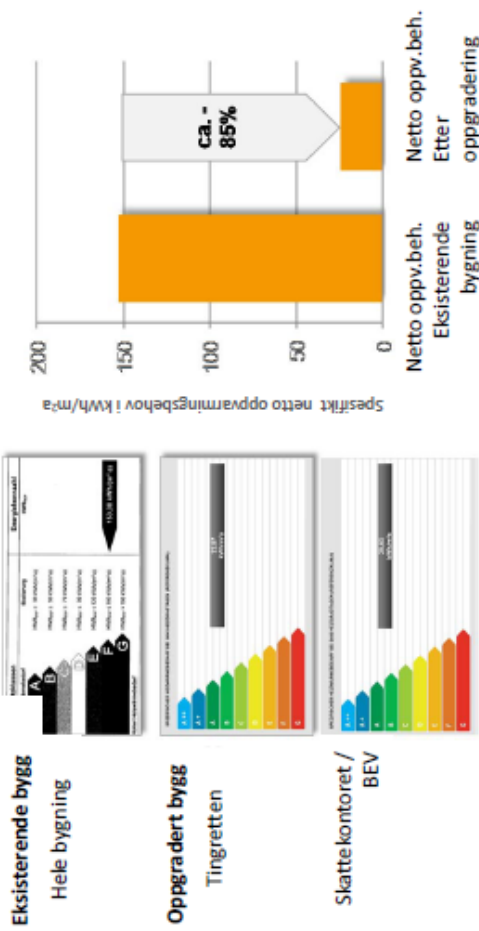
Synopsis

Bygningen ble utvidet med 853 m². I tillegg ble det i tingretten installert ventilasjon samt et kjølesystem for rettssalene. Til tross for utvidelsen og signifikant økning av komfortnivåer, ble det oppnådd en betydelig reduksjon av energibehovet.

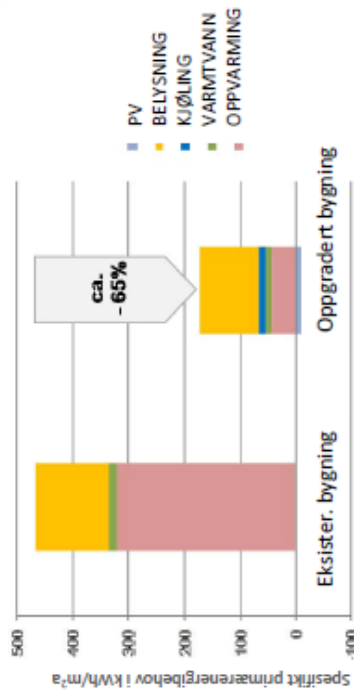
Anmerkning SINTEF Byggeforsk:

I Østerrike er energiberegninger relatert til bruttoareal inkludert yttervegger.

NETTO OPPVARMINGSBEHOV



PRIMÆRENERGIBEHOV



7. MILJØYTELSE

Bygningen har fått sertifikatet "Total Quality Building" (TQB) som er bærekraftsertifikatet til den østerrikske Austrian Sustainable Building Council (ÖGNB - www.ognb.net).

Det er ulike sertifikater for de to fløyene: Tingretten: 911 av maks. 1.000 poeng. Skattekontor: 741 av maks. 1.000 poeng.

Bærekraftytelsen i henhold til TQB rangerer bygningen blant de mest ambisiøse rehabiliteringsprosjekter i Østerrike.

I tillegg har bygningens tingrett-fløy oppnådd klimavern-sertifikatet "Klima: AKTIV Gold".

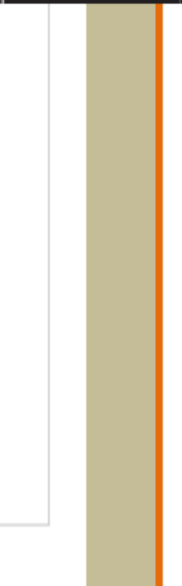
Anmerkning SINTEF Byggforsk: "Klima:aktiv" er et offentlig støtte- og informasjonsprogram i Østerrike som tilbyr omfattende miljøsertifisering av bygg i henhold til en forenklet prosedyre. Metoden er fullt kompatibel med den mer detaljerte prosedyren i henhold til TQB-sertifikatet som tilbys av ÖGNB).



Bezirksgericht Brück an der Mur

Architekt: Pittas & Ortner
 Baufirma: K. Krammer & Tobi Bachl
 Bauprojekt: Brückenhof & Huber Stadel & Co KG
 Qualitätsbewertung: ÖT - Energie Markt
 Anlage: ÖGNB
 Bauherr: ARS Auspflanz Stadt Salztz
 Objektadresse:
 8020 Bruck an der Mur, An der Petrikus 6

Das Bezirksgericht aus den über Jahren wurde im Rahmen eines umfangreichen Demoszenarioprojekts nicht nur optisch und architektonisch auf Vordermann gebracht, auch in Sachen Energieeffizienz konnte im Bezirksgericht Brück an der Mur ein neuer Standard gesetzt werden. Alternative Energietechnologien (Erwärmung, Solarwärmepumpe, Photovoltaik, Nachheizungssystem) sorgen für einen deutlich niedrigeren Verbrauch. Zusätzlich dazu wurde ein umfassendes Monitoringssystem installiert, welches nicht zuletzt auch zur Tageslichtoptimierung eingesetzt wird.



8. YTTERLIGERE INFORMASJON

BRUKERVENNLIG DESIGN

Lyse farger og glassarealer i bygningen gjør den brukervennlig både for ansatte, besøkende og andre involverte.

UTENDØRSDESIGN

Det offentlige arealet utenfor inngangspartiet har blitt utstyrt med sittemuligheter og grønne områder.



Interiøret i
tingretten (Bilder
av Markus
Kaiser)

TU WIEN PLUSSENERGI, ØSTERRIKE



1. INNLEDNING

PROSJEKTSAMMENDRAG

- Bygning fra 1970-tallet
- Prosjektet er en del av større oppgraderings-aktiviteter er ved TU Wien (Teknisk Universitet)

SPEIELLE ASPEKTER

- Østerrikes største plusseNERGI-kontorbygg
- Største fasadeintegreerte solcelle system

ARKITEKTER

Kratochwil-Waldbauer-Zeinitzer

PARTNERE OG KONSULENTER

- Schöberl & Pöll GmbH, Bygningsfysikk
- TU Wien, Forskningscenter for bygningsfysikk og lyd

EIERE

- BIG Bundesimmobiliengesellschaft
- TU Wien, Building and Technology, Gerald Hodecek / TU University 2015

Forfattere: Helmut Schöberl, Richard Hofer, Schöberl & Pöll GmbH, Claudia Dankl, Hannes Wärmuth, ÖGUT
Kontakt: office@oegut.at



IEA – SHC Task 47

Renovation of Non-Residential Buildings towards Sustainable Standards

2. KONTEKST OG BAKGRUNN

BAKGRUNN

I henhold til en overordnet rehabiliteringsplan (vedtatt av den Østerrikske regjeringen) for formyelse av universiteter, skal bygningsmassen til Wens Tekniske Universitet på Getreidemarkt (i dag brukt som kontorareal og dels som laboratorium) oppgraderes til et kontorbygg med plussenergistandard.

