

Helvægge og dæk af letbeton

Energieffektive boliger

- Parcelhus
- Etagehus

HÆFTE NR.
Aug. 2008

10



dansk  beton

LETBETONELEMENTGRUPPEN – BIH

Indholdsfortegnelse / Indledning

Indholdsfortegnelse

1. Indledning	3
2. Lovgivning	4
2.1 Energirammer	4
2.2 Maksimalt varmetab pr. m ² klimaskærm	4
2.3 Utætheder i klimaskærm	4
2.4 Mindstekrav til bygningsdeles isoleringsevne	4
2.5 Beregningsmetoder	4
3. Hvad er vigtigt ved lavenergibyggeri?	5-8
3.1 Orientering på grunden	5
3.2 Indretning med hensyn til dagslys og solindfald	5
3.3 Konstruktioner	5
3.4 Vinduer og døre	6
3.5 Solafskærmning	6
3.6 Opvarmning og ventilation	6
3.7 Solvarmeanlæg	8
3.8 Solcelleanlæg	8
4. Fordele ved tungt byggeri	9-10
4.1 Varmeakkumulering	9
4.2 CO ₂ besparelse i livscyklus	9
4.3 Tæthed og holdbarhed	10
4.4 Lydforhold	10
5. Parcelhuset	11-22
5.1 Bygningsbeskrivelse	12
5.2 Materialevalg	12
5.3 Installationsbeskrivelse	12
5.4 Resultatskema	13-17
5.5 Detaljer	18-22
6. Etagehuset	23-37
6.1 Bygningsbeskrivelse	24
6.2 Materialevalg	24
6.3 Installationsbeskrivelse	24
6.4 Resultatskema	24-32
6.5 Detaljer	33-37
7. Virksomhederne bag BIH	39

Letbetonelementgruppen - BIH

Letbetonelementgruppen BIH er en produktgruppe under Dansk Beton, hvor elementproducenter og materialeleverandører samarbejder i fælles interesse. Formålet er at udbygge og udnytte den bedste faglige viden om elementer af letbeton og stille denne ekspertise til rådighed for såvel projekterende som udførende.

Samarbejdet har gennem årene resulteret i forskellige hæfter vedr. bæreevne, stabilitet, lydisolering m.v. I dag er alle disse informationer tilgængelige på BIH's hjemmeside, www.bih.dk, hvor hæfterne kan bestilles eller downloades.

Materialer i helvægge og dæk af letbeton

Helvægge og dæk af letbeton fremstilles af letklinker, cement og sand. Letklinker er små kugler af hårdt-brændt ler - lette og porøse med et utal af små luftfyldte celler. Letklinkerne brændes ved 1100-1200 °C, og resultatet bliver et kemisk neutralt produkt med stor styrke og god varmeisoleringsevne.

Kvalitetssikring

Alle producenter i BIH har etableret en effektiv kvalitetsstyring af produktionen af helvægge og dæk og er tilsluttet en akkrediteret certificeringsordning.

Service

Producenterne yder en udstrakt service i projekteringsfasen. Ud over fyldestgørende informationer på internet og i brochuremateriale, står producenterne byggetekniske konsulenter til rådighed med vejledning i hele byggeforløbet.

Hæftets anvendelse

De forskellige anvisninger i dette hæfte er primært udarbejdet som vejledende information til arkitekter og ingeniører i forbindelse med projektering af byggeri, hvor der anvendes dækelementer og helvægge af letbeton. Ansvar for den konkrete projektering ligger hos den projekterende. BIH og medlemsvirksomhederne påtager sig således ikke noget juridisk ansvar i forbindelse med denne anvisnings information.

Referencer

Bygningsreglement 2008, BR 08

SBi-anvisning 213 Bygningers energibehov

SBi program Be06 Bygningers energibehov

SBi-anvisning 216 Anvisning om Bygningsreglement 2008

DS 418 Beregning af bygningers varmetab

Ti-rapport: Sammenligning mellem ekstra let og middeltungt byggeri, august 2007

BIH-hæfte 3: Lydisolering, april 2008

1. Indledning

Denne anvisning er resultatet af et projektarbejde, som BIH har gennemført med henblik på at give et generelt indblik i, hvordan energieffektive boliger kan bygges med anvendelse af elementer af letbeton til vægge, etageadskillelser og tagdæk.

I projektet er der anvendt to hustyper - et etplans parcelhus på 195 m² samt et etageboligbyggeri i 5 etager med 12 lejligheder. Begge hustyper er gennemarbejdet energiteknisk med henblik på at finde velegnede løsninger, der opfylder fire energiklasser:

- de nuværende krav i Bygningsreglement 2008
- lavenergiklasse 2
- lavenergiklasse 1
- lavenergiklasse 0 (se mere om denne klasse i afsnit 2.1 Energirammer)

Alle energirammeberegninger er udført i henhold til SBI-anvisning 213 Bygningers energibehov og ved brug af beregningsprogrammet Be06.

Hæftet er opdelt i en generel del og i afsnittene 2 til 4 samt en specifik del for parcelhuset og etagehuset i henholdsvis afsnit 5 og 6.

Konstruktions- og installationsløsninger i projektets dokumentationsmateriale viser principielle løsninger med vægt på de energitekniske forhold. Detailprojektering af statiske og installationsmæssige forhold er ikke foretaget, og der er ikke beregnet indeklimamæssige forhold for de enkelte rum.

På www.bih.dk findes en interaktiv visualisering af projektets parcelhus. Her kan man gå en tur i huset og søge information om husets konstruktioner og installationer.

Projektet er gennemført med finansiel støtte fra:

Aalborg Portland
Postboks 165, 9100 Aalborg
www.aalborg-portland.dk

Projektet er gennemført med teknisk bistand fra:

Arkitektfirmaet C. F. Møller
Nørrebrogade 24A, 7100 Vejle
www.cfmoller.com

Ingeniørfirmaet Hundsbaek & Henriksen
Gunhilds Plads 6, 7100 Vejle
www.hundsbaek.dk

Statens Byggeforskningsinstitut SBI
Dr. Neergaards Vej 15, 2970 Hørsholm
www.sbi.dk

Interaktiv visualisering på www.bih.dk er udarbejdet af:

freclé
Rosenvængets Allé 7B, 2100 København
www.freclé.net

I projektet har vi fået værdifuld sparring fra:

Aalborg Portland
www.aalborg-portland.dk

Maxit
www.maxit.dk

Thermisol
www.thermisol.dk

Vildbjerg Vinduet
www.vildbjerg-vinduet.dk

Saint-Gobain Isover
www.isover.dk

PRO TEC VINDUER
www.protecvinduer.com

Nilan
www.nilan.dk

VELFAC
www.velfac.dk

Sonnenkraft Scandinavia
www.sonnenkraft.dk

Letbetonelementgruppen BIH takker alle samarbejdspartnere for deres indsats og det gode samarbejde.



2. Lovgivning

Kravene til bygningers energiforbrug findes i Bygningsreglement 2008, kapitel 7.

Citat:

Bygninger skal opføres, så unødvendig energiforbrug til opvarmning, varmt vand, køling, ventilation og belysning undgås, samtidig med at der opnås tilfredsstillende sundhedsmæssige forhold.

BR 08 udmønter kravene i form af:

- energirammer
- maksimalt varmetab pr. m² klimaskærm
- utætheder i klimaskærm
- mindstekrav til bygningsdeles isoleringsevne

2.1. Energirammer

En energiramme omfatter bygningens samlede behov for tilført energi til opvarmning, ventilation, køling, varmt brugsvand samt eventuel belysning (for boliger skal energiforbrug til belysning ikke medtages i energirammen). Energirammerne er fastlagt således for boliger (A angiver det opvarmede etageareal):

BR 08

70 kWh/m² pr. år tillagt 2200/A kWh pr. år

Lavenergibygning klasse 2

50 kWh/m² pr. år tillagt 1600/A kWh pr. år

Lavenergibygning klasse 1

35 kWh/m² pr. år tillagt 1100/A kWh pr. år

Anvendelse af lavenergiklasserne er frivillig, men kommunerne kan gennem lokalplaner indføre krav om anvendelse af klasse 1 eller klasse 2. Det forventes, at lavenergiklasse 2 bliver obligatorisk fra 2010 og lavenergiklasse 1 fra 2015.

I regeringsgrundlaget fra efteråret 2007 er indarbejdet forslag om, at nye bygninger i 2020 skal bruge 75 % mindre energi end i dag. I dette projekt har vi derfor defineret en ny energiklasse, som vi kalder "Klasse 0". Denne klasse er beregnet som $0,25 \times (70 + 2200/A)$ kWh/år. Klassen er på niveau med den tyske passivhusklasse. Kriterierne i den tysk definerede passivhusklasse er ikke medtaget i projektet. Det skyldes primært, at en række forhold i kriterierne og den tilhørende energiberegningsmetode (PHPP-metoden) er forskellige fra de danske energikrav og beregningsmetoden Be06.

Lavenergibygninger kan fritages for tilslutningspligt til offentlige forsyningsnet, når det af kommunalbestyrelsen vurderes, at de er berettigede til at blive fritaget fra tilslutningspligten.

2.2. Maksimalt varmetab pr. m² klimaskærm

Krav til maksimalt varmetab pr. m² klimaskærm excl. vinduer og døre er indført for at fremtidssikre byggeriet. Det dimensionerende varmetab må ikke overskride:

- bygning i 1 etage: 6 W/m²
- bygning i 2 etager: 7 W/m²
- bygning i 3 etager og derover: 8 W/m²

2.3. Utætheder i klimaskærm

Utætheder i klimaskærmen medfører varmetab. Derfor stiller BR 08 krav om, at utætheder gennem klimaskærm skal begrænses til maksimalt 1,5 l/s pr. m² opvarmet etageareal ved trykprøvning med 50 Pa (Pascal). For et parcelhus på 150 m² med 2,4 m loftshøjde svarer dette til maksimalt 810 m³/time eller et luftskifte gennem utætheder på 2,25 gange pr. time.

2.4. Mindstekrav til bygningsdeles isoleringsevne

Mindstekravet til bygningsdeles isoleringsevne skal sikre, at der ikke opstår fugt- og kondensproblemer. Kravene fremgår af kapitel 7.5 i BR 08; de vil normalt være opfyldt ved hensigtsmæssigt konstrueret lavenergibyggeri.

2.5. Beregningsmetoder

Ved projektering beregnes transmissionskoefficienter (U-værdier) og linietaf (ψ-værdier) i henhold til DS 418. Beregning af energibehovet foretages efter metoden i SBI-anvisning 213; ved beregningerne kan beregningsmodulet Be06 anvendes som værktøj.

Ved beregning af energibehovet tages hensyn til bygningens placering og orientering, klimaskærm, varmeanlæg, varmtvandsforsyning, bygningens varmeakkumulerende egenskaber, eventuelle ventilations- og køleanlæg, solindfald, solafskærmning, naturlig ventilation, det planlagte indeklima samt udeklimaet.

Ved bestemmelse af energibehovet kan der også tages hensyn til eventuel anvendelse af solvarme, solceller, varmepumper, minikraftvarmeanlæg, kondenserende kedler, fjernvarme, varmegenvinding samt køling.

3. Hvad er vigtigt ved lavenergibyggeri?

De nye krav til beregning af bygningens energiramme stiller andre krav til bygningen og dens udformning end de tidligere krav til maksimale U-værdier og varme-tabsrammer. Omvendt giver de nye regler også en lang række optimeringsmuligheder på det energimæssige område. Nedenstående forhold indgår i beregningsmodellen Be06 og er vigtige at overveje, når man projekterer byggeri i dag:

- orientering på grunden
- indretning med hensyn til dagslys og solindfald
- konstruktioner
- detaljer
- vinduer og døre
- solafskærmning
- installationer
- varmesystem
- ventilation
- varmegenvinding
- solvarmeanlæg
- solcelleanlæg
- varmepumper
- jordvarmeanlæg

3.1. Orientering på grunden

Rigtig orientering af bygningen på grunden er vigtig for at udnytte energitilskuddet fra solindfaldet gennem vinduer optimalt. Bygningsorienteringen må derfor med i arkitektens første overvejelser ved planlægning af lavenergibyggeri. Er der tale om bygninger i lavenergiklasse 0 er syd den primære hovedretning, idet sydfacaden skal trække mest muligt dagslys og varme ind i huset. Nedenstående tabel viser den årlige energibalace for et vindue placeret i facader mod de fire verdenshjørner:

Facade	Årlig energibalace, kWh/m ² år
Nord	- 48
Øst	+ 5
Syd	+ 87
Vest	+ 5

*Energibalance for et vindue på 1,0 × 2,0 m,
U vindue = 1,0 W/m²K, g-værdi = 0,5*

Bygningens placering på grunden kan spille en væsentlig rolle for energibalancen, idet de optimale forhold opnås ved sollysets uhindrede adgang til bygningens glasarealer. Det er primært skygger fra andre bygninger eller bevoksninger, der skal tages i betragtning. Endvidere kan terræforhold spille ind, fx ved placering på skrånende grund eller ved bygninger med kældre.

3.2. Indretning med hensyn til dagslys og solindfald

Vinduer orienteret mod de forskellige verdenshjørner har hver deres fordele og kvaliteter med hensyn til dagslys. Nordvendte vinduer giver lysindfald fra himmelrummet. Det er velegnet til funktioner, der fordrer en jævn lysintensitet og ensartet farvegengivelse. Østvendte vinduer bringer dagslyset langt ind i bygningen morgen og formiddag. Sydvendte vinduer bringer sollyset ind i boligen en stor del af dagen og giver dermed rig mulighed for passiv solvarme; man skal her være opmærksom på mulighed for overophedning samt på kontrast i lysets intensitet tæt ved vinduet og langt fra vinduet. Vestvendte vinduer bringer sollyset langt ind i bygningen eftermiddag og aften. For stor kontrast i lysintensiteten kan medvirke til øget energiforbrug til kunstlys for at kompensere for kontrasten.

Såfremt hovedparten af vinduerne samles på sydfacaden, stilles der nye krav til boligindretningen for at sikre, at alle opholdsrum får tilstrækkelig dagslysadgang. For boliger er der ikke fastsat konkrete krav i BR 08, men for arbejdsrum anføres som vejledning, at rudearealet ved sidelys skal udgøre minimum 10 % af gulvarealet ved en lystransmittans for ruden på mindst 0,75.

Lystransmittansen kan variere med rudefabrikatet. Som udgangspunkt kan det antages, at 2-lagsruder har en lystransmittans på ca. 0,79 og at 3-lagsruder har en lystransmittans på ca. 0,72.

3.3. Konstruktioner

Konstruktioner skal udformes, så de giver den fornødne varmeisolering og tæthed, således at der ikke opstår skadelig kondens i konstruktionen eller på den indvendige overflade.

I en velisoleret konstruktion vil kondens på den indvendige overflade normalt ikke være et problem.

Kondens i konstruktionen kan ikke helt undgås. Ved valg af uorganiske materialer som letbeton, beton eller tegl ses der sjældent skader som følge af kondens i konstruktionerne. Ved anvendelse af organiske materialer som træ og træplader i konstruktionerne skal man være opmærksom på tætheden af dampspærre for at forhindre fugtphobninger, der kan give anledning til skimmelsvamp og råd.

I alle typer af konstruktioner skal kuldebroer begrænses, dels fordi de øger risikoen for kondens, og dels fordi de medfører store varmetab. Her skal man især være opmærksom på alle former for metalbeslag, der gennem-bryder isoleringslaget, på fundamentsløsninger, detaljer ved vinduer samt ved murkamme.

Hvad er vigtigt ved lavenergibyggeri?

Tæthed i konstruktioner og samlinger skal ofres en del opmærksomhed ved projektering og arbejdsudførelse for at sikre den nødvendige ydeevne. Følgende detaljer kan give store utætheder:

- ventilationskanaler, der føres gennem dampspærre i lofter
- el-installationer i vægge og lofter med dampspærre
- el-installationer, der bores igennem bagmure
- fuger ved vinduer
- fuger mellem og under bagmure
- samlinger i dampspærre

Lavenergi huse er ofte ventileret og opvarmet ved hjælp af et ventilationsanlæg med varmegenvinding. Er utæthederne i huset for store, er det vanskeligt at styre luftfordelingen mellem de enkelte rum ligesom varmeenergi går tabt gennem utæthederne.

3.4. Vinduer og døre

Vinduernes funktion er primært at give adgang for dagslys til bygningens rum, give mulighed for ventilation og fungere som redningsåbning. Vinduerne kan bidrage positivt til bygningens varmebalance ved at lade solenergi komme ind i huset gennem ruderne. Det optimale udbytte af den passive solenergi opnås ved at placere hovedparten af vinduerne i bygningens sydfacade. Vinduernes negative påvirkning af energiregnskabet består i det varmetab, der sker gennem vinduerne.

I energiteknisk henseende har det optimale vindue følgende egenskaber:

- høj lystransmittans for ruden
- høj g-værdi (solvarmetransmittans) for glasset
- lav U-værdi for ruden
- lav U-værdi for karm og ramme
- begrænset areal af karm/ramme i forhold til glasareal
- lav ψ -værdi for afstandsprofilen mellem glassene i termoruden (varm kant)

	Solvarmetransmittans, g-værdi	Transmissionskoefficient, U-værdi ved fyldning med		
		Luft, W/m ² K	Argon, W/m ² K	Krypton, W/m ² K
2-lag energirude	0,57 - 0,61	1,4 - 1,9	1,1 - 1,6	1,1
3-lag energirude	0,50 - 0,56	0,9 - 1,3	0,7 - 1,0	0,5 - 0,8

Typiske værdier for solvarmetransmittans og transmissionskoefficient for energiruder

U-værdien for karm og ramme er afhængig af materialevalg og konstruktion. Ved valg af velisolerede karme/rammer og minimal andel af karm/ramme vil der

normalt kunne påregnes gennemsnitlige værdier som vist i nedenstående tabel.

	Glasandel	Uglas, W/m ² K	Uvindue, W/m ² K
2-lag energirude, argon	0,8	1,18	1,50
3-lag energirude, argon	0,8	0,74	0,95
3-lag energirude, krypton	0,8	0,52	0,80

Typiske gennemsnitlige resulterende U-værdier for vinduer og døre

Nøjagtige resulterende U-værdier for vinduer oplyses af vinduesproducenterne.

Vinduer med lav U-værdi sikrer en høj indvendig overfladetemperatur. Derfor undgås gener som følge af kuldestråling og termisk træk. Man kan derfor opholde sig tæt på vinduet uden at føle gener.

Vinduesarealet for en bygning kan som vejledende udgangspunkt vælges til 25 % af bruttoetagearealet. Op til 40 % af vinduesarealet placeres i sydfacaden.

3.5. Solafskærmning

Beregningsreglerne er indrettet således, at der ved en beregnet rumtemperatur over 26 °C indregnes energiforbrug til køling af bygningen, uanset om køling er installeret eller ej. Ved at placere en stor del af vinduesarealet i sydfacaden er der risiko for hyppig overtemperatur i sommerperioden. Det er derfor hensigtsmæssigt, at indarbejde en solafskærmning i bygningens sydfacade, der skygger for solindfaldet i sommerperioden, men lader solindfaldet passere i vinterperioden. Solafskærmningen kan være udformet som et fast udhæng eller som en styret afskærmning, fx markise, skodder, persienne og lign., der automatisk træder i funktion, når overtemperaturen indtræffer. Solafskærmningen får derved såvel en energiteknisk som en komfortmæssig effekt.