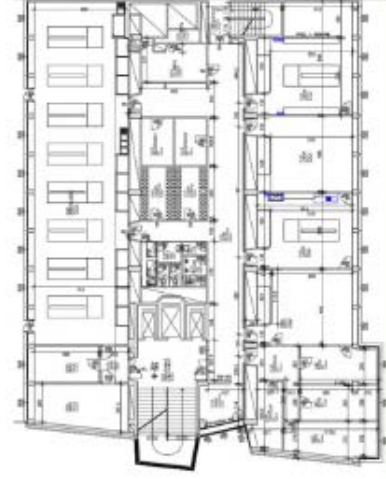
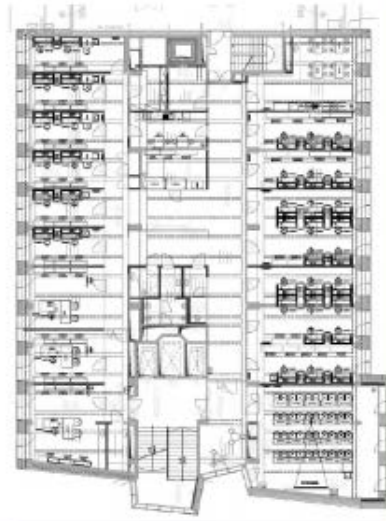
HENSIKT MED OPPGRADERINGEN

- * Reduksjon av det totale energiforbruket ved optimalisering av bygnings-kroppen og energieffektivt teknisk utstyr
- * Dekning av samlet energibehov for teknisk utstyr gjennom solcellesystem
- * Anvendelse av plussenergistandarden i yrkesbyggsektoren

SAMMENDRAG AV OPPGRADERINGEN

- * Integriert planlegging
- * Optimalisering av teknisk utstyr
- * Innovative kjølekonsepter
- * Overvåking og sammenligning beregnet-målt
- * Primærenergibehov = 90,4 kWh/m².a
- * Totale kostnader for oppgraderingen: ~ 21 millioner Euro (inkludert hovedauditorium)

Før
og
etter
oppgradering



3. BESLUTNINGSPROSESSEN

- Plus-Energy-bygningen er en del av "Universitet 2015". Målet med dette prosjektet er å øke standarder for energieffektivitet på universitetet og å skape et optimalt miljø for vitenskap og studier.
- Dette er et flaggskipprosjekt når det gjelder energieffektivitet og bærekraftig bygging innenfor den østerrikske regjeringens rehabiliteringspakken for fornyelse av universiteter samt innenfor forsknings- og innovasjonsprogrammet "Framtidens bygg - Haus der Zukunft".
- Den valgte bygningen på Getreidemarkt oppfyller de nødvendige kriterier for et slikt prosjekt. Det er den høyeste bygningen i området, noe som er viktig for det bygningsintegreerte solcellesystemet. Bygningsens sentrale posisjon i byen demonstrerer energieffektivitetskonseptet ikke bare for studentene, men til et større antall menne sker.
- Det viktigste steget fra planlegging av et plussenergibygg til å bygge det i realiteten er å overføre kunnskap og høye standarder fra planleggingsfasen inn i anbudsprosessen. Derfor ble spesifikke krav til energibehov og effektivitet definert for hver enkel komponent, fra motorer for solavskjermingssystemer til heiser.

[Vienna University of Technology](#)

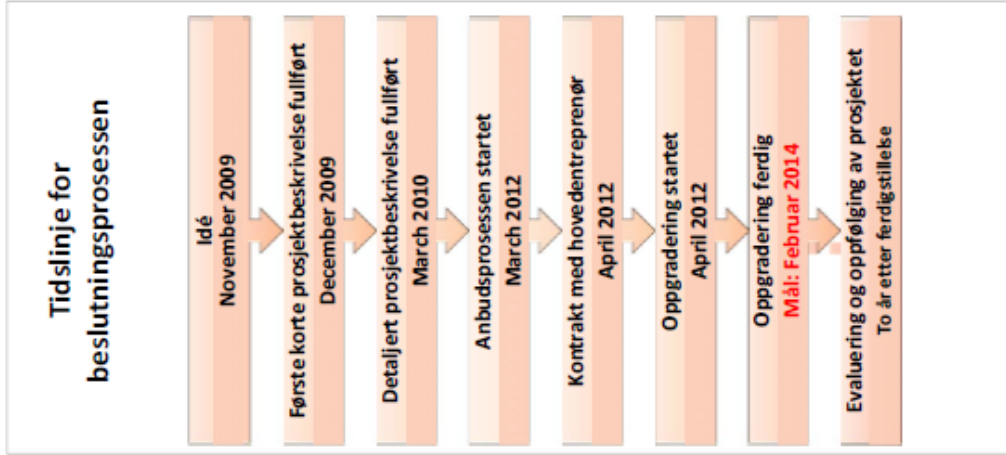
[Bundesimmobilien-gesellschaft BIG](#)

[University 2015](#)

[Austrian Federal Ministry of Science and Research](#)

[Building of Tomorrow](#)

[Austrian Ministry for Transport, Innovation and Technology](#)



4. BYGNINGSSKALLET

Veggkonstruksjon

- Brystning inkludert PV-modul
U-verdi: 0,088 W/m².K

For eksempel (som vist til høyre)
Materialer (innvendig til utvendig):

Puss	10 mm
Leitbetong	315 mm
Betongelement	105 mm
Luftspørre	2 mm
Fasadeisolasjonspanel	180 mm
Fasadeisolasjonspanel	160 mm
Vindspørre	2 mm
Luftspalte	130 mm
Innglassing inkludert PV-modul	13 mm
Totalt	~ 917 mm

- Elementkonstruksjon
U-verdi: 0,096 W/m².K

- Blindfasade
U-verdi: 0,097 W/m².K

Takkonstruksjon

- Flat tak:
U-verdi: 0,066 W/m².K

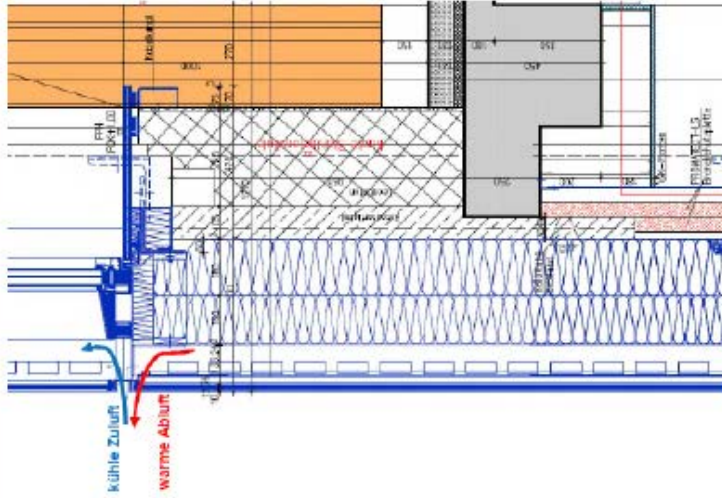
Vinduer

- Innglassing (fast montert eller mulighet til å åpne, tre lags glass, fylt med argon)
U_g-verdi: 0,62 W/m².K
g-verdi: ~ 0,39

Lufttetthet

$$n_{50} \leq 0,09 \text{ l/t}$$

$$Q_{50} \leq 0,6 \text{ m}^3/\text{h}$$

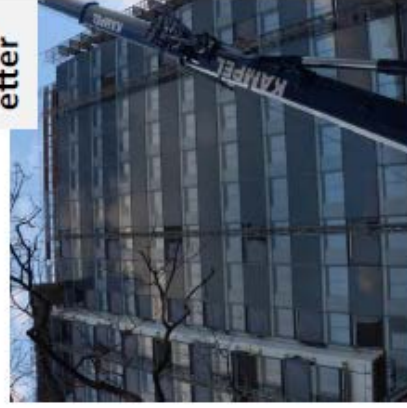


Oppsummering av U-verdier [W/m².K]

	Før	Etter
Tak / loft	~0.6	0.066
Gulv mot det fri (Inngang for brannvesenet)	~0.9	0.12
Vegger	~0.7	0.088
Vinduer	~2.5	0.62



før



etter

5. TEKNISKE INSTALLASJONER

OVERORDNET STRATEGI

- * 7670 m² bruksareal, 10 etasjes bygning
- * 360 kontorer, 350 seminarrom, 50 arbeidsstasjoner for studenter

BELYSNINGSSYSTEM

- * Forbedret bruk av dagslys
- * Optimalisert belysning

ELEKTRISK UTSTYR

- * Optimalisering av alle tekniske enheter
- * Grønn IT (servere, bærbare datamaskiner, PC-er, nettverk)
- * Smart elnett
- * Voice over IP (VoIP) i stedet for telefon

OPPVARMING OG VARMTVANN

- * Termisk betongaktivering
- * Fjernvarme
- * Varmtvann: 2 l/person/dag (el-beredere)

KJØLESYSTEMET

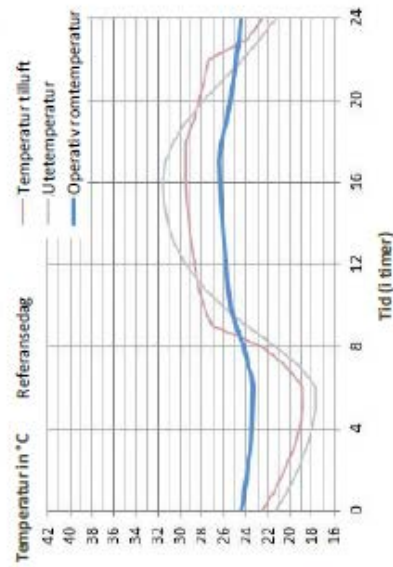
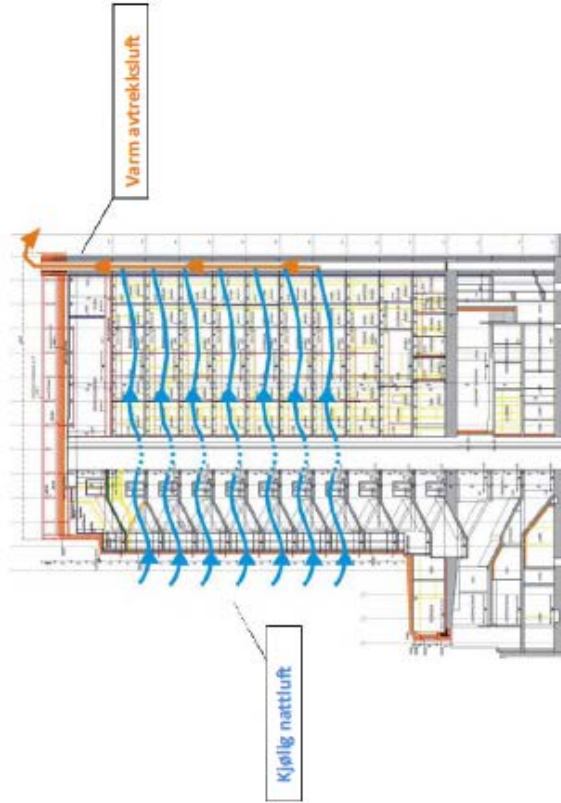
- * Passiv ventilasjon om natten og utvendig solavskjerming
- * Termisk aktivering av komponenter
- * Høyeffektive kjøleaggregater

VENTILASJON

- * To sentraliserte ventilasjonsanlegg for 3.-6. og 7.-10. etasje (kontor), ekstra ventilasjon for foaletter
- * Ventilasjonsaggregat med roterende varmevekslere

FORNYBAR ENERGI

- * 336 kWp solcellesystem (2.246 m²)



6. ENERGIYTTELSE

Beregnete verdier

Oppvarmingsbehov = 3,4 kWh/m².a

Kjølebehov = 2,5 kWh/m².a

Energi til ventilasjon = 1,0 kWh/m².a

Energi til belysning = 5,6 kWh/m².a

(Anmerking SINTEF Byggforsk:

I Østerrike er energiberegninger relatert til bruttoareal inkludert yttervegger)

Potensialet for årlig energibesparelse er beregnet for både elektrisk og termisk energi.

Sammendrag av energiforbruket

	2008*	2009*	Etter oppgradering*
Elektrisk energiforbruk [MWh]	2.098,8	2.066,9	225,9
Termisk energiforbruk [MWh]	631,9	676,5	48,1
Elektrisitet produsert av PV-system [MWh]			226,0
Primærenergibehov [kWh/m ² .a]	-	-	90,4

PEF (strøm) = 2,62 | PEF (fjernvarme) = 0,3

* Hele bygning

** Beregnet for etasje 3 til 10 (kontorareal)

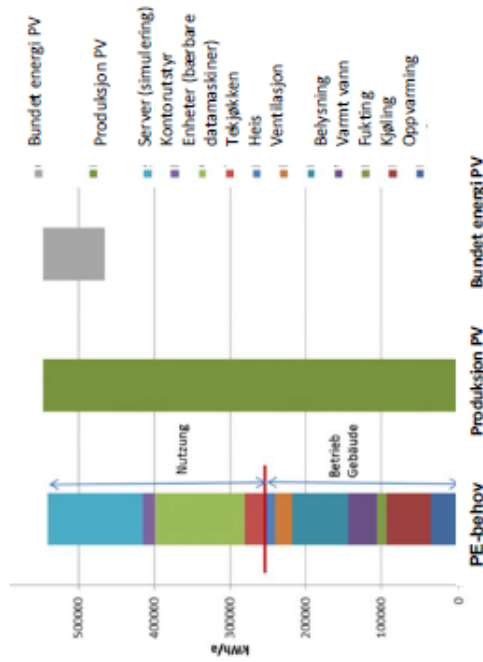
Sammendrag energiyttelse

90 % av energibesparelser som følge av optimalisering:

- * Tekniske installasjoner med ultra-effektive komponenter med lavt strømforbruk i stand-by- og driftsmodus
- * Smart strømnett sikrer ubetydelig stand-by-strømforbruk
- * Bedre bruk av dagslys og optimalisert belysning
- * Ultra-effektiv ventilasjonssystem med optimal varme- og fuktgjenvinning
- * Temperaturutjevning i rommene ved svært effektive termoaktive systemer
- * Nattventilasjon
- * Termisk aktivering av komponenter

Hele primærenergibehovet dekkes av strøm fra solcellesystemet.