3.6. Opvarmning og ventilation

Valg af installationer til opvarmning og ventilation af bygningen er meget afhængig af den energiklasse, bygningen skal opføres i. Efterfølgende skema viser nogle typiske løsninger, der kan anvendes som udgangspunkt for projekteringen. Skemaet medtager ikke alle tænkelige løsninger, ligesom lokale forsyningsforhold, komfortbehov mv. kan pege på andre løsninger. Det bemærkes, at bygningsreglementet stiller krav om individuel temperaturregulering i boligens rum, og at visse løsninger som fx jordvarme eller el som hovedforsyning kan kræve dispensation fra bygningsmyndigheden.

Hvad er vigtigt ved lavenergibyggeri?

Opvarmning og ventilation

	BR 08	Klasse 2	Klasse 1	Klasse 0
Hovedforsyning	Fjernvarme, gas, olie	Fjernvarme, gas, olie	Fjernvarme, gas, olie Alternativ: El	El Alternativ: Fjernvarme, gas, olie
Varmeanlæg	Gulvvarme reguleret via gulvvarmeshunt Alternativ: Radiatoranlæg med udeklimastyret fremløb og termostatstyring	Gulvvarme reguleret via gulvvarmeshunt Alternativ: Radiatoranlæg med udeklimastyret fremløb og termostatstyring	Gulvvarme reguleret via gulvvarmeshunt Alternativ: Radiatoranlæg med udeklimastyret fremløb og termostatstyring Alternativ: Ventilationsanlæg med varmegenvinding og eventuelt varmepumpe suppleret med radiatorer og/eller gulvvarme	Ventilationsanlæg med varmegenvinding og varmepumpe eventuelt suppleret med radiatorer og/eller gulvvarme
Varmt brugsvand	Varmtvandsbeholder forsynet fra hovedforsyningen	Varmtvandsbeholder forsynet fra hovedforsyningen	Varmtvandsbeholder forsynet fra hovedforsyningen Alternativ: Varmtvandsbeholder forsynet fra ventilationsanlæggets varmepumpe og/eller solvarmeanlæg	Varmtvandsbeholder forsynet fra ventilationsanlæggets varmepumpe Alternativ: Solvarmeanlæg
Ventilation	Naturlig / mekanisk ventilation gennem friskluftsventiler og aftrækskanaler Alternativt: Ventilationsanlæg med modstrømsvarmeveksler Emhætte med egen motor og afkast til det fri over tag I sommerhalvåret etableres et højt luftskifte via oplukkelige vinduer til fjernelse af overskudsvarmen	Ventilationsanlæg med modstrømsvarmeveksler. Udsugning fra fugtige rum og indblæsning i beboelsesrum Emhætte med egen motor og afkast til det fri over tag I sommerhalvåret etableres et højt luftskifte via oplukkelige vinduer til fjernelse af overskudsvarmen	Ventilationsanlæg med varmegenvinding og varmepumpe. Udsugning fra fugtige rum og indblæsning i beboelsesrum Emhætte med egen motor og afkast til det fri over tag I sommerhalvåret etableres et højt luftskifte via oplukkelige vinduer til fjernelse af overskudsvarmen	Ventilationsanlæg med varmegenvinding og varmepumpe. Udsugning fra fugtige rum og indblæsning i beboelsesrum Emhætte med egen motor og afkast til det fri over tag. Erstatningsluft tilføres via kanal til det fri med oplukkeligt spjæld, der åbner, når emhætten er i brug I sommerhalvåret etableres et højt luftskifte via oplukkelige vinduer til fjernelse af overskudsvarmen



Hvad er vigtigt ved lavenergibyggeri?

3.7. Solvarmeanlæg

Solvarmeanlæg findes i mange varianter, der kan kombineres med de løsninger på opvarmning og ventilation, der er nævnt i afsnit 3.6.

Principielt består anlæggene af en solfanger, der placeres på tag eller facade af bygninger. Solvarmen opsamles i et væskefyldt rørsystem, der leder den opvarmede væske til en varmeveksler, som opvarmer brugsvand eller vand til radiatorer og gulvvarme.

Anlægget suppleres ofte med en akkumuleringstank med stort rumindhold, således at der på solrige dage kan opsamles en større mængde varmt vand, som anvendes, når tilførslen af solvarme er mindre.

Optimal udnyttelse af solfangeren fås ved orientering mod syd ± 45 grader. Den optimale hældning er 15-60 grader med vandret.

Solvarmeanlæg til opvarmning af varmt brugsvand kan dække næsten 100 % af varmebehovet i 5 måneder hen over sommeren, men også i vintermånederne kan solfangeranlægget yde et tilskud til energiforbruget.

Anvendelse af solfangere bør planlægges tidligt i projekteringen, således at der kan findes optimale energimæssige og arkitektonisk acceptable løsninger på placering af solfangeren.

3.8. Solcelleanlæg

Solcelleanlæg producerer el og vil ofte kunne indgå i kombination med løsninger for opvarmning og ventilation, der er nævnt i afsnit 3.6.

Principielt består anlægget af et solpanel med indbyggede solceller, der omsætter lys til fotoelektrisk effekt. Solcelleanlægget tilsluttes via en omformer til bygningens sædvanlige elsystem; endvidere kan solcelleanlægget tilsluttes det offentlige elforsyningsnet og således levere strøm til andre forbrugere. En anden anvendelsesmulighed er at koble solcelleanlægget med en akkumuleringstank, der opvarmer brugsvand eller forsyner et gulvvarmeanlæg.

En kvadratmeter solceller svarer ca. til 100 watt og kan med en god placering – dvs. mod syd med 45 graders hældning og ingen skygge – producere ca. 100 kilowatt timer (kWh) på et år. Hvis solcellerne skal dække et almindeligt familieforbrug af el på f. eks. 3.000 kWh, skal der derfor 30 kvadratmeter til.

Anvendelse af solcelleanlæg bør planlægges tidligt i projekteringen, således at der kan findes optimale energimæssige og arkitektonisk acceptable løsninger på placering af solcellepanelet.



4. Fordele ved tungt byggeri

Byggeri med vægge og dæk i letbeton giver en række fordele, som man går glip af, hvis man vælger lettere materialer som trækonstruktion, gips/stål eller porebeton. De væsentligste byggetekniske fordele er:

- varmeakkumulering
- CO₂ besparelse i livscyklus
- tæthed og holdbarhed
- lydforhold

4.1. Varmeakkumulering

Et materiales varmekapacitet udtrykker dets evne til at optage og afgive varme ved skiftende temperaturer. Tunge materialer som vægge og dæk af letbeton har stor varmekapacitet, hvorimod lette materialer som træ har lille varmekapacitet. Dette kan udnyttes i en bygning, idet temperaturen i bygningen normalt svinger hen over døgnet, hvorved der optages varme, når temperaturen er høj og afgives varme ved lavere temperaturer.

Det er især de indvendige konstruktioner i vægge, loft og gulv, der har betydning for bygningens varmekapacitet. SBI-anvisning 213 angiver typiske værdier for bygninger med forskellige konstruktioner:

Beskrivelse	Indvendige konstruktioner	Varmekapacitet, Wh/Km ²
Ekstra let	Lette vægge, gulve og lofter, fx skelet med plader eller brædder, helt uden tunge dele.	40
Middel let	Enkelte tunge dele, fx betondæk med trægulv eller porebetonvægge.	80
Middel tung	Flere tunge dele, fx betondæk med klinker og tegl- eller klinkerbetonvægge.	120
Ekstra tung	Tunge vægge, gulve og lofter i beton, tegl og klinker.	160

Bygningers varmekapacitet. Kilde: SBI-anvisning 213, tabel 8

Bygninger med vægge af letbeton kan normalt henregnes til kategorien "Middel tung" og beregnes for en varmekapacitet på 120 Wh/km².

For parcelhuset, der er anvendt som model i dette projekt, giver konstruktionsvalg mellem ekstra let konstruktion og middel tung konstruktion følgende forskelle i det beregnede energibehov, idet det er forudsat, at alle andre forhold er ens:

	BR 08	Klasse 2	Klasse 1	Klasse 0
Ekstra let	82,4	61,0	42,9	22,0
Middel tung	78,0	57,3	40,1	20,0
Forskel	+ 9 %	+ 7 %	+ 7 %	+ 10 %

Beregnet energibehov for forskellige konstruktionstyper, kW/m²år

Forskellene i energiforbrug betyder, at der med ekstra let konstruktion skal isoleres kraftigere eller anvendes andre installationsløsninger for at opfylde kravene i de enkelte energiklasser.

4.2. CO₂ besparelse i livscyklus

Varmeakkumuleringens indflydelse på klimapåvirkningerne i bygningens livscyklus er undersøgt af Teknologisk Institut i 2007.

Undersøgelsen er foretaget på to forskellige versioner af en typisk etplans familiebolig. Den ene version er projekteret med bagmure og skillevægge i helvægselementer af letbeton. Den anden er projekteret med indvendige vægge af træ og gips. Alle øvrige bygningsdele, konstruktioner og materialer forudsættes identiske for de to sammenlignede boliger.

Husenes CO₂-udledning og energibehov er undersøgt i fem livscyklusfaser, hvor fase et til tre omfatter udledninger associeret med råstofudvinding, oparbejdning af byggematerialer, produktion af byggematerialer og opførelse af byggeriet. I fjerde fase ses på energiforbruget til opvarmning, ventilation og afkøling i byggeriets anslåede 70-årige driftsperiode. I den femte og sidste fase analyseres energiforbrug til nedrivning, knusning, sortering, deponering og bortkørsel, ligesom karbonatisering af nedknust letbeton inddrages.

Konklusionen på undersøgelsen er entydig: Huset af letbeton giver større CO₂ udledning i fremstillingsfasen end huset med den lette konstruktion, men som følge af varmeakkumuleringen er dette merforbrug sparet hjem i løbet af 5 – 20 år. I bygningens resterende levetid er CO₂ udledningen fra letbetonhuset mindre end fra det tilsvarende hus i let konstruktion. Det betyder, at huset i letbeton set over hele livscyklusen medfører mindre CO₂ udledning end et tilsvarende hus i let konstruktion.

Fordele ved tungt byggeri

4.3. Tæthed og holdbarhed

De nye krav om tæthed af bygninger stiller krav til omhyggelig arbejdsudførelse ved samlinger mellem bygningsdele og ved dampspærre. Når der bygges med elementer af letbeton, undgås mange særlige tætningsopgaver, som er nødvendige ved byggeri i let konstruktion. Dette skyldes, at elementerne leveres i store flader, der i sig selv har den fornødne tæthed. Der er således ingen dampspærre, der skal klæbes eller tapes, og der er ingen risiko for beskadigelser af dampspærren i byggefasen eller i den senere brugsfase, fx ved iboring af dybder til ophængning.

Samlingerne mellem elementer af letbeton fuges under montagen med mørtel og elementlim, der giver den fornødne tæthed. Ved døre og vinduer fuges med elastisk fugemasse.

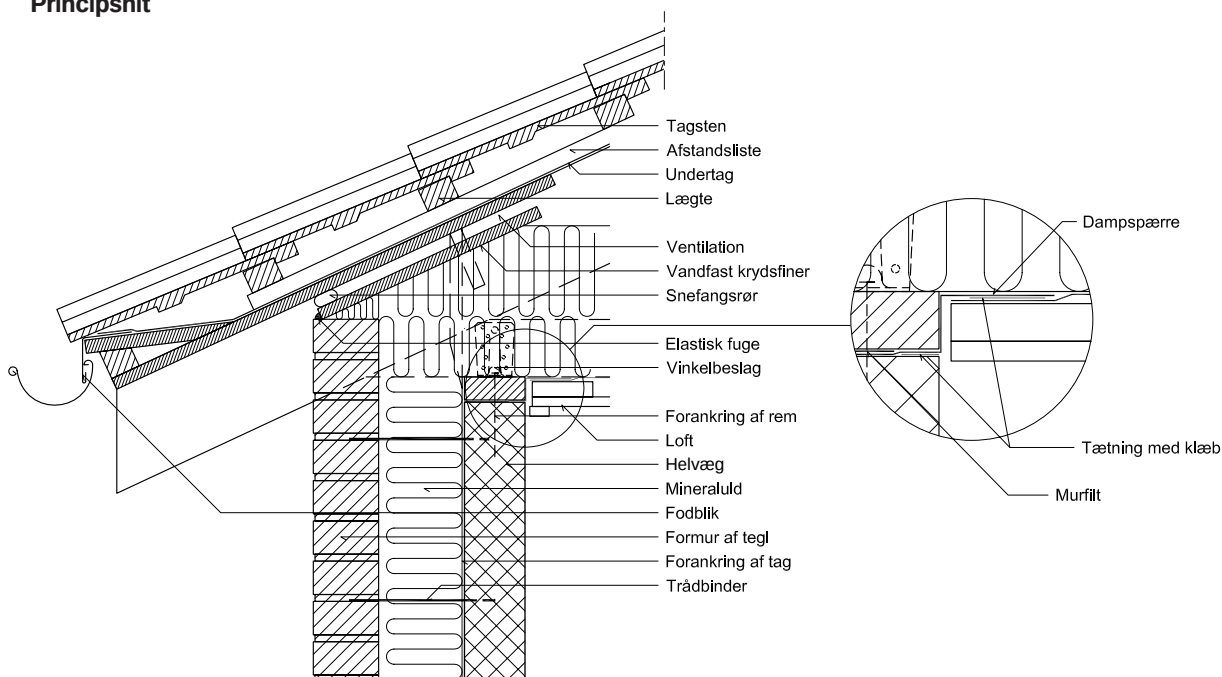
4.4. Lydforhold

Kravene i BR 08 til lydforhold i bygninger tager sigte på at undgå gener med nabostøj. Ved anvendelse af velafprøvede løsninger med elementer af letbeton indfris reglementets krav i såvel rækkehusbyggeri som i etagebyggeri.

Lydforholdene internt i den enkelte bolig er ikke reguleret af BR 08, men her giver anvendelsen af elementer af letbeton en række fordele. Der kan fx leveres dæk-elementer med en særlig akustikoverflade, der har særdeles gavnlige effekt på reduktion af efterklangstiden i rummene. Endvidere giver skillevægge af letbeton en væsentlig reduktion af lydspredningen mellem de enkelte rum i boligen.

Mere information om lydforhold kan fås i BIH's hæfte 3 "Lydisolering" eller hos producenterne.

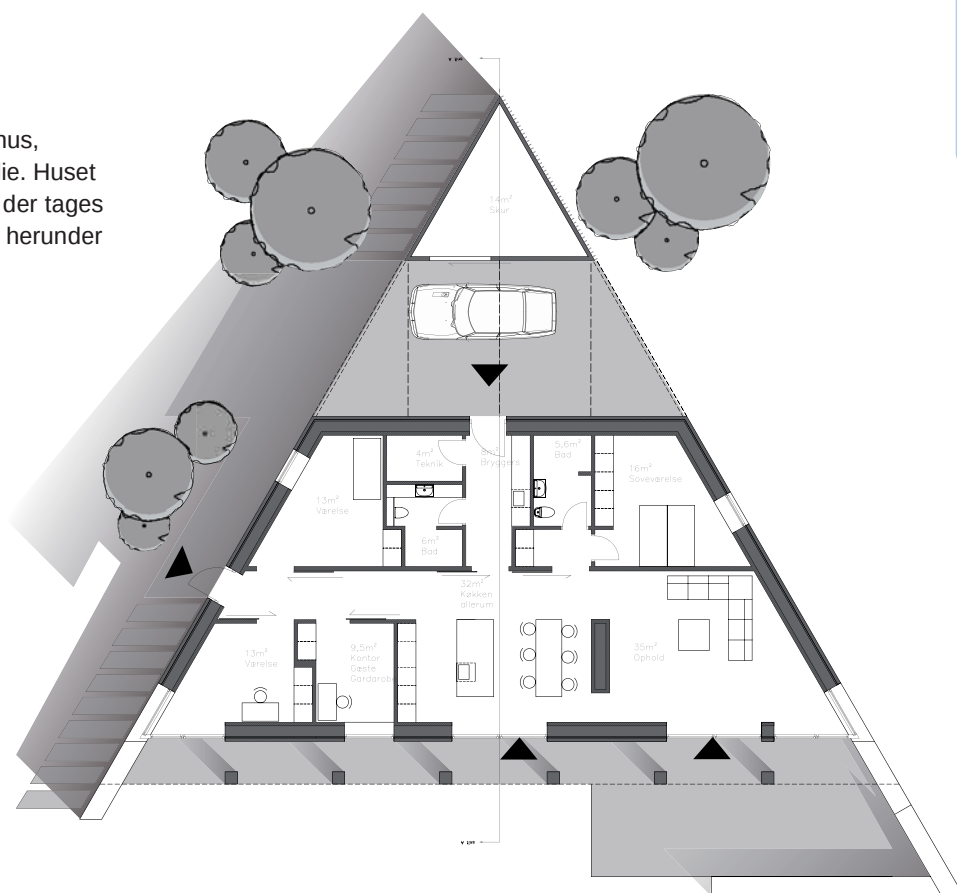
Tagudhæng / ydervæg
Principsnit



5. Parcelhuset

Det ene af modelhusene er et parcelhus, beregnet som bolig for en børnefamilie. Huset er orienteret og udformet således, at der tages hensyn til de energimæssige forhold, herunder stor udnyttelse af solenergi.

Facader og snit - se side 14 - 15.



5.1. Bygningsbeskrivelse

Arkitekt Mette Nymann, Arkitektfirmaet C. F. Møller, beskriver huset således:

Parcelhuset er i ét plan på 195 m² plus carport og skur. Husets design tager udgangspunkt i den enkle nordiske modernisme i sit udtryk. Med sin trekantede form skabes en dynamik, der yderligere styrkes med det store tag med ensidig hældning, der ender i bygningsformens nordlige spids. Taget holder således også sammen på samtlige elementer, der er i spil: Bolig, carport og skur. Huset indeholder også mange klassiske elementer, bl. a. søjlerækken der bærer husets store udhæng i sydfacaden.

Alle lysindtag i huset er i form af døre, så der er mulighed for at gå direkte ud til det fri fra alle rum. Alle opholdsrum, der ligger mod syd, er designet som et åbent rumligt forløb, hvorimod rummene mod nord er sekundære rum. Værelser ligger mod vest og øst. I kraft af husets ensidige taghældning, stigende fra nord mod syd, tilføjes det åbne rumforløb en ekstra rumhøjde, der giver et let og luftigt indtryk.

Huset fremstår lyst og venligt i sin hvide beton på væggene og med træ på både lofter og gulve, der er med til at give et varmt islæt til rummene. Huset har hovedsageligt indvendige skydedøre, der giver et ekstra dynamisk spil til det store fælles opholdsrum forløb. Huset har en integreret solgård på sydfacaden; de hvide mure er med til at minimere indkig til husets opholdsrum og give læ ved ophold udendørs.

5.2. Materialevalg

I husets basiskonstruktioner er anvendt kendte materialer:

Fundamenter:	Betonfundamenter afsluttet med Leca blokke
Ydervægge:	Bærende bagvæg i letbeton Mineraluld Formur i hvide betonelementer
Skillevægge:	Bærende og ikke-bærende vægge i letbeton
Tag:	Asfaltpap Trykfast mineraluld Tagelementer af letbeton med akustikoverflade samt 40 × 40 mm lister
Terrændæk:	Parket / klinker Beton Trykfast polystyren

Detaljeret konstruktionsbeskrivelse fremgår af resultatskemaet i afsnit 5.4. Detaljer fremgår af afsnit 5.5.

5.3. Installationsbeskrivelse

Afdelingsleder Flemming Hoff Jakobsen, HUNDSBÆK & HENRIKSEN A/S beskriver installationerne:

Parcelhuset er beregnet i fire energiklasser. Beregningerne er foretaget med Be06-programmet fra SBI. Igennem de fire klasser skærpes kravene til energiforbruget, og der er foretaget en række valg for at opnå det ønskede resultat.

Der findes naturligvis en lang række muligheder såsom mere eller mindre tekniske/isoleringsmæssige valg for at nå det ønskede mål, og derfor er de beskrevne løsninger alene forslag til en løsningsmodel. Det har været ønsket at forsøge at anvende traditionelle og anerkendte produkter og byggemetoder.

Konklusion

I dag er det muligt med de produkter, der findes på markedet, at udføre parcelhuse og etagebyggeri, som energiteknisk opfylder kravene til lavenergibyggeri, uden at gå på kompromis med komfort og arkitektur. Dette kræver et tæt samarbejde mellem de projekterende, og der er vigtige parametre at overholde såsom bygningens placering, orientering, bygningens tæthed og indretning. Med de produkter, der findes på markedet, og med den udvikling der pt. foregår, er meromkostningen minimal.

De valgte løsninger er kortfattet beskrevet i nedenstående beskrivelse og det efterfølgende resultatskema.

Forsyningsforhold

I projektet er det som udgangspunkt forudsat, at huset er placeret i et område med fjernvarmeforsyning. Huset er i den nuværende BR 08-klasse samt klasse 2 forsynet via direkte fjernvarme. For lavenergibyggeri (klasse 0,1 og 2) vil man dog kunne fritages for tilslutningspligten til fjernvarme/naturgas, og dette er der derfor regnet med i klasse 1 og klasse 0.

Klasse BR 08

Dette hus er tænkt som et ganske almindeligt byggeri uden særlige tiltag inden for vedvarende energi. Isoleringstykkelser er valgt, idet der er taget udgangspunkt i bygningsreglementets forslag til U-værdier for tilbygninger. Huset er naturligt ventileret og opvarmet via et traditionelt gulvvarmeanlæg. Varmt brugsvand opvarmes via fjernvarmeforsyningen, og der er arbejdet med helt traditionelle løsninger uden supplerende varme fra andre kilder.

Klasse 2

I denne klasse er kravene til klimaskærmen og vinduerne øget let, og U-værdierne er dermed reduceret, hvilket medfører et lavere varmetab fra huset. Yderligere er der valgt at anvende et ventilationsanlæg med varmegenvinding med en god virkningsgrad og lavt energiforbrug til lufttransport. Luften indblæses i opholdsrum og udsuges fra boligens vådrum.

Huset opfylder kravene til lavenergiklasse 2. Derfor vil det være muligt at opnå fritagelse for tilslutningspligten til fjernvarme, men dette er fravalgt i beregningen. Huset har behov for supplerende opvarmning, og derfor er fjernvarmen fastholdt. I modsat fald ville det være nødvendigt at tilføre energi til opvarmning enten via el-varme (kræver dispensation) eller via alternativ opvarmning f.eks. via solvarme eller varmepumpe. Brugsvand regnes opvarmet via fjernvarme.

Klasse 1

I denne klasse er kravene til klimaskærmen og vinduerne igen øget. Da huset er uden kollektiv varmeforsyning, er det nødvendigt med supplerende energiforsyning (opvarmning). Dette kan f.eks. udføres via varmepumpe, solvarme eller solcelleanlæg. I eksemplet er der indregnet en varmepumpe. Huset er nu så velisoleret, at varmetabet er reduceret væsentligt i forhold til klasse BR 08.

Opvarmningen sker via et kompakt aggregat med en varmepumpe, der tillige via energiindholdet i afkastluften kan opvarme det varme brugsvand. Ventilationsanlægget udføres som i klasse 2 med en god varmegenvinding og lavt energiforbrug til lufttransport. I kompakt aggregatet er der også mulighed for tilslutning af en lille jordvarmepumpe, der vil kunne producere varme til et vandbårent varmeanlæg. Ofte vil det være ønskeligt med gulvvarme i enkelte rum af komfortensyn.

Som rumopvarmning er der dog af beregningstekniske årsager regnet med el-radiatorer/håndklædetørre, idet Be06 ikke kan håndtere mere end 1 varmepumpe, men et vandbåret anlæg ville i eksemplet være at foretrække.

Klasse 0

I klasse 0 kræves en meget tæt og velisoleret bygning. Det er vigtigt, at eliminere kuldebroer og i øvrigt sikre, at huset opføres med et skærpet krav til lufttæthed. Vinduerne har nu også meget lave U-værdier, højisolerede ruder, isolerende karme/rammer og varme kanter. Hermed minimeres husets varmetab, og specielt varmetabet ved infiltration nedsættes.

Luftskiftet i huset skal stadig opfylde bygningsreglementets krav om 0,5 gange i timen, men pga. lufttætheden vil stort set al udskiftning af luften foregå via kompakt aggregatet. Også her kan det være ønskeligt med gulvvarme i enkelte rum af komfortensyn, dog skal man bemærke, at huset har svært ved at komme af med en evt. overskudsvarme.

Der er valgt et solcelleanlæg, men det kunne også være et solvarmeanlæg eller en kombination af disse. Anlægget er tænkt placeret mod syd og tjener samtidig som solafskærmning for de store glaspartier. Af arkitektoniske årsager har vi i projektet valgt at indregne et solcelleanlæg, hvor panelerne kan vippe afhængig af solindfaldet. En kombination af et solvarmeanlæg og et solcelleanlæg vil også være en mulighed, men vil kræve indarbejdelse af føringsveje for rørene til solfangeren. Desuden vil en "dobbeltløsning" være dyrere i installation og kræve større servicering efterfølgende.

Et byggeri i klasse 0 betyder flere tekniske anlæg og stiller større krav til brugeren omkring teknisk indsigt/forståelse. Klasse 0 ligger tæt på den tyske passivhusstandard og vil med få modifikationer samt en dokumentation i PHPP-beregningsprogrammet kunne certificeres som et passivhus. Dog er det vigtigt at bemærke, at en løsning med solceller ikke "tæller" i det tyske beregningsprogram.

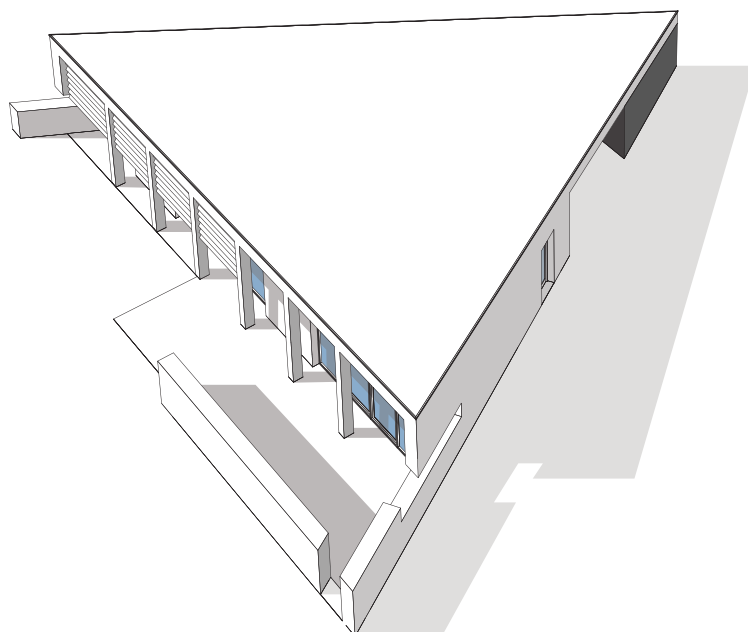
5.4. Resultatskema

De energitekniske beregninger for huset er udført ved hjælp af programmet Be06. Ved beregningerne er anvendt de konstruktionsdata, der fremgår af resultatskemaet. De valgte installationsløsninger fremgår ligeledes af resultatskemaet.

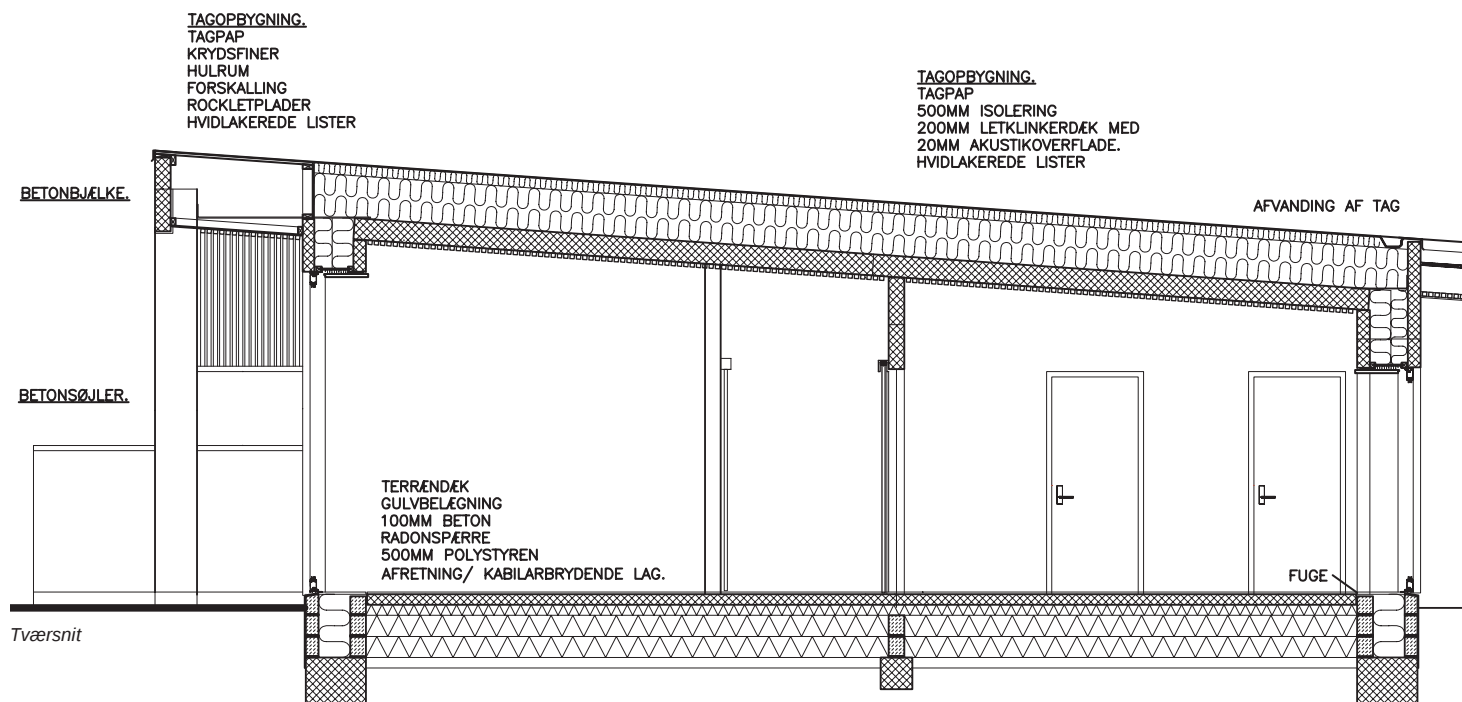
Hoveddata for energiramme og energiberegninger:

	BR 08	Klasse 2	Klasse 1	Klasse 0
Energiramme	81,3	58,2	40,6	20,3
Energiberegning	78,0	57,3	40,1	20,0
Krav opfyldt	Ja	Ja	Ja	Ja

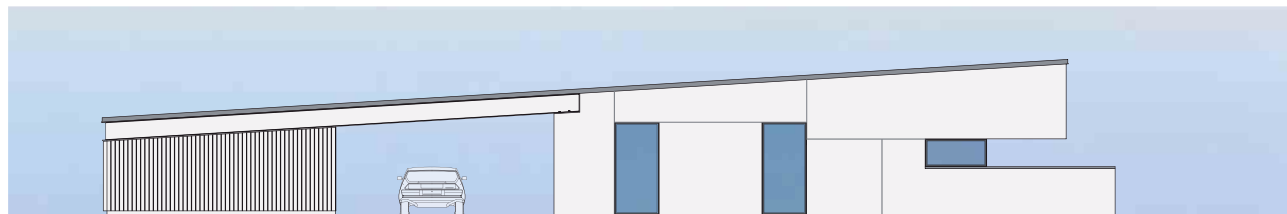
Parcelhuset: Energiramme og energiberegning i kW/m²år



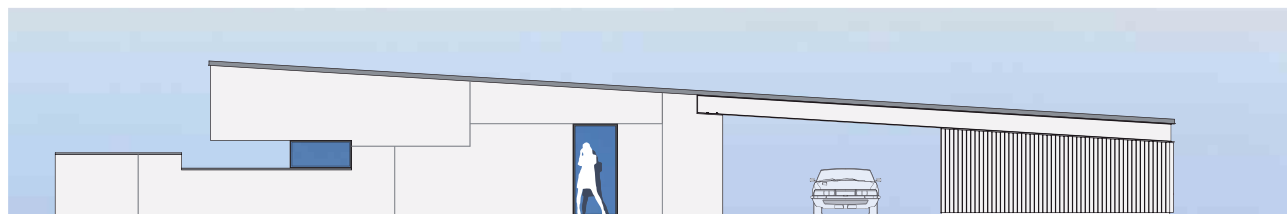
Parcelhuset



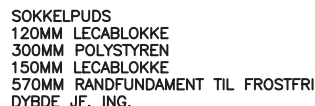
Facade mod syd



Facade mod vest



Facade mod øst



Energiberegninger

	BR 08	Lavenergi 2	Lavenergi 1	Lavenergi 0
Energiramme	70 kWh/m ² + 2200/A = 81,3 kWh/m ² år	50 kWh/m ² + 1600/A = 58,2 kWh/m ² år	35 kWh/m ² + 1100/A = 40,6 kWh/m ² år	0,25 x (70 kWh/m ² + 2200/A) = 20,3 kWh/m ² år
Energiberegninger	Samlet energibehov: 78,1 kWh/m²år Energiforbrug til rumopvarmning: 60,0 kWh/m²år Energiforbrug til overtemperatur: 0,0 kWh/m²år Dimensionerende transmissionstab excl vinduer og døre: 5,0 W/m²	Samlet energibehov: 57,3 kWh/m²år Energiforbrug til rumopvarmning: 33,1 kWh/m²år Energiforbrug til overtemperatur: 0,0 kWh/m²år Dimensionerende transmissionstab excl vinduer og døre: 3,8 W/m²	Samlet energibehov: 40,1 kWh/m²år Energiforbrug til rumopvarmning: 22,7 kWh/m²år Energiforbrug til overtemperatur: 0,0 kWh/m²år Dimensionerende transmissionstab excl vinduer og døre: 3,1 W/m²	Samlet energibehov: 20,0 kWh/m²år Energiforbrug til rumopvarmning: 10,2 kWh/m²år Energiforbrug til overtemperatur: 0,0 kWh/m²år Dimensionerende transmissionstab excl vinduer og døre: 2,5 W/m²

Konstruktioner

	BR 08	Lavenergi 2	Lavenergi 1	Lavenergi 0
Fundament for ydervæg	2 skifter Leca blokke i højden Beton til frostfri dybde $\psi = 0,21 \text{ W/mK}$	2 skifter Leca blokke i højden: 120 mm Leca blokke yderst 200 mm Isolering 150 mm Leca blokke inderst Beton til frostfri dybde $\psi = 0,11 \text{ W/mK}$	3 skifter Leca blokke i højden: 120 mm Leca blokke yderst 250 mm Isolering 150 mm Leca blokke inderst Beton til frostfri dybde $\psi = 0,09 \text{ W/mK}$	3 skifter Leca blokke i højden: 120 mm Leca blokke yderst 300 mm Isolering 150 mm Leca blokke inderst Beton til frostfri dybde $\psi = 0,08 \text{ W/mK}$
Fundament for bærende skillevæg	2 skifter 150 mm Leca blokke, $\lambda = 0,28$ Renselag i beton U-værdi er indregnet i ter-rændækkets U-værdi $\psi = 0,0 \text{ W/mK}$	2 skifter 150 mm Leca blokke, $\lambda = 0,28$ Renselag i beton U-værdi er indregnet i ter-rændækkets U-værdi $\psi = 0,0 \text{ W/mK}$	3 skifter 150 mm Leca blokke, $\lambda = 0,28$ Renselag i beton U-værdi er indregnet i ter-rændækkets U-værdi $\psi = 0,0 \text{ W/mK}$	3 skifter 150 mm Leca blokke, $\lambda = 0,28$ Renselag i beton U-værdi er indregnet i ter-rændækkets U-værdi $\psi = 0,0 \text{ W/mK}$
Fundament for ikke bærende skillevæg	Ingen fundament	Ingen fundament	Ingen fundament	Ingen fundament

Fortsætter næste side ...