Primary Energy Demand - Produksjon - bygget energi
kWh / a



7. MILJØYTELSE

SERTIFISERING

- * TQB av ÖGNB, "Austrian Sustainable Building Council "

ØKOLOGISKE MATERIALER

- * Bruk av materialer uten HFK og PVC
- * Høy andel av produkter og materialer som er miljøsertifisert

LIVSSYKLUSANALYSE

- * OIB sertifisering med 297 poeng

INNEKLIMA

- * Behovsbasert styring av ventilasjonssystemet for høyere luftkvalitet og lavere energibehov
- * Fri kjøling

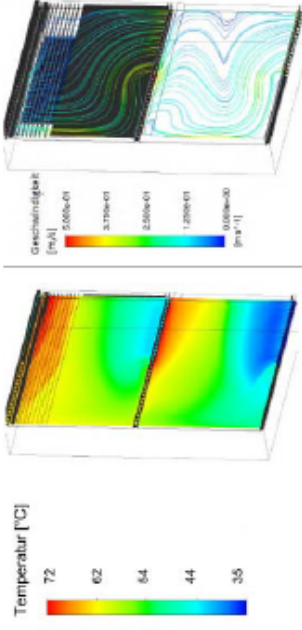
LYSKVALITET

- * Forbedret bruk av dagslys
- * Lavt energibehov for kunstig belysning

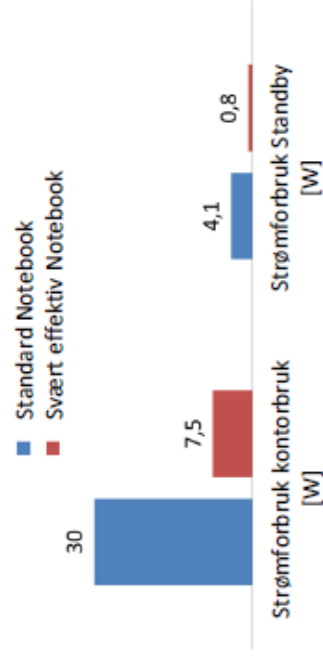
FORNYBAR ENERGI

- * Fasadeintegret PV-system
- * Passive tiltak (solavskjerming, betongaktivering i rom nær fasaden)

Termisk simulering



Bevegelsessensor standby < 0,05 W



8. YTTERLIGERE INFORMASJON

KOSTNADER FOR OPPGRADERINGEN

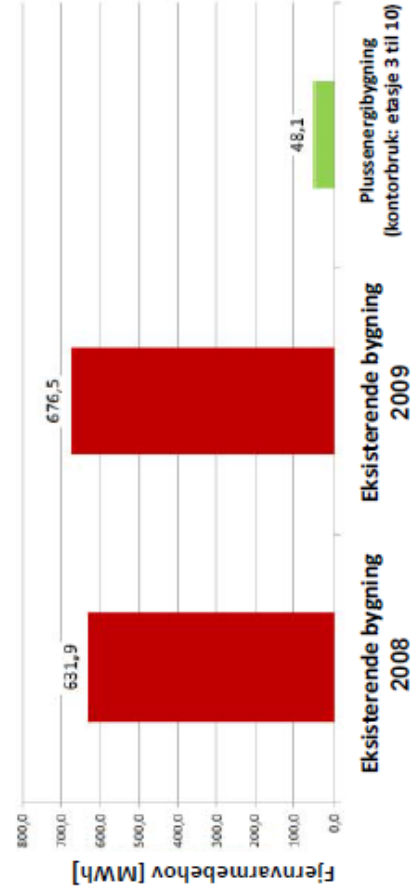
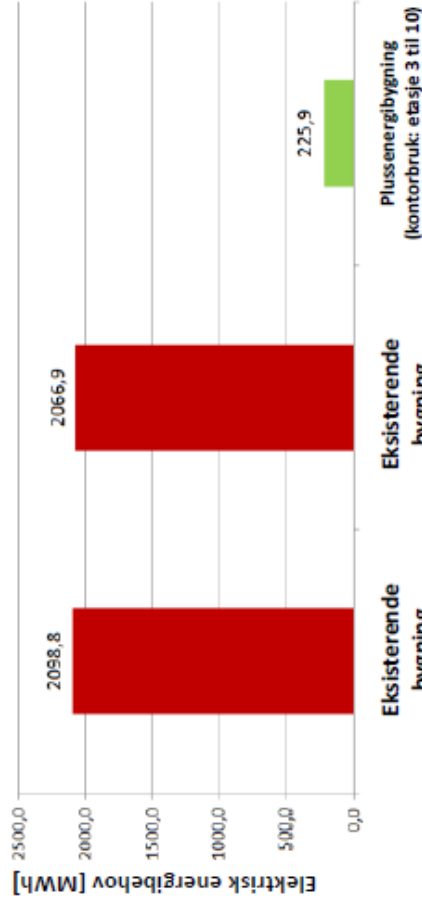
- Totale kostnader for oppussingen: ~ 21 millioner Euro (inkludert hovedauditorium)
- Reduksjon av energikostnadene med 90 %

FINANSIERINGSMODELL

- Merkostnadene for plussenergistandard er finansiert av TU Wien og er økonomisk støttet av de to østerrikske departementene bm:wf og bm:vlt – "Building of Tomorrow", av FFG, av KPC og byen Wien (energietat MA 20)
- Oppgradering av bygningen er finansiert av BIG - "Bundesimmobiliengesellschaft" (eier av bygningen)

ANDRE INTERESSANTE ASPEKTER

- Et av målene med dette rehabiliteringsprosjektet er å øke folks bevissthet om plussenergibygging i det østerrikske eiendomsmarkedet.
- Et annet mål er å vise at det er lite tilleggskostnader i byggeperioden, sammenlignet med konvensjonelle bygg.
- Verken passivhus- eller plussenergistandarden er etablert i næringssektoren ennå.



KONTOR- OG VERKSTED PÅ FRAUNHOFER ISE CAMPUS I FREIBURG, TYSKLAND



1. INNLEDNING

PROSJEKTSAMMENDRAG

Byggeår: rundt 1975
Energioppgradering: 2011
Ingen tidligere energioppgradering

SPEIELLE ASPEKTER

Isolering av bygningskroppen: 160 mm tilleggsisolasjon på taket, 240 mm isolasjon på fasaden og 160 mm på underetasjen (400 mm under bakken).
Nye vinduer med 2 lagsglass.
Ventilasjonssystem med varmegjenvinning, integrert i fasadeisolasjonen.
Prefabrikerte vinduskarmelementer og paneler med ventilasjonskanaler.

HOVEDKONSULENT

Architekturbüro Toni Weber, Freiburg

ENERGIKONSULENTER

Arkitekt og Fraunhofer ISE

PARTNERE:

Beck & Heun og Zehnder Group
EIÉR: Fraunhofer-Gesellschaft

Forfattere:
Doreen Kalz og Arnulf Dinkel
Kontakt: doreen.kalz@ise.fraunhofer.de



IEA – SHC Task 47

Renovation of Non-Residential Buildings towards Sustainable Standards

2. KONTEKST OG BAKGRUNN

BAKGRUNN

Bygningen er en av mange bygninger på området til Fraunhoferinstituttet i Freiburg, Tyskland. Bygget er fra 1970-tallet, hadde minimal isolasjon og er en av flere bygninger på "ISE campus" som vil bli energirehabiliteret. Utformingen av ventilasjonsanlegget med kanaler innenfor isolasjonslaget vil bli evaluert gjennom flere forskningsprosjekter.

HENSIKT MED OPPGRADERINGEN

- * Hovedmålet var å få en gjennomgående rehabilitering av bygningskroppen, fordi det var lekkasjer i taket, vinduene var utslitt og ansatte var misfornøyd med innemiljøet både sommer og vinter samt med luftkvaliteten på kontorene.
- * Arbeidene måtte utføres under full drift av bygget.
- * Vinduene måtte erstattes i løpet av én dag.
- * Demonstrasjon av et ventilasjonssystem som er integrert i isolasjonslaget i fasaden.
- * Prefabrikkerte vinduskarmelementer med integrerte ventiler for tiluft og avtrekk.
- * Prefabrikkerte isolasjonspaneler for enkel montering av ventilasjonskanalene.

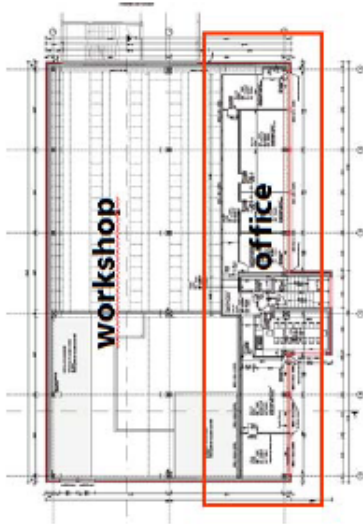
SAMMENDRAG AV OPPGRADERINGEN

Tak: Fullstendig ny taktekkning på toppen av den eksisterende. Store lyskupper erstattet av små med tolagsglass. Isolasjon 140 mm sandwichelementer.
Vegg: 220 mm isolasjon med kleddning på eksisterende betongsandwichpaneler med 30 mm isolasjon. Underetasje: Opprinnelig ingen isolasjon på vegg, nå 160 mm på utsiden til en dybde på 400 mm.

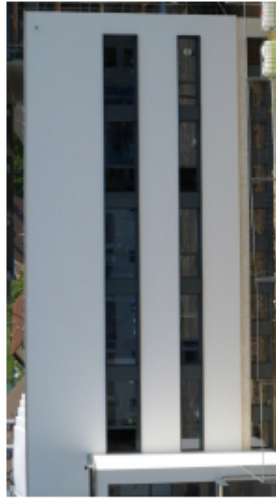
Vindu: Eksisterende tradisjonelle tolagsvinduer ble erstattet av nye tolags vinduer (se bilder).
Ventilasjonssystem: Nytt ventilasjonsanlegg med varmegjenvinning for kontoretasjonen.



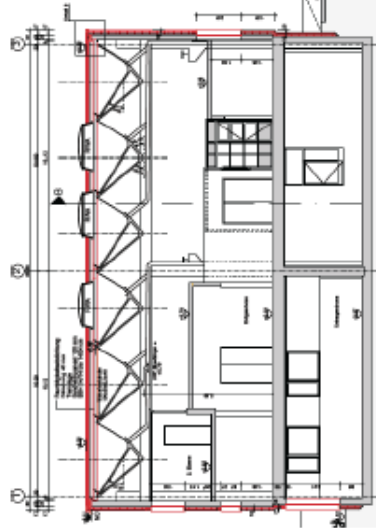
Fasade – før oppgradering



Planløsning. Kontorareal: 145m², volum: 400m³.



Fasaden mot gaten – Etter oppgradering



Vertikalsnitt

3. BESLUTNINGSPROSESSEN

HVORFOR OPPUSSING

De viktigste motivene for oppussing var å redusere energiforbruket og få bedre inneklima i bygningen. Bygningen er fra 1970-tallet og derfor veldig dårlig isolert. Et nytt laboratoriebygg med kombinert oppvarmings- og kjølingssystem ble reist i tilknytning. For å oppnå god funksjonalitet i den ny og den gamle bygningen, var det nødvendig å oppgradere det gamle bygget.

OFFENTLIG FINANSERING

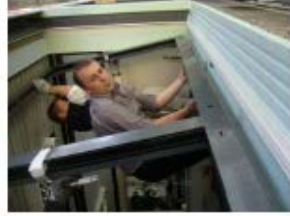
Bygningen eies av Fraunhofer-Gesellschaft og oppgraderingen er derfor i hovedsak finansiert av regjeringen. Oppgraderingen ble i tillegg finansiert av et offentlig markedsstøtteprogram, og et regjeringsfinansiert forskningsprosjekt ble koblet til rehabiliteringen. Nye ideer – f.eks. prefabrikerte fasadeelementer med integrert ventilasjon – skulle bli demonstrert på byggeplassen.

REDUSERTE DRIFTSKOSTNADER BRUKT TIL REFINANSIERING?

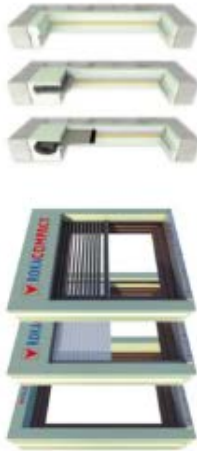
Reduksjonen i driftskostnadene, vil ikke blitt brukt for nedbetaling av investeringen. Bygningseieren har ennå ikke etablert et strukturert og bygningsrelatert system for om driftskostnader og nedbetalingstid.



Enkel montering
av prefab-karm
og vindu



til
sammenligning
– vanlig vindus-
montering med
masse detaljer
som må løses



Over: Prefabrikerte vinduskarm som de
er tilgjengelig på markedet
Under: Tilrettelagte prefabrikerte
vinduskarm med tiluftvtrekk på toppen



4. BYGNINGSSKALLET

Vegger

Veggisolasjonen ble montert som et klassisk fasadeisolasjonssystem med limt og mekanisk innfesting. I områder med integrert ventilasjonssystem ble det montert to isolasjonslag: det første laget med luftkanaler - deretter det andre laget som dekker kanalene.

Tak

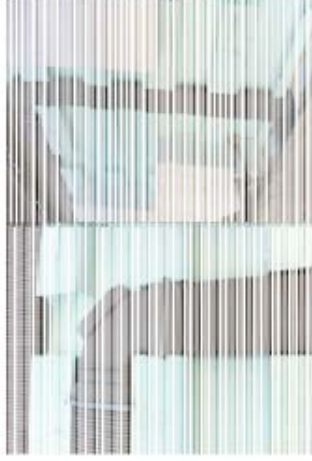
Taket ble dekket med et komplett nytt lag på toppen på de eksisterende lag med isolert 40 mm stål-sandwichpanel pluss 120 mm Rockwool-isolasjon.

Vinduer

Alle nye vinduer med isdert aluminiumkarm og tolagsglass, U-verdi 1,1W/m²K



Første lag: 100 mm isolasjon med luftkanaler

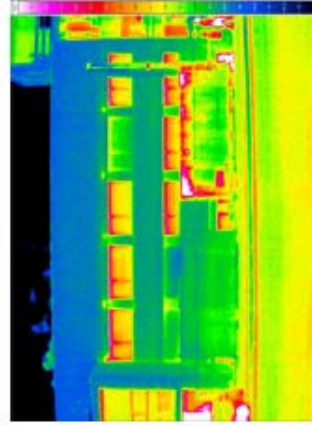
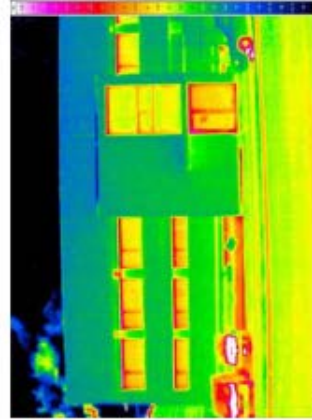


Andre lag: 140mm isolasjon som dekker kanalene



Komplett fasade mens isolasjon monteres

Termografi etter oppgradering. Ingen påfallende tap – kanaler innenfor isolasjonen er usynlig



5. TEKNISKE INSTALLASJONER

OPPVARMINGSSYSTEM

Før: Desentralisert oppvarming
Etter: Varme fra nytt tilbygg med fjernvarme-backup

KJØLESYSTEMET

Ingen separat kjølesystem installert.
Ventilasjonsystemet skal brukes til å kjøle ned kontorene om natten i sommermånedene

VENTILASJON

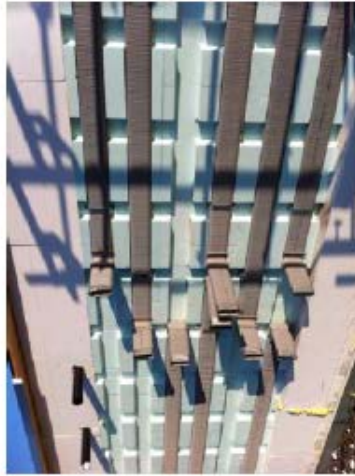
Det nye ventilasjonssystemet ble installert på ytterveggen. Et luftbehandlingsaggregat ble installert i en container som en testenhhet for å endre, tilpasse og teste flere aggregater.