Konstruktioner

	BR 08	Lavenergi 2	Lavenergi 1	Lavenergi 0
Terrændæk	Parket / klinker 100 mm beton 300 mm polystyren S 150, $\lambda = 0,036$ 100 mm grusafretning $U = 0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$ Fundament for bærende skillevæg er indregnet i U-værdien	Parket / klinker 100 mm beton 400 mm polystyren S 150, $\lambda = 0,036$ 100 mm grusafretning $U = 0,08 \text{ W/m}^2\text{K}$ Fundament for bærende skillevæg er indregnet i U-værdien	Parket / klinker 100 mm beton 400 mm polystyren S 150, $\lambda = 0,036$ 100 mm grusafretning $U = 0,08 \text{ W/m}^2\text{K}$ Fundament for bærende skillevæg er indregnet i U-værdien	Parket / klinker 100 mm beton 500 mm polystyren S 150, $\lambda = 0,036$ 100 mm grusafretning $U = 0,06 \text{ W/m}^2\text{K}$ Fundament for bærende skillevæg er indregnet i U-værdien
Ydervæg	440 mm bredde: 100 mm formur i beton 30 mm ventilation 190 mm mineraluld, $\lambda = 0,034$ 120 mm LAC-væg, $\lambda = 0,880$ $U = 0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$	500 mm bredde: 100 mm formur i beton 30 mm ventilation 250 mm mineraluld, $\lambda = 0,034$ 120 mm LAC-væg, $\lambda = 0,880$ $U = 0,14 \text{ W/m}^2\text{K}$	550 mm bredde: 100 mm formur i beton 30 mm ventilation 300 mm mineraluld, $\lambda = 0,034$ 120 mm LAC-væg, $\lambda = 0,880$ $U = 0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$	600 mm bredde: 100 mm formur i beton 30 mm ventilation 350 mm mineraluld, $\lambda = 0,034$ 120 mm LAC-væg, $\lambda = 0,880$ $U = 0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$
Bærende skillevæg	150 mm LAC-væg	150 mm LAC-væg	150 mm LAC-væg	150 mm LAC-væg
Ikke bærende skillevæg	100 mm LAC-væg	100 mm LAC-væg	100 mm LAC-væg	100 mm LAC-væg
Tag	2 lag asfaltpap 290 mm trykfast mineraluld, $\lambda = 0,037$ 180 mm Lyddæk 1750 med akustikoverflade, $\lambda = 0,770$ $U = 0,13 \text{ W/m}^2\text{K}$	2 lag asfaltpap 350 mm trykfast mineraluld, $\lambda = 0,037$ 180 mm Lyddæk 1750 med akustikoverflade, $\lambda = 0,770$ $U = 0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$	2 lag asfaltpap 440 mm trykfast mineraluld, $\lambda = 0,037$ 180 mm Lyddæk 1750 med akustikoverflade, $\lambda = 0,770$ $U = 0,08 \text{ W/m}^2\text{K}$	2 lag asfaltpap 495 mm trykfast mineraluld, $\lambda = 0,037$ 180 mm Lyddæk 1750 med akustikoverflade, $\lambda = 0,770$ $U = 0,07 \text{ W/m}^2\text{K}$
Vinduer og udv. døre	48 m ² vinduesareal svarende til 25 % af bruttoeta-gearealet 2 lags energiruder med argon $U_{\text{glas}} = 1,18 \text{ W/m}^2\text{K}$ $g\text{-værdi} = 0,5$ $U_{\text{vindue}} = 1,50 \text{ W/m}^2\text{K}$ (gennemsnit) $\psi = 0,02 \text{ W/mK}$ (indbygning)	48 m ² vinduesareal svarende til 25 % af bruttoeta-gearealet 3 lags energiruder med argon $U_{\text{glas}} = 0,74 \text{ W/m}^2\text{K}$ $g\text{-værdi} = 0,5$ $U_{\text{vindue}} = 1,20 \text{ W/m}^2\text{K}$ (gennemsnit) $\psi = 0,02 \text{ W/mK}$ (indbygning)	48 m ² vinduesareal svarende til 25 % af bruttoeta-gearealet 3 lags energiruder med argon $U_{\text{glas}} = 0,74 \text{ W/m}^2\text{K}$ $g\text{-værdi} = 0,5$ $U_{\text{vindue}} = 1,00 \text{ W/m}^2\text{K}$ (gennemsnit) $\psi = 0,02 \text{ W/mK}$ (indbygning)	48 m ² vinduesareal svarende til 25 % af bruttoeta-gearealet 3 lags energiruder med krypton $U_{\text{glas}} = 0,51 \text{ W/m}^2\text{K}$ $g\text{-værdi} = 0,5$ $U_{\text{vindue}} = 0,80 \text{ W/m}^2\text{K}$ (gennemsnit) $\psi = 0,02 \text{ W/mK}$ (indbygning)
Solafskærmning	Fast solafskærmning i tre søjlemellemrum i sydfacade	Fast solafskærmning i tre søjlemellemrum i sydfacade	Fast solafskærmning i tre søjlemellemrum i sydfacade	Fast solafskærmning i tre søjlemellemrum i sydfacade
Ovenlysvinduer	5 m ² ovenlys $U = 1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ $\psi = 0,1 \text{ W/mK}$	5 m ² ovenlys $U = 1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ $\psi = 0,1 \text{ W/mK}$	Ingen	Ingen

Installationer

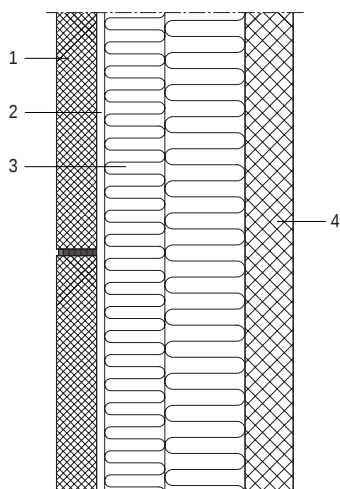
	BR 08	Lavenergi 2	Lavenergi 1	Lavenergi 0
Hovedforsyning	Direkte fjernvarme	Direkte fjernvarme	EI	EI
Varmeanlæg	Hele huset opvarmes via gulvvarme reguleret via gulvvarmeshunt. Alle varmerør inden for den opvarmede zone. Eventuelle håndklædetørrere udlægges for lav fremløbstemperatur.	Hele huset opvarmes via gulvvarme reguleret via gulvvarmeshunt. Alle varmerør inden for den opvarmede zone. Eventuelle håndklædetørrere udlægges for lav fremløbstemperatur.	Huset opvarmes primært via ventilationsluften gennem kompakttaggregat med varmegenvinding og varmepumpe. Individuel temperaturregulering via variabel indblæsningsluftmængde. Desuden suppleres med el-radiatorer og -gulvvarme i bl.a. badeværelser af hensyn til komforten.	Huset opvarmes primært via ventilationsluften gennem kompakttaggregat med varmegenvinding og varmepumpe. Individuel temperaturregulering via variabel indblæsningsluftmængde. Desuden suppleres med el-radiatorer og -gulvvarme i bl.a. badeværelser af hensyn til komforten.

Fortsætter næste side ...

Installationer

	BR 08	Lavenergi 2	Lavenergi 1	Lavenergi 0
Brugsvand	Hovedvandstik med hovedmåler placeres i teknikrum. Her placeres også en 110 l varmtvandsbeholder for fjernvarme samt fordelerrør for koldt og varmt brugsvand. Koblingsledninger udføres i PEX RIR og føres i gulve fra fordelerrør frem til koblingsdåse i væg. Alle ledninger placeres inden for den opvarmede zone. Der udføres ikke cirkulation på varmt brugsvand.	Hovedvandstik med hovedmåler placeres i teknikrum. Her placeres også en 110 l varmtvandsbeholder for fjernvarme samt fordelerrør for koldt og varmt brugsvand. Koblingsledninger udføres i PEX RIR og føres i gulve fra fordelerrør frem til koblingsdåse i væg. Alle ledninger placeres inden for den opvarmede zone. Der udføres ikke cirkulation på varmt brugsvand.	Hovedvandstik med hovedmåler placeres i teknikrum. Her placeres også kompakt-aggregat indeholdende en 180 l varmtvandsbeholder samt fordelerrør for koldt og varmt brugsvand. Opvarmning af brugsvand via varmepumpe. Koblingsledninger udføres i PEX RIR og føres i gulve fra fordelerrør frem til koblingsdåse i væg. Alle ledninger placeres inden for den opvarmede zone. Der udføres ikke cirkulation på varmt brugsvand.	Hovedvandstik med hovedmåler placeres i teknikrum. Her placeres også kompakt-aggregat indeholdende en 180 l varmtvandsbeholder samt fordelerrør for koldt og varmt brugsvand. Opvarmning af brugsvand via varmepumpe. Koblingsledninger udføres i PEX RIR og føres i gulve fra fordelerrør frem til koblingsdåse i væg. Alle ledninger placeres inden for den opvarmede zone. Der udføres ikke cirkulation på varmt brugsvand.
Ventilation	Huset ventileres naturligt med et luftskifte svarende til bygningsreglementets krav. Der monteres friskluftsventiler og aftrækskanaler. I køkken placeres emhætte med egen motor og afkast til det fri over tag. I sommerhalvåret etableres et højt luftskifte via oplukkelige vinduer til fjernelse af overskudsvarmen.	Huset ventileres mekanisk via et ventilationsanlæg med varmegenvinding. Luftmængde i henhold til bygningsreglementets krav med udsugning fra fugtige rum og indblæsning i beboelsesrum. Luftfordelingssystemet udføres i et slangesystem som består af Ø75 mm plastslanger samt nogle armaturbokse. Der foretages indblæsning ved gulv (evt, i sokkel i skabe) og udsugningsbokse monteres i væg ved loft. Alle slanger og armaturer er holdt inden for klimaskærmen. Der er ikke direkte forbindelse mellem de enkelte opholdsrum, så man undgår derved alle former for "telefoni" mellem de enkelte rum. I køkken placeres emhætte med egen motor og afkast til det fri over tag. I sommerhalvåret etableres et højt luftskifte via oplukkelige vinduer til fjernelse af overskudsvarmen.	Huset ventileres mekanisk via et kompakt-aggregat med varmegenvinder og varmepumpe. Luftmængde i henhold til bygningsreglementets krav med udsugning fra fugtige rum og indblæsning i beboelsesrum. Luftfordelingssystemet udføres i et slangesystem som består af Ø75 mm plastslanger samt nogle armaturbokse. Der foretages indblæsning ved gulv (evt, i sokkel i skabe) og udsugningsbokse monteres i væg ved loft. Alle slanger og armaturer er holdt inden for klimaskærmen. Der er ikke direkte forbindelse mellem de enkelte opholdsrum, så man undgår derved alle former for "telefoni" mellem de enkelte rum. I køkken placeres emhætte med egen motor og afkast til det fri over tag. I sommerhalvåret etableres et højt luftskifte via oplukkelige vinduer til fjernelse af overskudsvarmen.	Huset ventileres mekanisk via et kompakt-aggregat med varmegenvinder og varmepumpe. Luftmængde i henhold til bygningsreglementets krav med udsugning fra fugtige rum og indblæsning i beboelsesrum. Luftfordelingssystemet udføres i et slangesystem som består af Ø75 mm plastslanger samt nogle armaturbokse. Der foretages indblæsning ved gulv (evt, i sokkel i skabe) og udsugningsbokse monteres i væg ved loft. Alle slanger og armaturer er holdt inden for klimaskærmen. Der er ikke direkte forbindelse mellem de enkelte opholdsrum, så man undgår derved alle former for "telefoni" mellem de enkelte rum. I køkken placeres emhætte med egen motor og afkast til det fri over tag. Erstatningsluft etableres via kanal til det fri med oplukkeligt spjæld, der åbner, når emhætten er i brug. I sommerhalvåret etableres et højt luftskifte via oplukkelige vinduer til fjernelse af overskudsvarmen.
Lufttæthed	Max luftskifte på 1,5 l/s.m ² ved en trykforskel på 50 Pa	Max luftskifte på 1,5 l/s.m ² ved en trykforskel på 50 Pa	Max luftskifte på 1,5 l/s.m ² ved en trykforskel på 50 Pa	Max luftskifte på 0,5 l/s.m ² ved en trykforskel på 50 Pa
Solcelleanlæg	Ingen	Ingen	4 m ² på skrå solafskærmning på sydfacade til el-produktion.	10 m ² på skrå solafskærmning på sydfacade til el-produktion.
Solvarmeanlæg	Ingen	Ingen	Ingen	Ingen

1. 100 mm betonforplade
2. Luftspalte
3. Mineraluld
 $\lambda = 0,034 \text{ W/mK}$
4. 120 mm helvæg



5.5. Detaljer

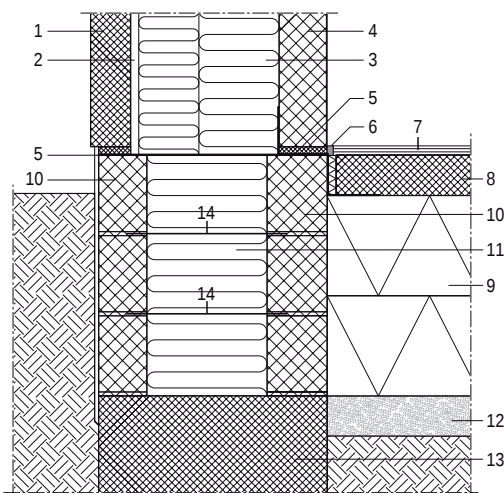
Ydervæg

Ydervægskonstruktionen består af en 120 mm bagvæg i letklinkerbeton, mekanisk fastholdt mineraluldsisolering dimensioneret i henhold til valgte varmeværdier samt en klimaskærm, udført som 100 mm forplade i beton.

Klimaskærmen forankres til bagvæggen med glasfiber-beslag, så varmetab minimeres.

	BR 08	LAV 2	LAV 1	LAV 0
Ydervæg, mm	440	500	550	600
Isolering, mm	190	250	300	350
U-værdi, W/m ² K	0,18	0,14	0,12	0,10

1. 100 mm betonplade
2. Luftspalte
3. Mineraluld
 $\lambda = 0,034 \text{ W/mK}$
4. 120 mm helvæg
5. Fugtspærre/radonsikring
6. Elastisk fuge
7. Gulvbelægning
8. 100 mm armeret beton
9. Polystyren S150
 $\lambda = 0,034 \text{ W/mK}$
10. Leca blokke
11. Trykfast mineraluld
 $\lambda = 0,034 \text{ W/mK}$
12. Sand
13. Betonfundament
14. Murbindere



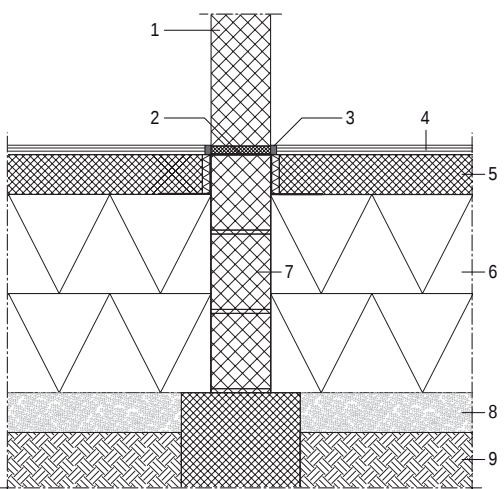
Fundament, ydervæg

Fundamentet er et randfundament af 2 skifter isolerende letklinkerblokke og beton til frosthøj dybde.

Ved særligt brede fundamenter udføres disse med to rækker bloksten med trykfast isolering imellem og murbindere til at stabilisere konstruktionen. I de to lav-energiklasser LAV 1 og LAV 0 indføres et 3. skifte for at nedbringe linietabet gennem fundamentet mest muligt.

	BR 08	LAV 2	LAV 1	LAV 0
Bredde, mm	390	470	520	570
Isolering, mm	-	200	250	300
Linietab, W/mK	0,21	0,11	0,09	0,08

1. 150 mm helvæg
2. Fugtspærre/radonsikring
3. Elastisk fuge
4. Gulvbelægning
5. 100 mm armeret beton
6. Polystyren S150
 $\lambda = 0,036 \text{ W/mK}$
7. Leca blokke
8. Sand
9. Betonfundament

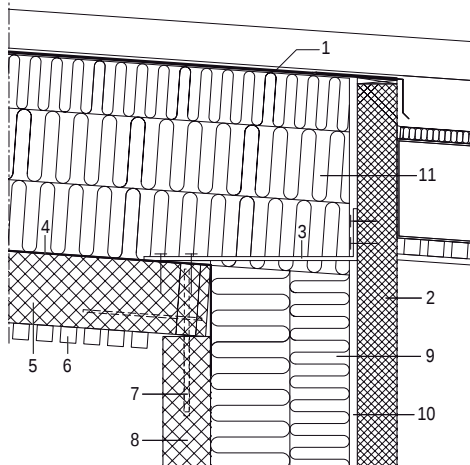


Fundament, bærende skillevæg

Fundament for bærende skillevæg er bygget op med 2 skifter 150 × 190 mm letklinkerblokke for energiklasserne BR 08 og LAV 2, og 3 skifter 150 × 190 mm letklinkerblokke for energiklasserne LAV 1 og LAV 0.

For alle energiklasser gælder, at linietabet gennem det pågældende skillevæggsfundament kan udelades i energiberegningen jf. DS 418.

1. 2 lag asfaltpap
2. 100 mm betonforplade
3. Glasfiberbeslag
4. Klæbet dampspærre
5. 180 mm lyddæk
6. Lister
7. Forankring
8. 120 mm helvæg
9. Mineraluld,
 $\lambda = 0,034 \text{ W/mK}$
10. Luftspalte
11. Trykfast mineraluld
 $\lambda = 0,037 \text{ W/mK}$



Tagfod

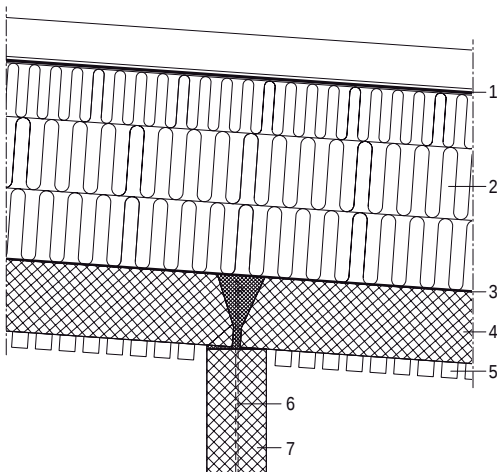
Tagopbygningen består af 180 mm massiv letklinker-dæk, påklæbet dampspærre og mekanisk fastholdt mineraluldsisolering samt 2 lag tagpap. Hældningen for tagkonstruktionen er 4°.

Forpladen forankres til bagvæggen med glasfiberbeslag, så varmetab minimeres.

Skemaet viser tagisoleringens dimension og U-værdi.

	BR 08	LAV 2	LAV 1	LAV 0
Isolering, mm	590	350	440	495
U-værdi, W/m²K	0,13	0,10	0,08	0,07

1. 2 lag asfaltpap
2. Trykfast mineraluld
 $\lambda = 0,037 \text{ W/mK}$
3. Klæbet dampspærre
5. 180 mm lyddæk
6. Lister
7. Forankring
8. 150 mm helvæg



Tagopbygning, bærende skillevæg

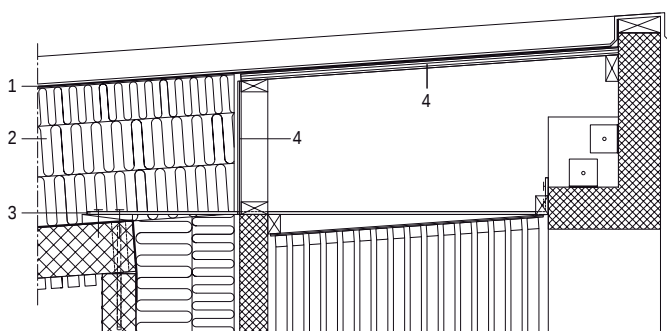
Tagopbygningen består af 180 mm massiv letklinker-dæk, påklæbet dampspærre og mekanisk fastholdt mineraluldsisolering samt 2 lag tagpap. Hældningen for tagkonstruktionen er 4°.

Denne bærende skillevæg er udført i 150 mm letklinkerbeton, så tilstrækkelig vederlag for dækelementerne sikres.

Skemaet viser tagisoleringens dimension og U-værdi.

	BR 08	LAV 2	LAV 1	LAV 0
Isolering, mm	290	350	440	495
U-værdi, W/m²K	0,13	0,10	0,08	0,07

1. 2 lag asfaltpap
2. Trykfast mineraluld
 $\lambda = 0,037 \text{ W/mK}$
3. Glasfiberbeslag
4. Krydsfiner



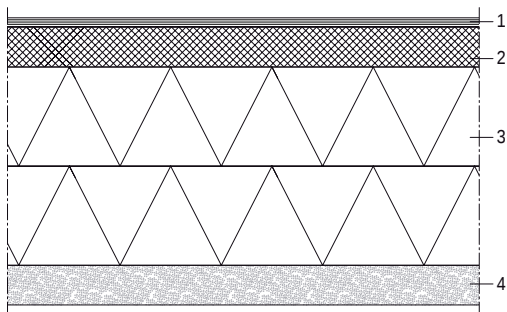
Tagopbygning, udhæng

Udhænget er konstrueret som en selvbærende udvendig søjle-bjælke-konstruktion med 400 × 400 mm betonsøjler, der bærer en L-formet 400 × 700 mm betonbjælke. Betonbjælken udgør husets stern.