VARMTVANSBEREDNING

Før: Ingen varmt vann tilgjengelig
Etter: Ingen endring

FORNYBAR ENERGI

Varmegjenvinningsystem og fuktgjenvinning gjennom aggregatet.
Sør-øst-fasade er forberedt for å demonstrere integrert PV-system.
Passiv natkjøling om sommeren med ventilasjonssystem



Over: Ventilasjonskanaler i isolasjonslaget



Over: container med aggregat



Under: tilslutning til aggregatet i container



6. ENERGIYTTELSE

Et godt resultat ble oppnådd gjennom minimalisert energiforbruket ved å etterisolerer fasaden, erstatte eksisterende vinduer med nye, forbedre lufttettheten av bygningskroppen og installere et ventilasjonssystem for kontorene.

Et sammendrag av U-verdier er dokumentert øverst på høyre side. Gulvet i første etasje ble ikke isolert. Etterisolering av gulvet ville være svært dyrt og ikke mulig uten fullstendig stans av arbeid og produksjon.

Vegger i underetasjen ble isolert med 200 mm isopor til en dybde på 400 mm under bakken som gjør at varmetapet gjennom disse veggene ble redusert kraftig.

Beregnet primærenergibehov er 337 kWh/(m²a). Det er litt høyere enn tillatt for et referanse-nybygg ifølge energiforskriften med 323 kWh/(m²a), men en god del lavere enn et referansebygg for rehabilitering med 452 kWh/(m²a).

(Anmerking SINTEF Byggeforsk:

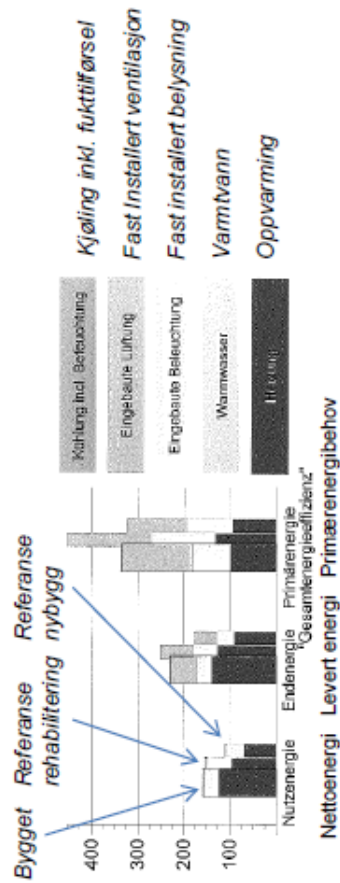
I Tyskland er energiberegninger relatert til et teoretisk areal som beregnes med utgangspunkt i byggets volum. Hovedkriterium er primærenergibehov, ikke netto eller levert energi. Totalt energibehov omfatter ikke teknisk utstyr, og i boligbygg heller ikke belysning.)



Resultat: "Wärmeschutznachweis ENEV 2009" (energimerkeskala i henhold til energiforskrift fra 2009)



U-verdier [W/m ² K]	Før	Etter
Opake bygningsdeler	1.8	0.41
Transparente bygningsdeler	2.4	1.58
Vinduer i taket	2.4	1.20



7. MILJØYTELSE

INNEKLIMA

Inneklimaet har bedret seg betraktelig som en konsekvens av fasadeisolering, nye vinduer med solskjermingssystem og et nytt ventilasjonsanlegg for kontorene.

ØKENDE LIVSKVALITET

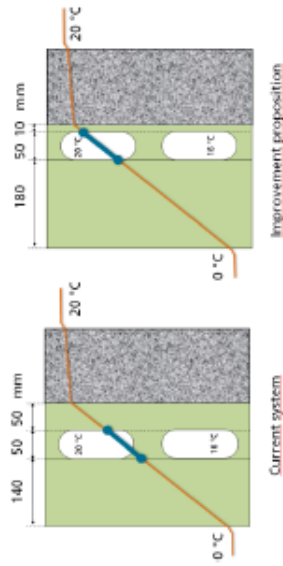
Kontorarealet har fått mye bedre visuell utforming. Luftkvaliteten har blitt mye bedre og temperaturnivået er blitt mer jevn over tid.

INNELUFTKVALITET

Alle Komfort-kriteriene oppfylles og det fasadeintegreerte ventilasjonssystem et – en "demonstrator" – fungerer bedre enn forventet. Systemet vil bli fulgt opp under drift. Bedre luftkvalitet ble realisert ved installasjon av et aggregat med filtre og varmevekslere med fuktgjenvinning. Brukerne kan styret aggregatet individuelt.

LYSKVALITET

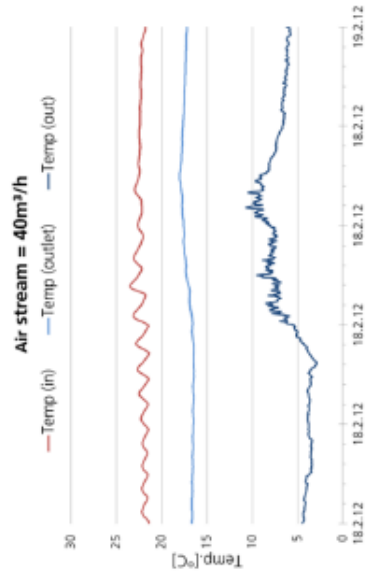
Den visuelle kvaliteten på kontorene har blitt bedre ved hjelp av persienner med individuelle styringsfunksjoner.



Over: tilluft/avtrekk

Over: Plassering av ventilasjonskanaler i isolasjonssjiktet: som utført (til venstre) og forslag for optimalisert plassering (til høyre)

Under: Målt ytelse av det fasadeintegreerte ventilasjonssystemet



8. YTTERLIGERE INFORMASJON

KOSTNADER FOR OPPGRADERING

Ideen bak oppgraderingskonseptet var å realisere mest mulig energieffektivisering innenfor en gitt kostnadsramme.

Kostnad isolasjon: 150.000 € ex mva

Kostnad vinduer: 270.000 € ex mva

Kostnad ventilasjon: 12.000 € ex mva

FINANSIERINGSMODELL

Oppgraderingen ble finansiert av et offentlig markedsstøtteprogram, og i tillegg ble et regjeringsfinansiert forskningsprosjekt koblet til rehabiliteringen. Øvrige kostnader er dekket av byggeier.

ANDRE INTERESSANTE ASPEKTER

Den oppgraderte bygningen og den nye bygningen er deler av en felles energisystem for oppvarming og kjøling. Et forskningsprosjekt vil evaluere energiflyten i systemet og mellom bygningene. I det nye bygget er det installert et kaldtvannslager for å bufre energien i passende temperaturnivåer. Begge bygningene er første steg av et samlet integrert energinett for alle bygninger på campus Fraunhofer.



SOLBRÅVEIEN KONTORSENTER I ASKER, NORGE



1. INNLEDNING

PROSJEKTSAMMENDRAG

Byggeår: 1980 and 1982

Tidligere energirehabiliteringer: ingen

SPESEIELLE ASPEKTER

Bygnings skall

- Innvendig isolasjon og høysolert glassfasade med passivhusvinduer
- Tilleggsisolering på taket

Tekniske installasjoner

- Bruk av eksisterende kanaler og "aktive" tiluftventiler
- Ventilasjon med 85% varmegjenvinning og lav SFP
- Behovsstyrt ventilasjons- og belysningsystem
- Luft-vann-varmepumpe

ENTREPRENØR

Samarbeid mellom GK Norge AS og

Moderne Byggformelse AS

EIER

Solbråveien Eiendom KS gjennom Banco

Management AS

Forfattere:

Anna Svensson, Espen Aronsen

Kontakt: anna.svensson@sintef.no



IEA SHC Task 47
Renovation of Non-Residential Buildings towards Sustainable Standards

2. KONTEKST OG BAKGRUNN

BAKGRUNN

- Kontorbygg med leietakere
- BRA 10 386 m²
- Få leietakere (dvs. ledig areal)
- Høyt energiforbruk
- Ineffektivt areal for leietakere
- Utdatert teknisk system
- Behov for en generell oppgradering

HENSIKT MED OPPGRADERINGEN

Overordnet målsætning i prosjektet:

- Oppnå bedre energimerke B
- Norsk lavenergistandard
- Bedre energimerke
- Bedre arealeffektivitet
- Lavere driftskostnader
- Bedre utforming av kontorene
- Mer attraktivt, høyere antall leietakere/økte leieinntekter

SAMMENDRAG AV OPPGRADERINGEN

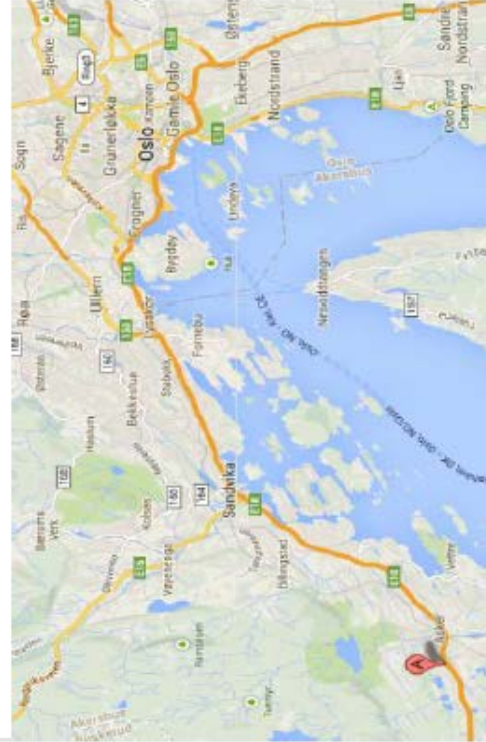
60 % reduksjon av energibehov
Bedre inneluftkvalitet



Før



Etter



Sted:
25 km utenfor
Oslo sentrum
ved motorveien
(E18)
1 km til
jernbanestasjonen

3. BESLUTNINGSPROSESSEN

Byggeieren initierte prosjektet sammen med GK Norge og Moderne Byggformyelse. Eieren ønsket en modernisering "så godt som mulig."

De eksisterende leietakere flyttet ut, og det var nødvendig med omfattende oppgradering for å gjøre bygningen attraktiv for potensielle nye leietakere.

Første trinn av oppgraderingen omfattet ventilasjon og energifordelings-systemet, bare i en del av bygningen.

Avgjørelsen om oppgraderingen av bygningsskallet ble tatt etterpå. Det ble også vurdert om det skal installeres et fasadeintegret solcellesystem, men dette ble skrinlagt på grunn av for høye kostnadene.

Kontrakten baserte på totalentreprise etter prosjektutvikling i samspill mellom byggeier og underleverandører fra et allerede etablert samarbeid med samme entreprenør i et tidligere prosjekt.

Prosjektet ble delt i to aktiviteter:

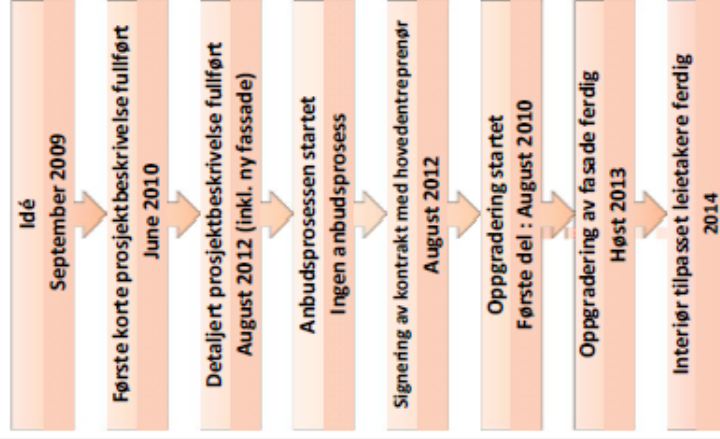
Opprinnelig plan – energimerke B, lavenergi klasse:

- Varmepumpe
- Ventilasjon med 85% varmegjenvinning og lav SFP
- Bruk av eksisterende kanaler og "aktive" tilluftventiler
- Behovsstyrt ventilasjon og belysning
- Nye vinduer (1,0 W/m²K) med innvendig solskjerming
- Ekstra isolasjon på alle tak (0,1 W/m²K)
- Ekstra isolasjon ved trapperom og gavler (0,2 W/m²K)

Revidert plan:

- Innvendig isolasjon og høyisolert glassfasadesystem med passivhusvinduer.

Tidslinje for beslutningsprosessen



4. BYGNINGSSKALLET

Veggkonstruksjon :

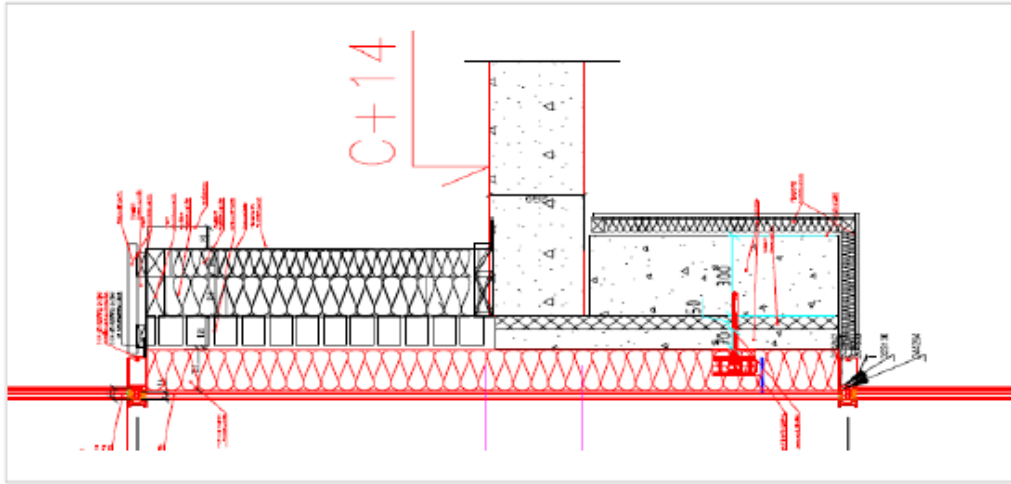
Materialer (innvendig til utvendig):