Med denne form for udhæng undgås store kuldebroer, samtidig med at der skabes overdækning ved de store sydvendte vinduespartier.

Søjlerne stabiliseres i toppen med glasfiberbeslag til bagvægskonstruktionen, så varmetab minimeres.

1. Gulvbelægning
2. 100 mm armeret beton
3. Polystyren S150
 $\lambda = 0,036 \text{ W/mK}$
4. Sand



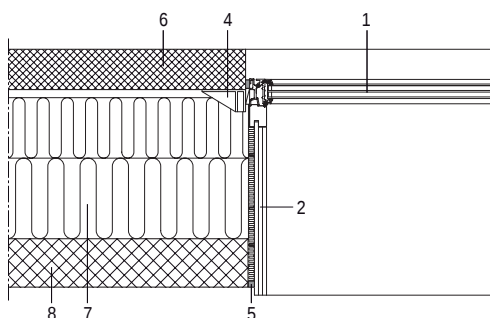
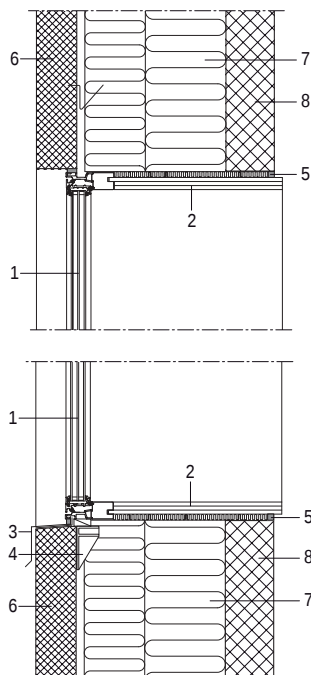
Terrændæk

Terrændækket er bygget op af et kapillarbrydende underlag med trykfast isolering samt 100 mm betonlag. Hvor dette kræves, er der istøbt gulvarmeslanger.

Gulvbelægningen i opholdsrum er parketgulv på filt. De våde rum er belagt med klinker

	BR 08	LAV 2	LAV 1	LAV 0
Isolering, mm	300	400	400	500
U-værdi, W/m²K	0,10	0,08	0,08	0,06

1. Vindue
2. Vinduesplade med påklæbet dampspærre
3. Sålbank
4. Konsolbeslag
5. Elastisk fuge
6. 100 mm betonforplade
7. Mineraluld
 $\lambda = 0,034 \text{ W/mK}$
8. 120 mm helvæg



Vinduer

Ved lavenerigbyggeri kan man udnytte den passive solindstråling gennem vinduer til varmetilskud. Det gøres ved at have store vinduespartier mod syd og begrænse vinduesarealerne mod øst, vest og nord. Glasset skal have en solindstrålingsværdi (g-værdi) på minimum 0,5, og glasdelen bør være størst mulig (over 80 %).

Husets samlede vinduesareal udgør 25 % af bruttoarealet med en glasandel på 0,8.

Indbygning af vinduet udføres med indstøbte plastkonsolbeslag, der er placeret punktvis i forpladen i henhold til forskrifterne for vinduesmontering.

Dampspærren monteres på udvendig side af karmen og hæftes til bagvæggen med butylklæber, så tilstrækkelig tæthed sikres.

Linietab for indbygning af vinduet, $\Psi = 0,02 \text{ W/mK}$.

	BR 08	LAV 2	LAV 1	LAV 0
Glastype	2 lag argon	3 lag argon	3 lag argon	3 lag argon
U (glas), W/m²K	1,18	0,74	0,74	0,52
U (vindue), W/m²K	1,50	1,20	1,00	0,80

U (vindue) er gennemsnitlig værdi for alle vinduer

Yderdør

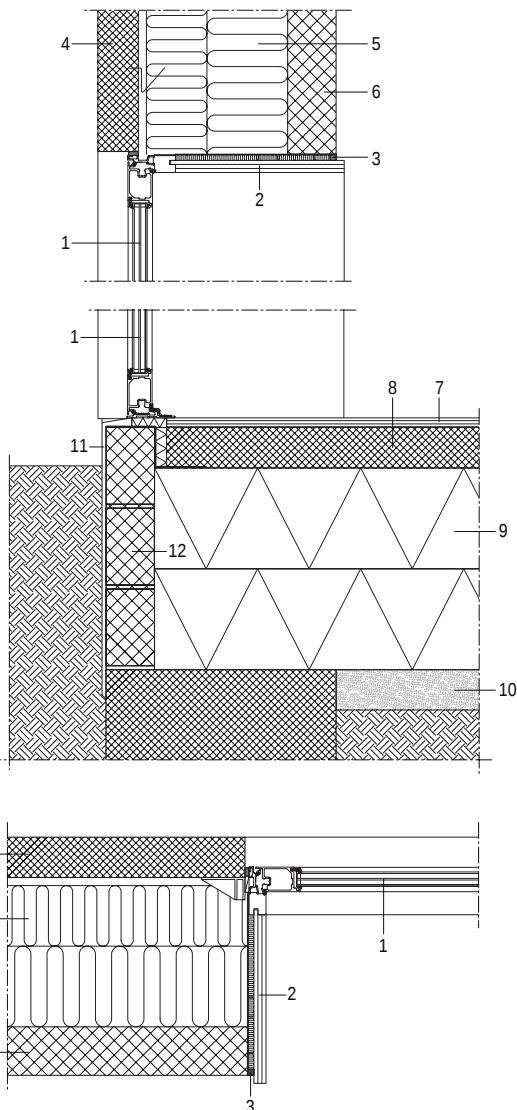
Indbygning af døren udføres med indstøbte plastkonsolbeslag, der er placeret punktvis i forpladen i henhold til forskrifterne for dørmontering.

Dampspærren monteres på udvendig side af dørkarmen og hæftes til bagvæggen med butyklæber, så tilstrækkelig tæthed sikres.

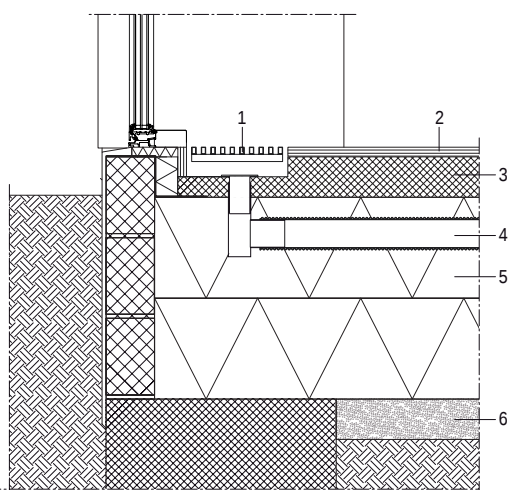
Terrændæk og gulv er ført ud over sokkelopbygningen til yderste række bloksten for at minimere varmetabet gennem fundamentet.

Linietab for indbygning af døren, $\Psi = 0,02 \text{ W/mK}$.

1. Dør
2. Vinduesplade med påklæbet dampspærre
3. Elastisk fuge
4. 100 mm betonforplade
5. Mineraluld $\lambda = 0,034 \text{ W/mK}$
6. 120 mm helvæg
7. Gulvbelægning
8. 100 mm armeret betonplade
9. Polystyren S150 $\lambda = 0,036 \text{ W/mK}$
10. Sand
11. Puds
12. Leca blokke



1. Indblæsningsrist
2. Gulvbelægning
3. 100 mm armeret beton
4. 75 mm plastslange
5. Polystyren, S150 $\lambda = 0,034 \text{ W/mK}$
6. Sand



Indblæsning af ventilationsluft

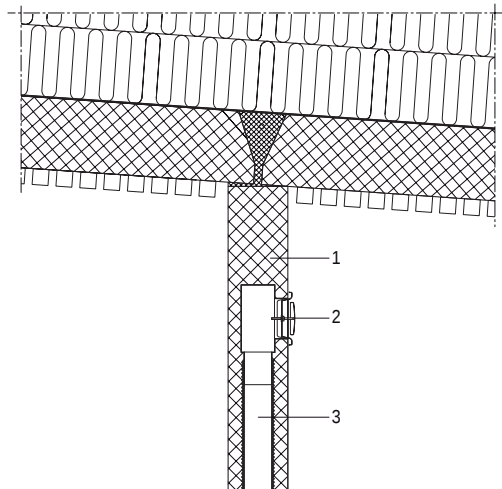
Indblæsning af opvarmet eller nedkølet ventilationsluft sker gennem ventilationsriste i gulvet i alle opholdsrum.

Luften føres dertil via Ø 75 mm plastslanger, som er lagt ned i isoleringen.

Armaturboksene er støbt ned i en udsparring i gulvet, så ventilationsristene ligger plant med gulvbelægningen.

Der er ikke direkte forbindelse i rørføringen mellem de enkelte opholdsrum. Derved undgås unødvendig lydoverførsler mellem rummene.

1. 150 mm helvæg
2. Udsugningsventil
3. 75 mm plastslange



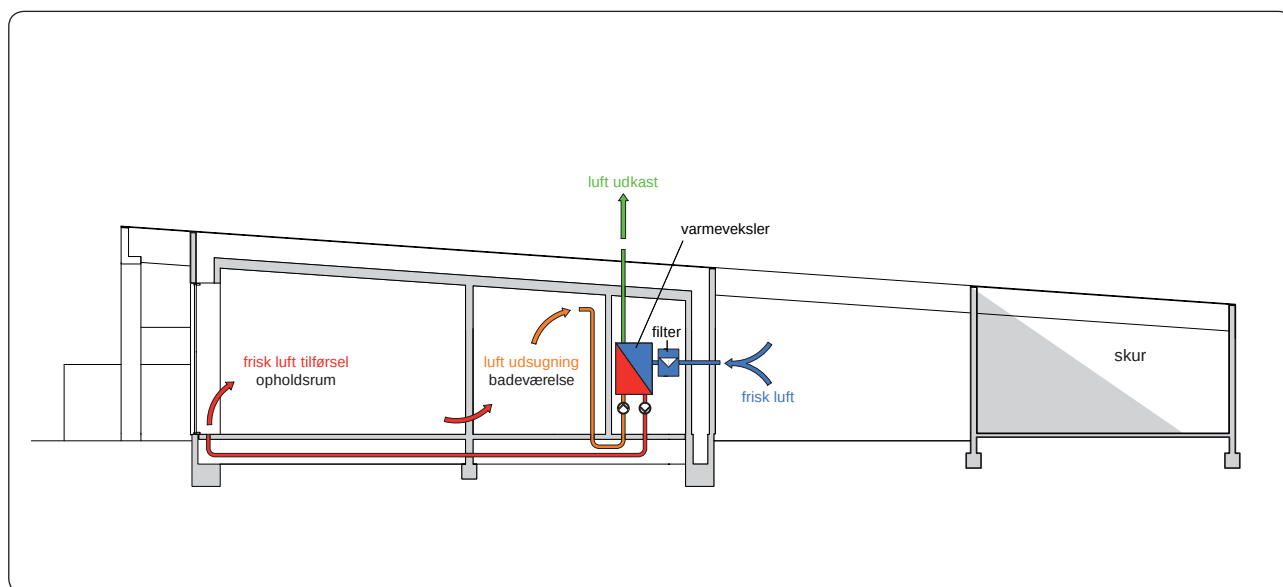
Udsugning af ventilationsluft

Udsugning af "brugt" luft sker gennem udsugningsventiler, placeret i væggen i bryggers og baderum.

Luften føres via Ø 75 mm plastslanger, som er støbt ind i vægelementet, tilbage til ventilationsanlægget. Afkast til det fri sker herfra gennem taghætte.

Dimensionering af udsugningsventiler udføres i henhold til bygningsreglementets krav om luftskifte i boliger.

Der er ikke direkte forbindelse i rørføringen mellem de enkelte opholdsrum. Derved undgås unødigt lydoverførelser mellem rummene.



Ventilationsanlæg

Ved lavenergiklasse LAV 0 opvarmes huset primært via ventilationsluften gennem et kompakt aggregat med varmegenvinding og varmepumpe. Der etableres udsugning fra køkken, bad og bryggers og indblæsning i øvrige rum.

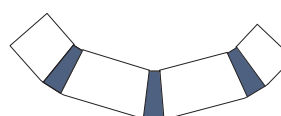
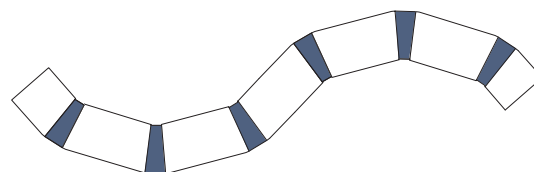
Af hensyn til komforten suppleres varmesystemet med vandbåren gulvvarme.

Luftfordelingssystemet består af et slangesystem i Ø 75 mm plastslanger og armaturbokse. Indblæsningen sker i gulvhøjde gennem riste placeret langs vinduespartierne, og udsugning er placeret i vægge ved loft. Alle slanger og armaturbokse er holdt inden for klimaskærmen for at mindske varmetabet i disse.

6. Etagehuset

Det andet modelhus er et etageboligbyggeri med 12 lejligheder opført i et varieret byggeri i 3 til 5 etager. Lejlighederne er dels i ét plan og dels i 2 plan og indeholder 2 til 4 værelser.

Udgangspunktet i designet af etagehuset har været at udvikle et system af bygningsmoduler, der alt efter det givne byggefelts forhold og orientering, kan tilpasse sig grunden og sydorienteringen. I design og idé er der taget udgangspunkt i børnenes BRIO tog. Der findes moduler, der er lige og nogle, der er krumme, og de styres og sammenholdes af en række led, der indeholder fælles ankomstrum og opgange. I disse fælles led er der muligheder for fælles sociale aktiviteter og ophold. Opgangene rummer teknikskabe til installationer for den enkelte lejlighed med lette serviceringsmuligheder for driftspersonalet.



Etagehuset

6.1. Bygningsbeskrivelse

Arkitekt Mette Nymann, Arkitektfirmaet C. F. Møller, beskriver etagehuset således:

I kraft af den modulære opbygning, kan etagehuset tilpasses enhver grund. Arkitekturen er på en og samme tid mangfoldig og modernistisk i sit udtryk. Huset fremstår lyst og venligt mod syd med sin hvide kontur rundt om boligerne og hviler i sin tyngde mod nord, hvor facaderne er mere lukkede. Etagehuset placerer sig som et organisk forløb i landskabet. Huset varierer i højde og indeholder både et- og to-etagers lejligheder. Lejlighederne i to etager har dobbelthøje rum i sydfacaden. Opholdsrummene er placeret imod syd og værelser mod nord. Kernen, der indeholder toilet/bad og køkkener, er placeret midt i boligerne. I de dobbelthøje boliger er den øverste etage soveafdeling med udsyn og balkon til stuen nedenunder.

Altanerne lever sit eget liv som en form for stillads i beton uden på huset. Ud over at være et opholdssted for beboerne har de også en solafskærmende effekt for lejligheden nedenunder. De lukkede faste partier i sydfacaden giver variation i facadeudtrykket og er indsat for at forhindre for meget sollys i opholdsrummene.

6.2. Materialevalg

Husets basiskonstruktioner er opbygget ved anvendelse af kendte materialer:

Fundamenter:	Betonfundamenter afsluttet med Leca blokke
Ydervægge:	Bærende bagvæg i letbeton Mineraluld Formur i tegl i gavle og mod nord Let beklædning mod syd
Skillevægge:	Bærende og ikke-bærende vægge i letbeton
Tag:	Asfaltpap Trykfast mineraluld Tagelementer af letbeton med akustikoverflade
Terrændæk:	Parket / klinker Beton Trykfast polystyren
Etageadskillelse:	Parket / klinker Lyddæk

Detaljeret konstruktionsbeskrivelse fremgår af resultatskemaet i afsnit 6.4. Detaljer fremgår af afsnit 6.5

6.3. Installationsbeskrivelse

Afdelingsleder Flemming Hoff Jakobsen, HUNDSBÆK & HENRIKSEN A/S beskriver installationerne:

Som udgangspunkt er der foretaget helt tilsvarende valg som i parcelhuset. Etagehuset består af i alt 12 boliger. Ved opførelsen af et sådant byggeri vil der indledningsvis skulle træffes nogle beslutninger omkring rumopvarmning og opvarmning af varmt brugsvand. Der melder sig en række spørgsmål: Skal hver bolig have sit eget fjernvarmestik? Skal man lave en fælles varmtvandproduktion og fordele til de enkelte boliger?

Etagehuset er udformet som boliger, der kædes sammen via trapperum. Trapperummene regnes opvarmede og kan indgå som opholdsrum for beboere. Vi har i beregningen taget udgangspunkt i anvendelse af samme installationskomponenter som i parcelhuset. Vi har derfor valgt at beregne huset med individuelle anlæg i hver bolig. Muligvis vil der kunne optimeres ved anvendelse af større anlæg med bedre udnyttelse af energien.

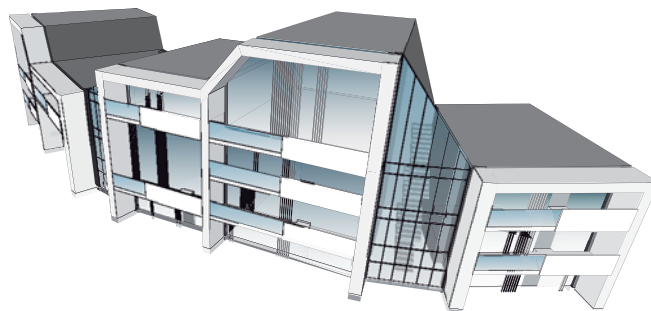
6.4. Resultatskema

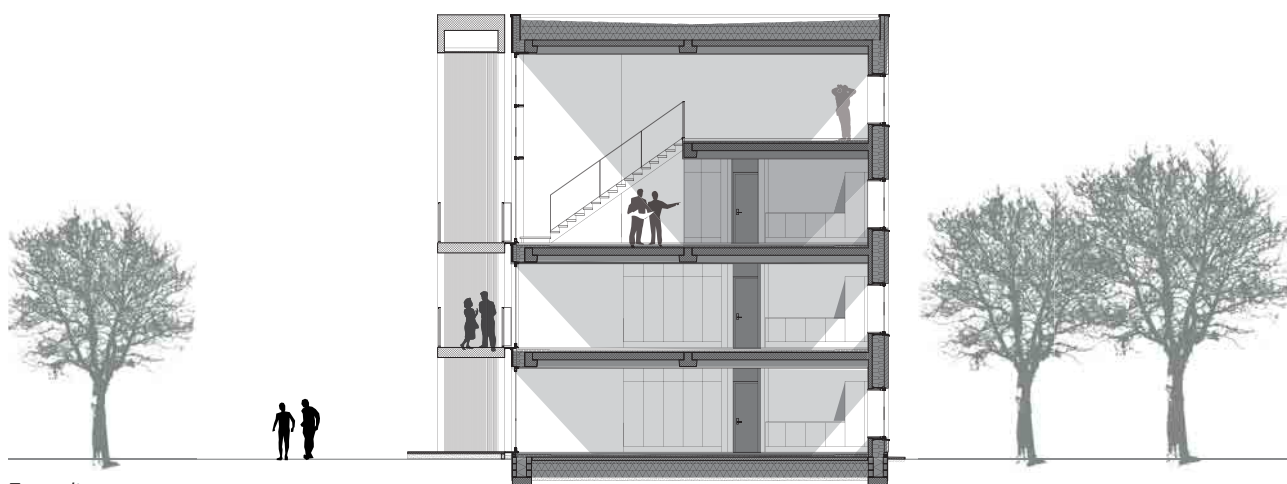
De energitekniske beregninger for huset er udført ved hjælp af programmet Be06. Ved beregningerne er anvendt de konstruktionsdata, der fremgår af resultatskemaet. De valgte installationsløsninger fremgår ligeledes af resultatskemaet.