Prefabrikkert fasadesystem: Schüco 50

Under vinduet:	13 mm
Gipsplater	100 mm
Damp sperre	150 mm
Mineralull (ny)	250 mm
Mineralull (eksisterende)	120 mm
Murvegg (eksisterende)	20 mm
Steinullisolasjon (ny)	26 mm
Luftrom	590 mm
Glassfasede	
Totalt	650 mm
Over vinduet:	13 mm
Gipsplater	50 mm
Mineralull (ny)	300 mm
Fuktsperre	50 mm
Betongvegg (eksisterende)	70 mm
Isolasjon (eksisterende)	120 mm
Betongvegg	20 mm
Steinullisolasjon (ny)	26 mm
Luftrom	650 mm
Glassfasede	
Totalt	650 mm

Oppsummering av U-verdier [W/m²K]

	Før	Etter
Tak/loft	0,20	0,13
Gulv	0,12	0,12
Vegger	0,27	0,16
Vinduer	2,64	0,9



Utvendig isolasjon med 120 mm mineralull, vindspærre, luftrom og glassfasade.

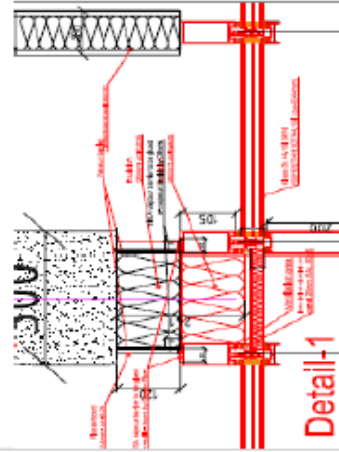
Innvendig isolasjon med 100 mm mineralull, dampspærre og 13 mm gipsplater.

Solreflekterende glass mot sørøst.

Sørøst-fasade: Glass type 8 mm SKN 165-15g-4-15g-44, 1 Ultra Science
Rw + Ctr = 39 dB, U-verdi 0,6

Andre fasader: Glass type 6mm SKN 165-15g-4-15g-44, 1
Rw + Ctr = 36 dB, U-verdi = 0,6

Isolasjon i hulrom under tretak. Tykkelse 200 mm.



5. TEKNISKE INSTALLASJONER

LIGHTING SYSTEM

T8 skiftet til T5

OPPVARMINGSSYSTEM

Eksisterende elektriske varmebatterier for ventilasjonsluft ble byttet ut med en luft-vann-varmepumpe og gamle elektriske panelovn ble erstattet med nye, mer effektive behovsstyrte ovn.

KJØLESYSTEM

Kjøletårn og isvannbereder ble erstattet med varmepumpe/kjøleanlegg

VENTILASJON

Konstant luftmengde (CAV) ble erstattet med behovsstyrt ventilasjon (VAV) med "aktive" tilluftsventiler

VARMTVANNBEREDNING

Sentralt varmtvannsbereidning ble erstattet med lokal varmtvannsbereidning.

FORNYBAR ENERGI

Ny luft-vann-varmepumpe

Behovsstyrt "aktiv" tilluftsventil



Ventilasjon

Eksisterende sjakter ble brukt.

90-95 % av ventilasjonskanalene ble rengjort.

Aktiv lufttilførsel med integrert styring ved hjelp av detektorer og temperatursensorer for rom og temperatur.

Variabel åpning gir konstant instrømningshastighet.

Den kan også kobles til CO₂-sensorer.

6. ENERGIYTTELSE

Energibehov (kWh/m²)

Total Beregnet levert energi *:

Før: 204 kWh/m²

Etter: 78 kWh/m²

Total Beregnet netto energibehov *:

Før: 218 kWh/m²

Etter: 64 kWh/m²

Energikostnad (NOK)

Før: 2,75 mill.NOK (335 k€)

Etter: 0,88 mill.NOK (107 k€)

* Norsk standard inkludert standardiserte internlast

Beregnet energi

		FØR	ETTER
OPPVARMING			
Netto oppvarmingsbehov	[kWh _{oppvarm} /m ² a]	91.0	20.3
Levert energi	[kWh _{lep} /m ² a]	92.9	33.2
KJØLING			
Netto kjølebehov	[kWh _{kjøling} /m ² a]	25.2	7.0
Levert energi	[kWh _{lep} /m ² a]	10.1	7.0
VENTILASJON			
Levert energi	[kWh _{lep} /m ² a]	33.1	8.6
BELYSNING			
Levert energi	[kWh _{lep} /m ² a]	25.6	15.7
TOTALT ENERGI BEHOV AV BYGGET			
Levert energi	[kWh _{lep} /m ² a]	171.2	58.7
TEKNISK UTSTYR			
Levert energi	[kWh _{lep} /m ² a]	35.2	18.8



ANMERKNING: Energiberegningene og energiverdiene vil være i henhold til nasjonale standarder som kan variere fra land til land, det vil si tall er ikke alltid sammenlignbart

7. MILJØYTELSE

Sertifisering / Energimerking

- Lavenergi klasse 1
- Energimerke B (gul oppvarmingskarakter, 62 % bruk av direkte elektrisitet)

Inneklima

- Individuell temperaturstyring i henhold til CO₂ og innetemperatur

Økt livskvalitet

- Stabilt og bedre innemiljø
- Økt plass på kontorene siden vindusinstallasjoner ble fjernet.
Total økning: 150 m² BRA

Belysningskvalitet

- Behovsstyrt belysning



Før

Etter



8. YTTERLIGE INFORMASJON

KOSTNADER FOR OPPGRADERINGEN

- Total kostnad 115 mill.NOK + mva (14,4 mill NOK)
- Spesifiserte tilleggskostnader for ekstra investeringer relatert til energisparing
- Tilleggskostnader for oppgradering til energimerke B beregnet til 8 mill kroner + mva
- Subsidierte produkter for demonstrasjon: Nei

FINANSIERINGSMODELL (EUR)

Enova	0,6 mill
Lån	11,2 mill
Egenkapital	2,6 mill

Enovatløskuttet er gitt på grunnlag av første trinn i oppgraderingen, med energimerke B og lavenergiklassifisering.

ANDRE INTERESSANTE ASPEKTER:

Sommer 2013: 90 % av bruksarealet er utleid.



AMBISIØS ENERGIOPPGRADERING MED ETTERISOLERT FASADE

FUKTSIKRE LØSNINGER FOR YTTERVEGGER OG OVERGANGER I MUR- OG BETONGBYGG

Mange yrkesbygg i mur eller betong har stort rehabiliteringsbehov og utilstrekkelig isolasjon. Men etterisolering alene er som oftest ikke lønnsomt. Derfor er det viktig å samordne energieffektivisering med øvrig fasaderehabilitering ut fra et helhetlig konsept for bygningen.

Denne rapporten viser gode, fuktsikre løsninger som gir grunnlag for energiambisiøs oppgradering når det er behov for rehabilitering. Rapporten – som er et resultat av prosjektet Upgrade Solutions – tar utgangspunkt i yrkesbygg, men løsninger og prinsipper kan også være aktuelle i boligbygg med liknende konstruksjoner.