Hoveddata for energiramme og energiberegninger:

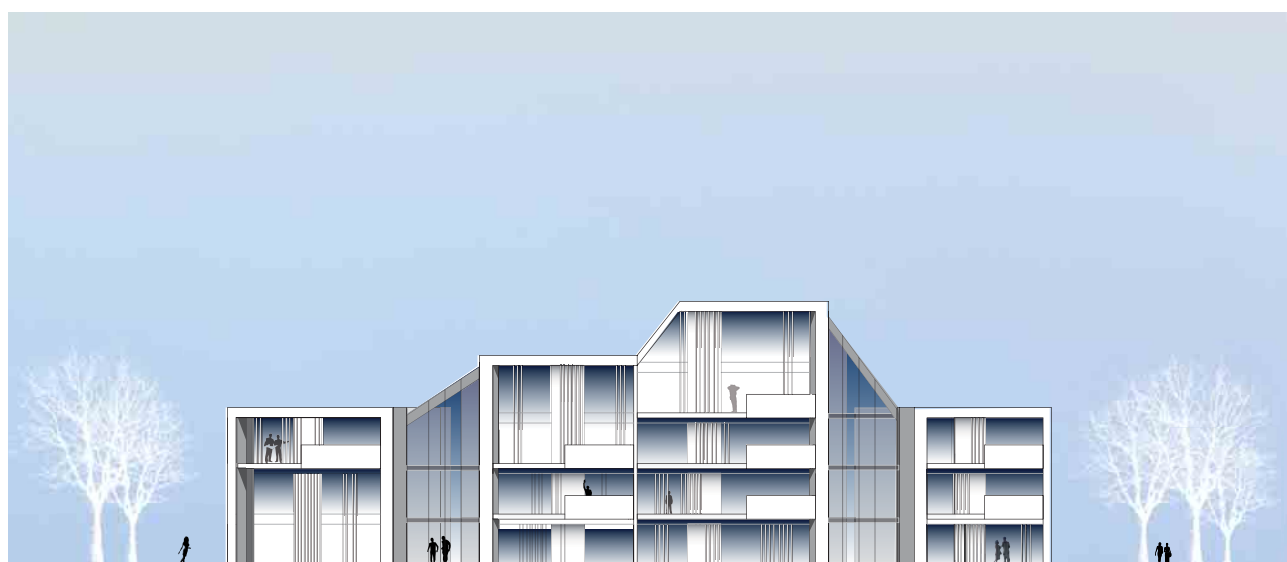
	BR 08	Klasse 2	Klasse 1	Klasse 0
Energiramme	71,3	50,9	35,6	17,8
Energiberegning	62,5	48,6	35,3	17,5
Krav opfyldt	Ja	Ja	Ja	Ja

Etagehuset: Energiramme og energiberegning i kW/m²år





Tværsnit

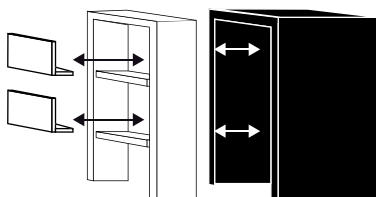


Facade mod syd



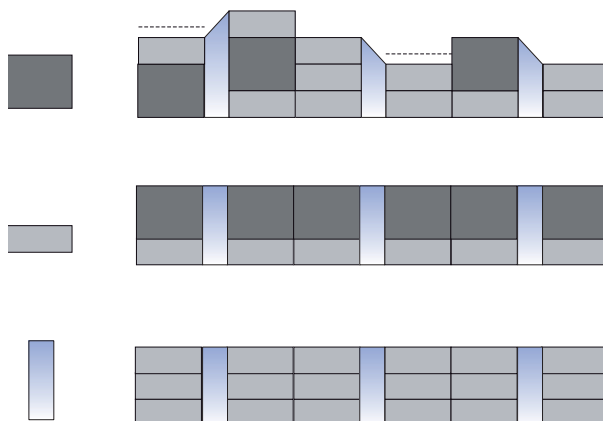
Facade mod nord

Etagehuset

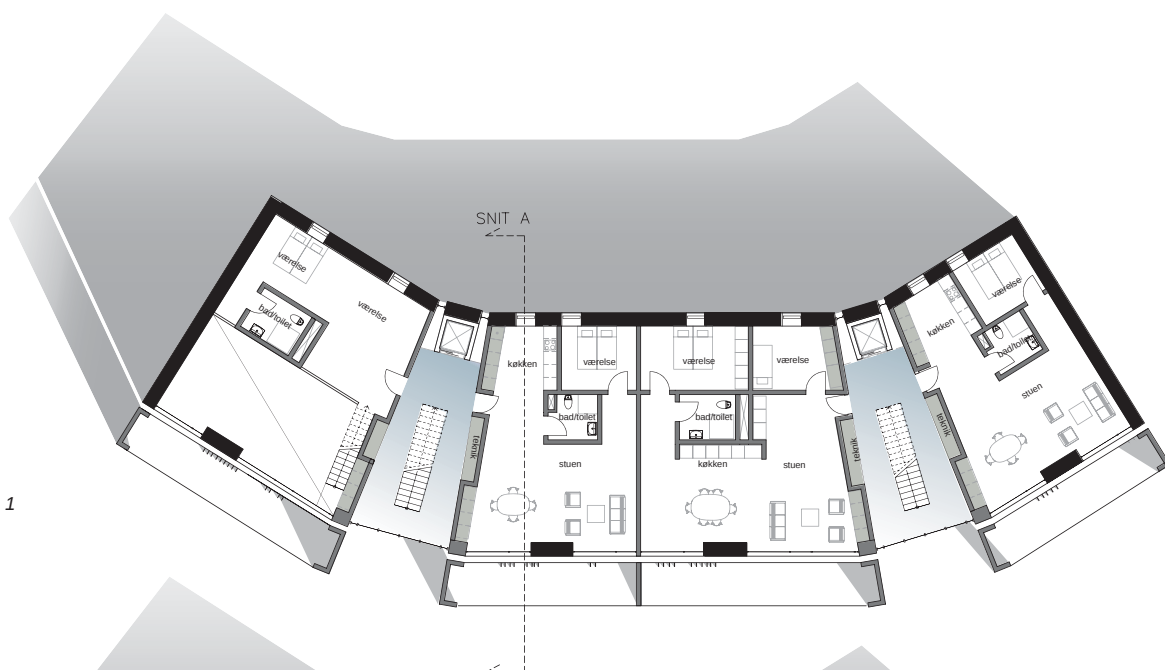


For at kunne etablere altaner og samtidig undgå kuldebroer er altan-enheden opbygget som en selvstændig enhed, der står i forlængelse af facaden. Samtidig danner den solafskærmning for lejlighederne. Altanen er kun forbundet med lejlighederne ved hjælp af små gangbroer.

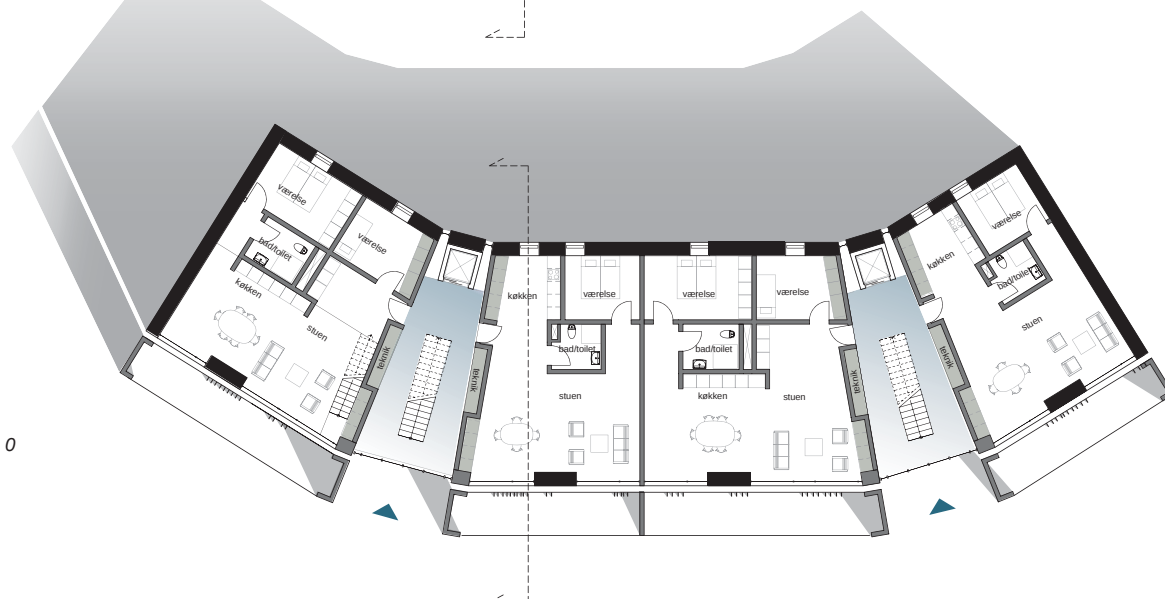
Højden for den enkelte lejlighed kan variere fra én til to etager og er med til at give facaden karakter (se tegning til højre).



Etage 1



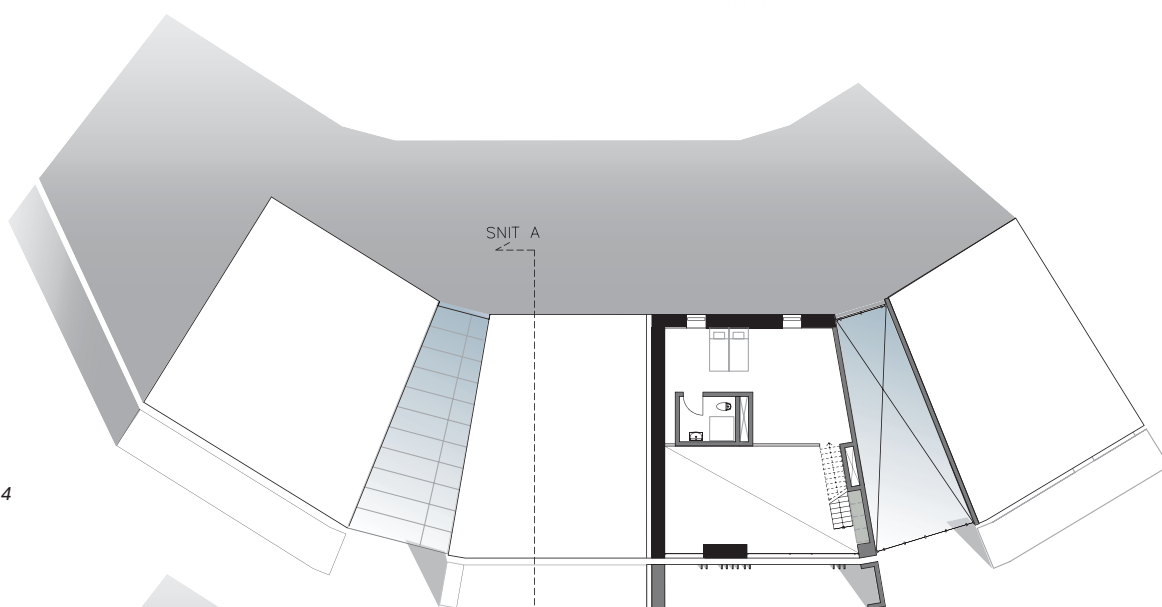
Etage 0



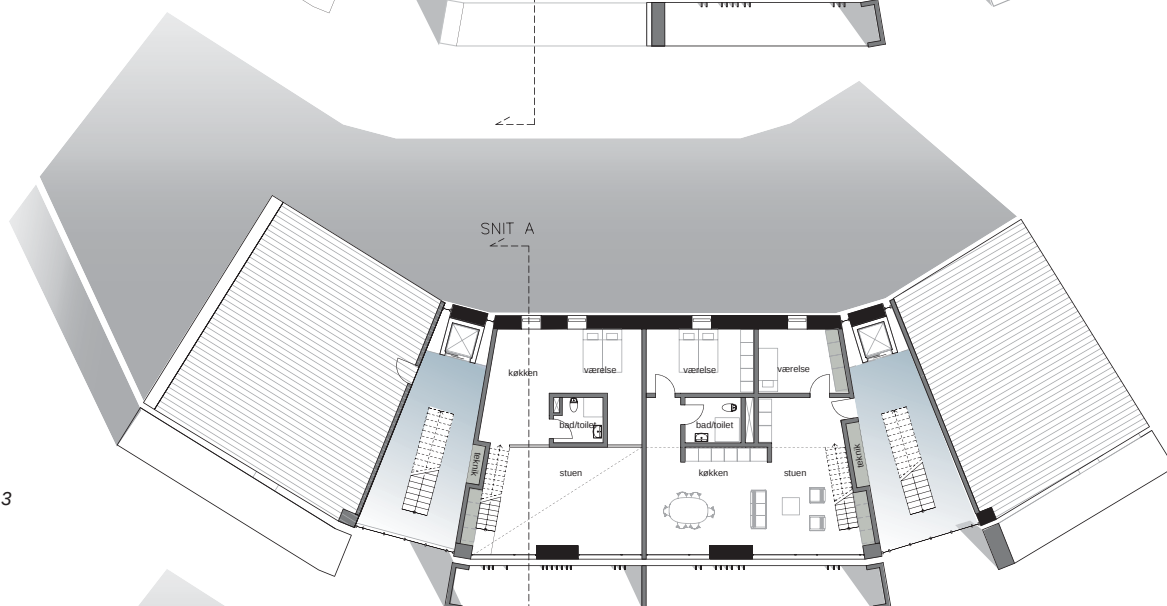
Snit - se side 25 og 28



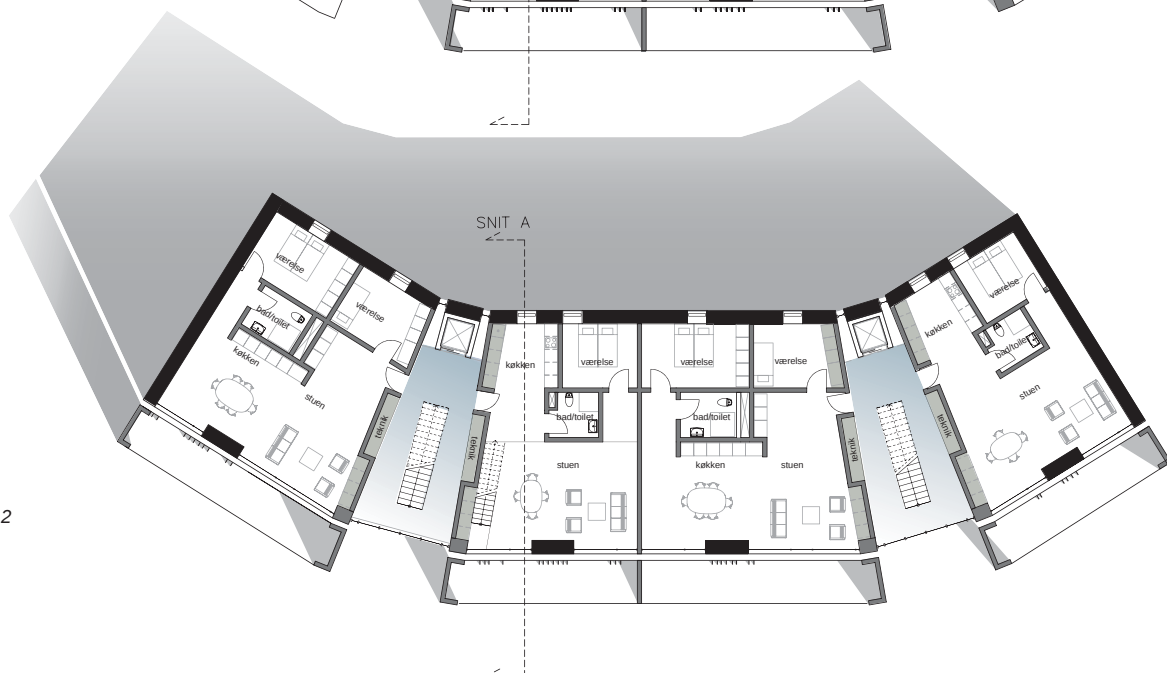
Etage 4



Etage 3



Etage 2



Snit - se side 25 og 28

Etagehuset

TAGOPBYGNING OVER ALTAN:
TAGPAP FALD 1:40
MIN 50MM ISOLERING
180MM LETKLINERDEK
MURERKRONE AFDEKNING AF
2MM ALU PÅ UNDERLAG AF
VANDFAST KRYDSFINER
AFVANDING JF. ING. PRO.

BETONALTAN:
ALTANKONSTRUKTION FRIHOLDES FRA
BYGNING.
200MM BETONVÆG
AFVANDING JF. ING. PRO.
LOFT OVER ALTAN SOM HVIDLAKEREDE
LISTER PÅ ROCKLEPLADER OG
FORSKALLING.
HVIDLAKEREDE LISTER MONTERES
LODRET I ENDER AF ALTAN.

BETONALTAN:
300MM BETON
AFVANDING JF. ING. PRO.
GLASVÆRN I STÅLRAMME.

ALTANVERN FØRES OVER TIL DØR

ELEFANTRIST FORBINDER BALK OG
ALTAN. ELEFANTRIST FÆSTGØRES TIL
ALTANPLADE. DE HØJER AF PÅ
ALUSALEN FØRER DØR.

ETAGEADSKILLELSE:
GULVBRÆDDER
STRØER
OPKLØDSNING
50MM ISOLERING
75MM RANDISOLERING BREDE 1000MM
220MM LETBETONDEK

OPBYGNING FORAN LEJLIGHEDSSKEL:
FACADEPLADER:
25MM VENTILERET HULRUM.
12MM CEMENTBASERET PLADE.
100MM ISOLERET STÅLSKELET.
250MM ISOLERET STÅLSKELET.
DAMPSPÆRRE.
BETONBÆLKE.

FUNDAMENT JF. ING. PRO.

FUNDAMENT JF. ING. PRO.

GLASFIBERPROFIL PLACERES
LODRET BAG FACADEMUR TIL
FASTGØRELSE AF MURBINDERE
AFSLUTTES I TOP MED C-PROFIL.

10X50MM GLASFIBER.

VINDUE MONTERES I FACADEMUR
MED K-MUR-TUR BESLAG I FALSE.

FACADEOPBYGNING:
110MM TEGLMUR.
20MM LUFTE.
350MM ISOLERING
120MM LETBETONELEMENT

TERRÆNDEK
GULVBRÆDDER
STRØER
OPKLØDSNING
50MM ISOLERING
75MM RANDISOLERING BREDE 1000MM
100MM BETON
RÅDOSPÆRRE
500MM POLYSTYREN
AFRETNING/ KABLARBRYDENE LAG.

Tværsnit

11240



Energiberegninger

	BR 08	Lavenergi 2	Lavenergi 1	Lavenergi 0
Energiramme	70 kWh/m ² + 2200/A = 71,3 kWh/m ² år	50 kWh/m ² + 1600/A = 50,9 kWh/m ² år	35 kWh/m ² + 1100/A = 35,6 kWh/m ² år	0,25 × (70 kWh/m ² + 2200/A) = 17,8 kWh/m ² år
Energiberegninger	Samlet energibehov: 62,5 kWh/m ² år Energiforbrug til rumopvarmning: 35,4 kWh/m ² år Energiforbrug til overtemperatur: 0,0 kWh/m ² år Dimensionerende transmissionstab excl vinduer og døre: 4,6 W/m ²	Samlet energibehov: 48,6 kWh/m ² år Energiforbrug til rumopvarmning: 14,9 kWh/m ² år Energiforbrug til overtemperatur: 0,0 kWh/m ² år Dimensionerende transmissionstab excl vinduer og døre: 3,6 W/m ²	Samlet energibehov: 35,3 kWh/m ² år Energiforbrug til rumopvarmning: 10,9 kWh/m ² år Energiforbrug til overtemperatur: 0,0 kWh/m ² år Dimensionerende transmissionstab excl vinduer og døre: 3,1 W/m ²	Samlet energibehov: 17,5 kWh/m ² år Energiforbrug til rumopvarmning: 4,3 kWh/m ² år Energiforbrug til overtemperatur: 0,0 kWh/m ² år Dimensionerende transmissionstab excl vinduer og døre: 2,7 W/m ²

Konstruktioner

	BR 08	Lavenergi 2	Lavenergi 1	Lavenergi 0
Fundament for ydervæg	2 skifter Leca blokke i højden Beton til frostfri dybde $\psi = 0,21 \text{ W/mK}$	2 skifter Leca blokke i højden: 120 mm Leca blokke yderst 200 mm Isolering 150 mm Leca blokke inderst Beton til frostfri dybde $\psi = 0,11 \text{ W/mK}$	3 skifter Leca blokke i højden: 120 mm Leca blokke yderst 250 mm Isolering 150 mm Leca blokke inderst Beton til frostfri dybde $\psi = 0,09 \text{ W/mK}$	3 skifter Leca blokke i højden: 120 mm Leca blokke yderst 300 mm Isolering 150 mm Leca blokke inderst Beton til frostfri dybde $\psi = 0,08 \text{ W/mK}$
Fundament for lejligheds-skillevæg	2 skifter 230 mm Leca blokke i højden, $\lambda = 0,28$ Renselag i beton U-værdi er indregnet i terrændækkets U-værdi $\psi = 0,0 \text{ W/mK}$	2 skifter 230 mm Leca blokke i højden, $\lambda = 0,28$ Renselag i beton U-værdi er indregnet i terrændækkets U-værdi $\psi = 0,0 \text{ W/mK}$	2 skifter 230 mm Leca blokke i højden, $\lambda = 0,28$ Renselag i beton U-værdi er indregnet i terrændækkets U-værdi $\psi = 0,0 \text{ W/mK}$	2 skifter 230 mm Leca blokke i højden, $\lambda = 0,28$ Renselag i beton U-værdi er indregnet i terrændækkets U-værdi $\psi = 0,0 \text{ W/mK}$
Fundament for bærende og ikke bærende skillevæg	2 skifte 150 mm Leca blokke i højden, $\lambda = 0,28$ Renselag i beton U-værdi er indregnet i terrændækkets U-værdi $\psi = 0,0 \text{ W/mK}$	2 skifter 230 mm Leca blokke i højden, $\lambda = 0,28$ Renselag i beton U-værdi er indregnet i terrændækkets U-værdi $\psi = 0,0 \text{ W/mK}$	2 skifter 230 mm Leca blokke i højden, $\lambda = 0,28$ Renselag i beton U-værdi er indregnet i terrændækkets U-værdi $\psi = 0,0 \text{ W/mK}$	2 skifter 230 mm Leca blokke i højden, $\lambda = 0,28$ Renselag i beton U-værdi er indregnet i terrændækkets U-værdi $\psi = 0,0 \text{ W/mK}$
Terrændæk i tørre rum	Parket på strøer 100 mm beton 300 mm polystyren S 150, $\lambda = 0,036$ 100 mm grusafretning $U = 0,10 \text{ Wm}^2\text{K}$ Fundamenter for skillevægge er indregnet i U-værdien	Parket på strøer 100 mm beton 400 mm polystyren S 150, $\lambda = 0,036$ 100 mm grusafretning $U = 0,08 \text{ Wm}^2\text{K}$ Fundamenter for skillevægge er indregnet i U-værdien	Parket på strøer 100 mm beton 400 mm polystyren S 150, $\lambda = 0,036$ 100 mm grusafretning $U = 0,08 \text{ Wm}^2\text{K}$ Fundamenter for skillevægge er indregnet i U-værdien	Parket på strøer 100 mm beton 500 mm polystyren S 150, $\lambda = 0,036$ 100 mm grusafretning $U = 0,06 \text{ Wm}^2\text{K}$ Fundamenter for skillevægge er indregnet i U-værdien

Fortsætter næste side ...

Konstruktioner

	BR 08	Lavenergi 2	Lavenergi 1	Lavenergi 0
Ternnædæk i våde rum	Klinker 100 mm slidlag 30 mm trykfast mineraluld, $\lambda = 0,034$ 100 mm beton 300 mm polystyren S 150, $\lambda = 0,036$ 100 mm grusafretning $U = 0,10 \text{ Wm}^2\text{K}$ Fundamenter for skillevæg-ge er indregnet i U-værdien	Klinker 100 mm slidlag 30 mm trykfast mineraluld, $\lambda = 0,034$ 100 mm beton 400 mm polystyren S 150, $\lambda = 0,036$ 100 mm grusafretning $U = 0,08 \text{ Wm}^2\text{K}$ Fundamenter for skillevæg-ge er indregnet i U-værdien	Klinker 100 mm slidlag 30 mm trykfast mineraluld, $\lambda = 0,034$ 100 mm beton 400 mm polystyren S 150, $\lambda = 0,036$ 100 mm grusafretning $U = 0,08 \text{ Wm}^2\text{K}$ Fundamenter for skillevæg-ge er indregnet i U-værdien	Klinker 100 mm slidlag 30 mm trykfast mineraluld, $\lambda = 0,034$ 100 mm beton 500 mm polystyren S 150, $\lambda = 0,036$ 100 mm grusafretning $U = 0,06 \text{ Wm}^2\text{K}$ Fundamenter for skillevæg-ge er indregnet i U-værdien
Ydervæg - skalmur	440 mm bredde: 110 mm skalmur 20 mm ventilation 190 mm mineraluld, $\lambda = 0,034$ 120 mm LAC-væg, $\lambda = 0,880$ $U = 0,18 \text{ Wm}^2\text{K}$	500 mm bredde: 110 mm skalmur 20 mm ventilation 250 mm mineraluld, $\lambda = 0,034$ 120 mm LAC-væg, $\lambda = 0,880$ $U = 0,14 \text{ Wm}^2\text{K}$	550 mm bredde: 110 mm skalmur 20 mm ventilation 300 mm mineraluld, $\lambda = 0,034$ 120 mm LAC-væg, $\lambda = 0,880$ $U = 0,12 \text{ Wm}^2\text{K}$	600 mm bredde: 110 mm skalmur 20 mm ventilation 350 mm mineraluld, $\lambda = 0,034$ 120 mm LAC-væg, $\lambda = 0,880$ $U = 0,10 \text{ Wm}^2\text{K}$
Ydervæg – let beklædning	Udvendig pladebeklædning Ventilationsspalte Vindspærre 190 mm mineraluld, $\lambda = 0,034$ Skellet af tyndpladeprofil 150 mm LAC-væg, $\lambda = 0,880$ $U = 0,18 \text{ Wm}^2\text{K}$	Udvendig pladebeklædning Ventilationsspalte Vindspærre 250 mm mineraluld, $\lambda = 0,034$ Skellet af tyndpladeprofil 150 mm LAC-væg, $\lambda = 0,880$ $U = 0,14 \text{ Wm}^2\text{K}$	Udvendig pladebeklædning Ventilationsspalte Vindspærre 300 mm mineraluld, $\lambda = 0,034$ Skellet af tyndpladeprofil 150 mm LAC-væg, $\lambda = 0,880$ $U = 0,12 \text{ Wm}^2\text{K}$	Udvendig pladebeklædning Ventilationsspalte Vindspærre 350 mm mineraluld, $\lambda = 0,034$ Skellet af tyndpladeprofil 150 mm LAC-væg, $\lambda = 0,880$ $U = 0,10 \text{ Wm}^2\text{K}$
Lejlighedsskillevæg	220 mm LAC-væg	220 mm LAC-væg	220 mm LAC-væg	220 mm LAC-væg
Bærende skillevæg	150 mm LAC-væg	150 mm LAC-væg	150 mm LAC-væg	150 mm LAC-væg
Ikke bærende skillevæg	100 mm LAC-væg	100 mm LAC-væg	100 mm LAC-væg	100 mm LAC-væg
Etageadskillelse i tørre rum	Parket på strøer 220 mm Lyddæk 2000	Parket på strøer 220 mm Lyddæk 2000	Parket på strøer 220 mm Lyddæk 2000	Parket på strøer 220 mm Lyddæk 2000
Etageadskillelse i våde rum	Klinker 100 mm slidlag 30 mm trykfast mineraluld 220 mm Lyddæk 2000	Klinker 100 mm slidlag 30 mm trykfast mineraluld 220 mm Lyddæk 2000	Klinker 100 mm slidlag 30 mm trykfast mineraluld 220 mm Lyddæk 2000	Klinker 100 mm slidlag 30 mm trykfast mineraluld 220 mm Lyddæk 2000
Tag	2 lag asfaltpap 300/450 mm trykfast mine-raluld, $\lambda = 0,037$ 180 mm Lyddæk 1750 med akustikoverflade, $\lambda = 0,770$ $U = 0,10 \text{ Wm}^2\text{K}$	2 lag asfaltpap 350/500 mm trykfast mine-raluld, $\lambda = 0,037$ 180 mm Lyddæk 1750 med akustikoverflade, $\lambda = 0,770$ $U = 0,09 \text{ Wm}^2\text{K}$	2 lag asfaltpap 400/550 mm trykfast mine-raluld, $\lambda = 0,037$ 180 mm Lyddæk 1750 med akustikoverflade, $\lambda = 0,770$ $U = 0,08 \text{ Wm}^2\text{K}$	2 lag asfaltpap 450/600 mm trykfast mine-raluld, $\lambda = 0,037$ 180 mm Lyddæk 1750 med akustikoverflade, $\lambda = 0,770$ $U = 0,07 \text{ Wm}^2\text{K}$
Skrå tag ved trappe	2 lag asfaltpap 350 mm trykfast mineraluld, $\lambda = 0,037$ Dampspærre 16 mm tagfinerplade 45 × 150 mm bjælkespær C/C 600 mm Træbetonplader på forskalling $U = 0,10 \text{ Wm}^2\text{K}$	2 lag asfaltpap 400 mm trykfast mineraluld, $\lambda = 0,037$ Dampspærre 16 mm tagfinerplade 45 × 150 mm bjælkespær C/C 600 mm Træbetonplader på forskalling $U = 0,09 \text{ Wm}^2\text{K}$	2 lag asfaltpap 450 mm trykfast mineraluld, $\lambda = 0,037$ Dampspærre 16 mm tagfinerplade 45 × 150 mm bjælkespær C/C 600 mm Træbetonplader på forskalling $U = 0,08 \text{ Wm}^2\text{K}$	2 lag asfaltpap 500 mm trykfast mineraluld, $\lambda = 0,037$ Dampspærre 16 mm tagfinerplade 45 × 150 mm bjælkespær C/C 600 mm Træbetonplader på forskalling $U = 0,07 \text{ Wm}^2\text{K}$
Solafskærmning	Altanerne udgør solaf-skærmning på sydfacaden	Altanerne udgør solaf-skærmning på sydfacaden	Altanerne udgør solaf-skærmning på sydfacaden	Altanerne udgør solaf-skærmning på sydfacaden

Fortsætter næste side ...



Konstruktioner

	BR 08	Lavenergi 2	Lavenergi 1	Lavenergi 0
Vinduer og udv. døre	427 m² vinduesareal svarende til 25 % af bruttoeta-gearealet. 2 lags energiruder med argon. $U_{\text{glas}} = 1,18 \text{ W/m}^2\text{K}$ $g\text{-værdi} = 0,5$ $U_{\text{vindue}} = 1,50 \text{ W/m}^2\text{K}$ (gennemsnit) $\psi = 0,02 \text{ W/mK}$ (indbygning)	427 m² vinduesareal svarende til 25 % af bruttoeta-gearealet. 3 lags energiruder med argon. $U_{\text{glas}} = 0,74 \text{ W/m}^2\text{K}$ $g\text{-værdi} = 0,5$ $U_{\text{vindue}} = 1,20 \text{ W/m}^2\text{K}$ (gennemsnit) $\psi = 0,02 \text{ W/mK}$ (indbygning)	427 m² vinduesareal svarende til 25 % af bruttoeta-gearealet. 3 lags energiruder med argon. $U_{\text{glas}} = 0,74 \text{ W/m}^2\text{K}$ $g\text{-værdi} = 0,5$ $U_{\text{vindue}} = 0,95 \text{ W/m}^2\text{K}$ (gennemsnit) $\psi = 0,02 \text{ W/mK}$ (indbygning)	427 m² vinduesareal svarende til 25 % af bruttoeta-gearealet. 3 lags energiruder med krypton. $U_{\text{glas}} = 0,51 \text{ W/m}^2\text{K}$ $g\text{-værdi} = 0,5$ $U_{\text{vindue}} = 0,80 \text{ W/m}^2\text{K}$ (gennemsnit) $\psi = 0,02 \text{ W/mK}$ (indbygning)
Ovenlysvinduer	60 m² ovenlys i trapperum $U = 1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ $\psi = 0,1 \text{ W/mK}$	Ingen	Ingen	Ingen

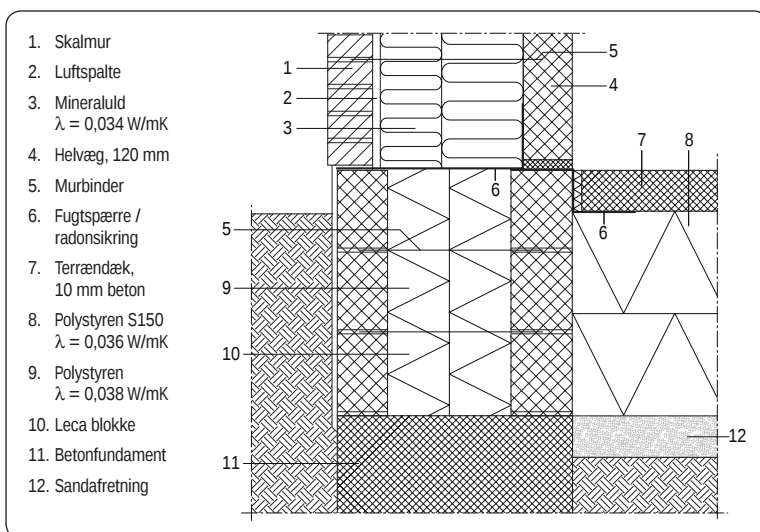
Installationer

	BR 08	Lavenergi 2	Lavenergi 1	Lavenergi 0
Hovedforsyning	Direkte fjernvarme	Direkte fjernvarme	EI	EI
Varmeanlæg	Badeværelser opvarmes via gulvvarme reguleret via gulvvarmeshunt. Øvrig opvarmning er via radiatorer. Alle varmerør inden for den opvarmede zone.	Badeværelser opvarmes via gulvvarme reguleret via gulvvarmeshunt. Øvrig opvarmning er via radiatorer. Alle varmerør inden for den opvarmede zone.	Huset opvarmes primært via ventilationsluften gennem kompaktaggregat med varmegenvinding og varmepumpe til hver boligenhed placeret i tekniskskabe i trappeopgang. Individuel temperaturregulering via variabel indblæsningsluftmængde. Desuden suppleres med EI-radiatorer og gulvvarme i bl.a badeværelser af hensyn til komforten.	Huset opvarmes primært via ventilationsluften gennem kompaktaggregat med varmegenvinding og varmepumpe til hver boligenhed placeret i tekniskskabe i trappeopgang. Individuel temperaturregulering via variabel indblæsningsluftmængde. Desuden suppleres med EI-radiatorer og gulvvarme i bl.a badeværelser af hensyn til komforten.
Brugsvand	Hovedmåler for hele huset placeres i målerbrønd, og der fordeles via skakte til teknikområder i trapperum. Der placeres bimåler for hver bolig. Her placeres også en 110 l varmtvandsbeholder (pr. boligenhed) for fjernvarme samt fordelerrør for koldt og varmt brugsvand. Koblingsledninger udføres i PEX RIR og føres i gulve fra fordelerrør frem til koblingsdåse i væg. Alle ledninger placeres inden for den opvarmede zone. Der udføres ikke cirkulation på varmt brugsvand.	Hovedmåler for hele huset placeres i målerbrønd, og der fordeles via skakte til teknikområder i trapperum. Der placeres bimåler for hver bolig. Her placeres også en 110 l varmtvandsbeholder (pr. boligenhed) for fjernvarme samt fordelerrør for koldt og varmt brugsvand. Koblingsledninger udføres i PEX RIR og føres i gulve fra fordelerrør frem til koblingsdåse i væg. Alle ledninger placeres inden for den opvarmede zone. Der udføres ikke cirkulation på varmt brugsvand.	Hovedmåler for hele huset placeres i målerbrønd, og der fordeles via skakte til teknikområder i trapperum. Her placeres også kompaktaggregat (1 pr. bolig) indeholdende en 180 l varmtvandsbeholder samt fordelerrør for koldt og varmt brugsvand. Opvarmning af brugsvand via varmepumpe. Koblingsledninger udføres i PEX RIR og føres i gulve fra fordelerrør frem til koblingsdåse i væg. Alle ledninger placeres inden for den opvarmede zone. Der udføres ikke cirkulation på varmt brugsvand.	Hovedmåler for hele huset placeres i målerbrønd, og der fordeles via skakte til teknikområder i trapperum. Her placeres også kompaktaggregat (1 pr. bolig) indeholdende en 180 l varmtvandsbeholder samt fordelerrør for koldt og varmt brugsvand. Opvarmning af brugsvand via varmepumpe. Koblingsledninger udføres i PEX RIR og føres i gulve fra fordelerrør frem til koblingsdåse i væg. Alle ledninger placeres inden for den opvarmede zone. Der udføres ikke cirkulation på varmt brugsvand.

Fortsætter næste side ...

Installationer

	BR 08	Lavenergi 2	Lavenergi 1	Lavenergi 0
Ventilation	Hele bygningen ventileres naturligt med et luftskifte svarende til bygningsreglementets krav. Der monteres friskluftsvanter i ydervæge. Mekanisk udsugning fra køkken og bad. Kanaler føres over loft til skakt og afsluttes i tagventilator. I køkken placeres emhætte med egen motor og afkast til det fri over tag. I sommerhalvåret etableres et højt luftskifte via oplukkelige vinduer til fjernelse af overskudsvarmen. Trapperum ventileres naturligt via oplukkelige vinduer.	Hver boligenhed ventileres med separate ventilationsanlæg med varmegenvinding placeret i tekniskskab i trappeopgangen. Luftmængde i henhold til bygningsreglementets krav med udsugning fra fugtige rum og indblæsning i beboelsesrum. Luftfordelingssystemet udføres i et slangesystem, som består af Ø75 mm plastslanger ført i strøgulvet samt nogle armaturbokse. Der foretages indblæsning ved gulv (evt. i sokkel i skabe) og udsugningsbokse monteres i væg ved loft. Alle slanger og armaturer er holdt inden for klimaskærmen. Der er ikke direkte forbindelse mellem de enkelte opholdsrum, så man undgår derved "telefoni" mellem de enkelte rum. I køkken placeres emhætte med egen motor og afkast til det fri over tag. I sommerhalvåret etableres et højt luftskifte via oplukkelige vinduer til fjernelse af overskudsvarmen. Trapperum ventileres naturligt via oplukkelige vinduer.	Hver boligenhed ventileres med de separate kompakttaggregater med varmegenvinder og varmepumpe placeret i tekniskskab i trappeopgangen. Luftmængde i henhold til bygningsreglementets krav med udsugning fra fugtige rum og indblæsning i beboelsesrum. Luftfordelingssystemet udføres i et slangesystem, som består af Ø75 mm plastslanger ført i strøgulvet samt nogle armaturbokse. Der foretages indblæsning ved gulv (evt. i sokkel i skabe) og udsugningsbokse monteres i væg ved loft. Alle slanger og armaturer er holdt inden for klimaskærmen. Der er ikke direkte forbindelse mellem de enkelte opholdsrum, så man undgår derved "telefoni" mellem de enkelte rum. I køkken placeres emhætte med egen motor og afkast til det fri over tag. I sommerhalvåret etableres et højt luftskifte via oplukkelige vinduer til fjernelse af overskudsvarmen. Trapperum ventileres mekanisk via ventilationsanlæg med varmegenvinding.	Hver boligenhed ventileres med de separate kompakttaggregater med varmegenvinder og varmepumpe placeret i tekniskskab i trappeopgangen. Luftmængde i henhold til bygningsreglementets krav med udsugning fra fugtige rum og indblæsning i beboelsesrum. Luftfordelingssystemet udføres i et slangesystem, som består af Ø75 mm plastslanger ført i strøgulvet samt nogle armaturbokse. Der foretages indblæsning ved gulv (evt. i sokkel i skabe) og udsugningsbokse monteres i væg ved loft. Alle slanger og armaturer er holdt inden for klimaskærmen. Der er ikke direkte forbindelse mellem de enkelte opholdsrum, så man undgår derved "telefoni" mellem de enkelte rum. I køkken placeres emhætte med egen motor og afkast til det fri over tag. Erstatningsluft etableres via kanal til det fri med oplukkeligt spjæld, der åbner, når emhætten er i brug. I sommerhalvåret etableres et højt luftskifte via oplukkelige vinduer til fjernelse af overskudsvarmen. Trapperum ventileres mekanisk via ventilationsanlæg med varmegenvinding.
Lufttæthed	Max luftskifte på 1,5 l/s.m ² ved en trykforskel på 50 Pa.	Max luftskifte på 1,5 l/s.m ² ved en trykforskel på 50 Pa.	Max luftskifte på 1,5 l/s.m ² ved en trykforskel på 50 Pa.	Max luftskifte på 0,5 l/s.m ² ved en trykforskel på 50 Pa.
Solcelleanlæg	Ingen	Ingen	75 m ² solcelleanlæg til el-produktion. Placeres på taget og orienteres mod syd med en hældning på 45° med lodret.	85 m ² solcelleanlæg til el-produktion. Placeres på taget og orienteres mod syd med en hældning på 45° med lodret.
Solvarmeanlæg	Ingen	Ingen	Ingen	Ingen

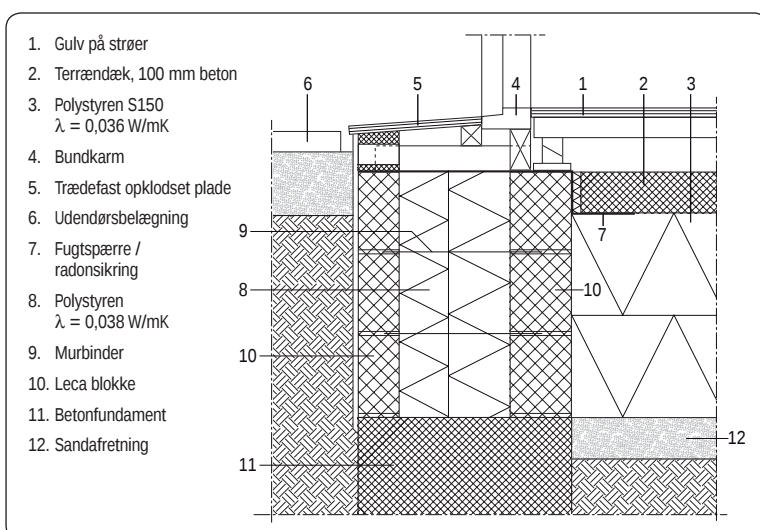


6.5. Detaljer

Fundament, ydervæg, skalmur

Fundamentet er et randfundament af 2 skifter isole-rende letklinkerblokke og beton til frosthøj dybde. Ved særlig brede fundamenter udføres disse med 2 rækker bloksten med trykfast isolering imellem og murbindere til at stabilisere konstruktionen. I de 2 lavenergiklasser LAV 1 og LAV 0 indføres et tredje skifte for at nedbringe linietalet mest muligt.

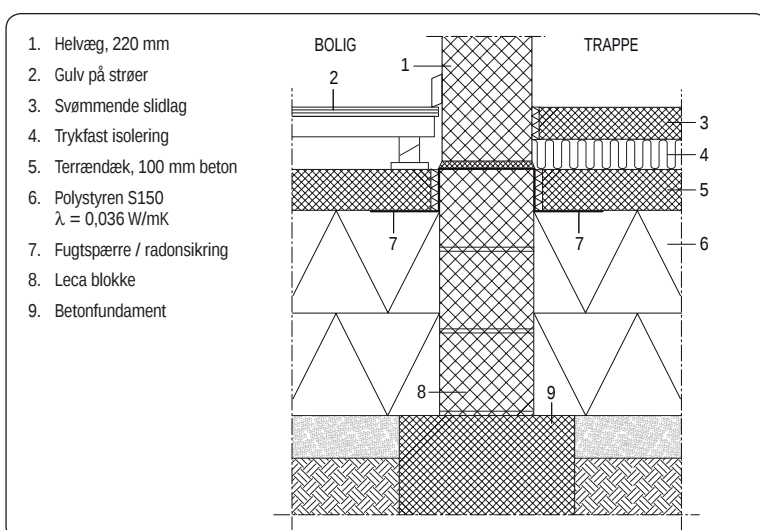
	BR 08	LAV 2	LAV 1	LAV 0
Bredde, mm	390	470	520	570
Isolering, mm	-	200	250	300
Linietalet, W/mK	0,21	0,11	0,09	0,08



Fundament, dør og vinduesparti

Fundamentet er et randfundament af 2 skifter isole-rende letklinkerblokke og beton til frosthøj dybde. Ved særlig brede fundamenter udføres disse med 2 rækker bloksten med trykfast isolering imellem og murbindere til at stabilisere konstruktionen. I de 2 lavenergiklasser LAV 1 og LAV 0 indføres et tredje skifte for at nedbringe linietalet mest muligt.

	BR 08	LAV 2	LAV 1	LAV 0
Bredde, mm	350	400	450	500
Isolering, mm	-	150	200	250

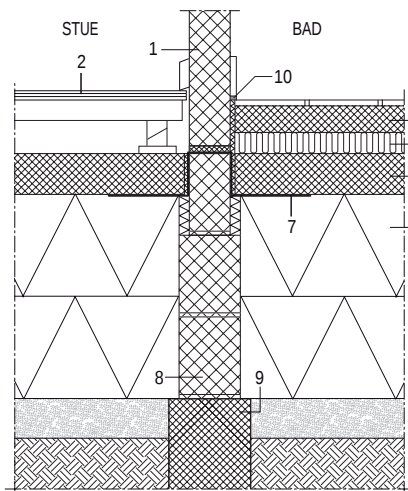


Fundament, lejlighedsskillevæg

Fundament for lejlighedsskillevæg er bygget op med 2 skifter 230 × 190 mm letklinkerblokke for energiklas-serne BR 08 og LAV 2. Og 3 skifter 230 × 190 mm letklinkerblokke for energiklasserne LAV 1 og LAV 0.

For alle energiklasser gælder, at linietalet gennem det pågældende skillevæggsfundament kan udelades i energiberegningen jf. DS 418.

1. Helvæg, 100 mm
2. Gulv på strøer
3. Svømmende slidlag
4. Trykfast isolering
5. Terrændæk, 100 mm beton
6. Polystyren S150
 $\lambda = 0,036 \text{ W/mK}$
7. Fugtspærre / radonsikring
8. Leca blokke
9. Betonfundament
10. Elastisk fuge

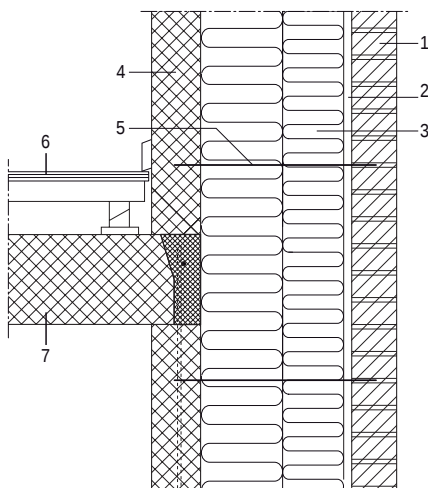


Fundament, bærende og ikke bærende skillevæg

Fundament for skillevæg er bygget op med 2 skifter letklinkerblokke for energiklasserne BR 08 og LAV 2. Og 3 skifter for energiklasserne LAV 1 og LAV 0. Øverste skifte i bredde som væg. Underliggende skifte bredere af hensyn til fundamentets stabilitet.

For alle energiklasser gælder, at linietalet gennem det pågældende skillerumsfundament kan udelades i energiberegningen jf. DS 418.

1. Skalmur
2. Luftspalte
3. Mineraluld
 $\lambda = 0,034 \text{ W/mK}$
4. Helvæg, 120 mm
5. Murbinder
6. Gulv på strøer
7. Etageadskillelse, 220 mm letklinkerbeton dækelement

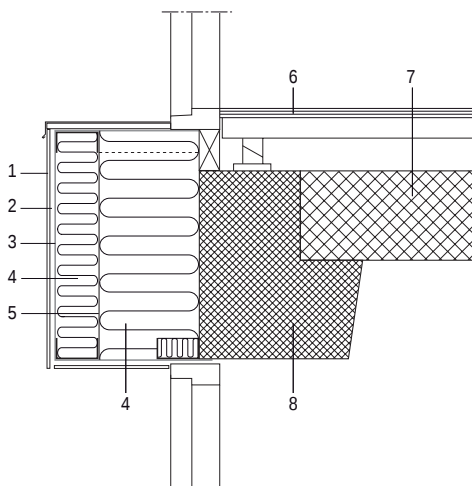


Ydervæg, skalmur

Ydervægskonstruktionen består af en 120 mm bagvæg i letbeton, mineraluld i tykkelse svarende til energiklasse samt en traditionel skalmur som klimaskærm.

	BR 08	LAV 2	LAV 1	LAV 0
Bredde, mm	440	500	550	600
Isolering, mm	190	250	300	350
U-værdi, W/m²K	0,18	0,14	0,12	0,10

1. Udvendig pladebeklægning
2. Luftspalte
3. Vindspærre
4. Mineraluld
 $\lambda = 0,034 \text{ W/mK}$
5. Skellet af tyndpladeprofil
6. Gulv på strøer
7. Etagedæk, 220 mm letklinkerbetonelement
8. Betonbjælke, KBE profil

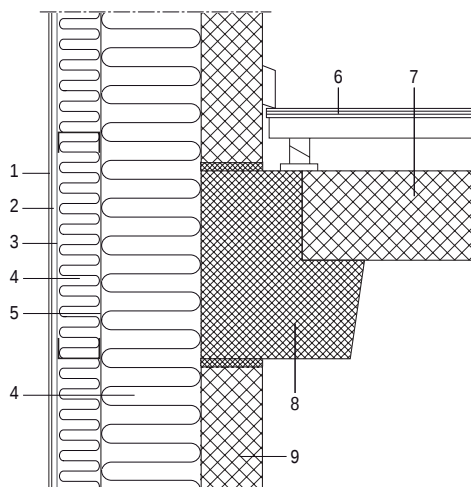


Ydervæg, let beklædning og vinduesparti

Ydervægskonstruktionen består af et skellet af 2 lag tyndpladeprofil med 2 lag mineraluld i tykkelser som profiler. Lagene er monteret på kryds for at minimere størrelsen af kuldebro og varmetab.

	BR 08	LAV 2	LAV 1	LAV 0
Isolering, mm	190	250	300	350
U-værdi, W/m²K	0,18	0,14	0,12	0,10

1. Udvendig pladebeklædning
2. Luftspalte
3. Vindspærre
4. Mineraluld
 $\lambda = 0,034 \text{ W/mK}$
5. Skelet af tyndpladeprofil
6. Gulv på strøer
7. Etagedæk, 220 mm
letklinkerbetonelement
8. Betonbjælke, KBE profil
9. Helvæg

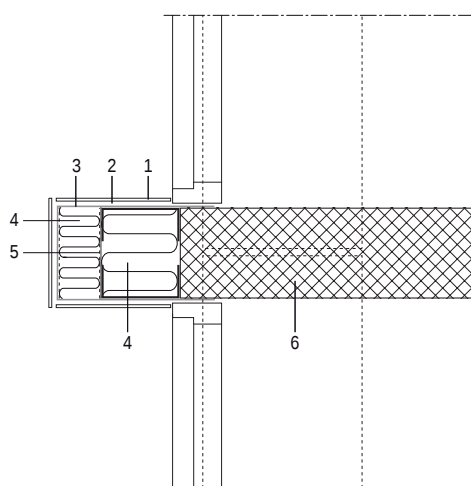


Ydervæg, let beklædning og fast parti

Ydervægskonstruktionen består af en bagvæg i letbeton. Herpå er monteret et skelet af 2 lag tyndpladeprofil med 2 lag mineraluld i tykkelser som profiler. Lagene er monteret på kryds for at minimere størrelsen af kuldebro og varmetab.

	BR 08	LAV 2	LAV 1	LAV 0
Isolering, mm	190	250	300	350
U-værdi, $\text{W/m}^2\text{K}$	0,18	0,14	0,12	0,10

1. Udvendig pladebeklædning
2. Luftspalte
3. Vindspærre
4. Mineraluld,
 $\lambda = 0,034 \text{ W/mK}$
5. Skelet af tyndpladeprofil
6. Helvæg



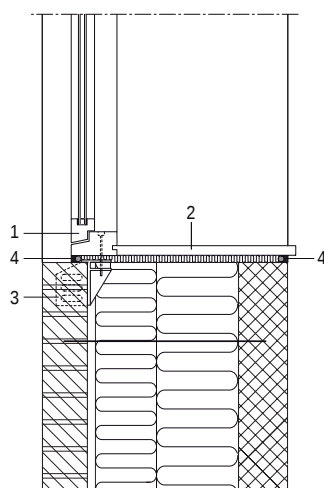
Vandret snit

Ydervæg, let beklædning på lejlighedsskillevæg

Lejlighedsskellet er ført 50 mm ud fra facadeflugten af lydmæssige hensyn og isoleringstykkelsen er tilsvarende mindre. Opbygningen svarer til resten af facaden med let beklædning.

	BR 08	LAV 2	LAV 1	LAV 0
Isolering, mm	140	200	250	300
U-værdi, $\text{W/m}^2\text{K}$	0,23	0,17	0,13	0,11

1. Vindue
2. Lysningsplade med påklæbet dampspærre
3. Konsolbeslag
4. Elastisk fuge

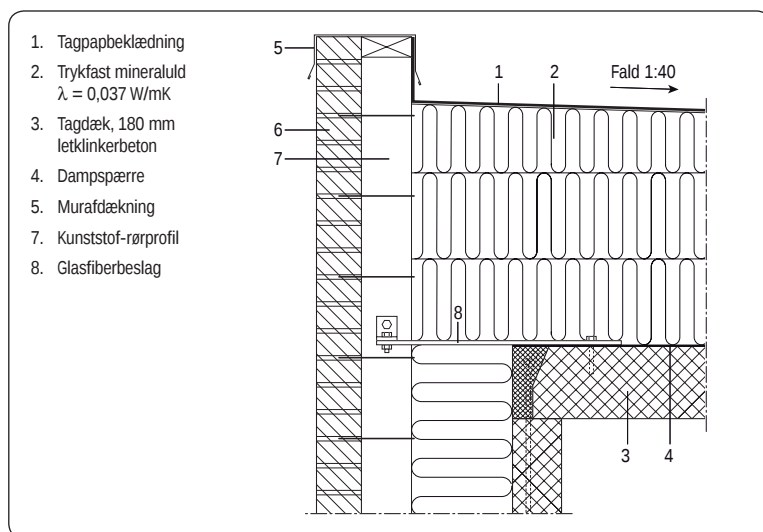


Vindue ved skalmur

Indbygning af vindue udføres med et indmuret plast-konsolbeslag, placeret i antal efter forskrifterne for vinduesmontering eller bæreevne af beslaget.

Dampspærre i lysningen monteres på udvendig side af karmen og hæftes til elementbagvæggen med butylklæber, så tilstrækkelig tæthed sikres.

Linietabet for indbygning af vinduet, $\Psi = 0,02 \text{ W/mK}$.

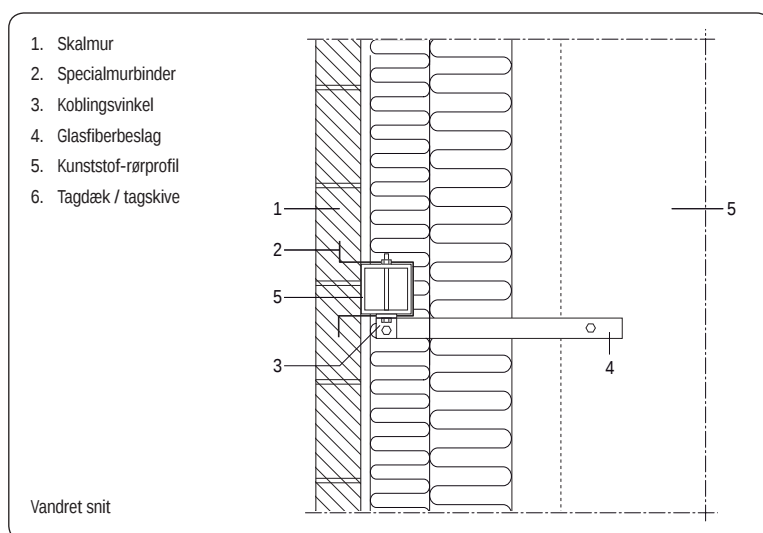


Tag, opbygning og afslutning ved skalmur

Tagopbygningen består af et 180 mm massivt letbetondæk med påklæbet dampspærre, mekanisk fastholdt mineraluld og beklædning med 2 lag tagpap. Isolering er kileskåret med fald 1:40 mod afløb midt i tagfladen.

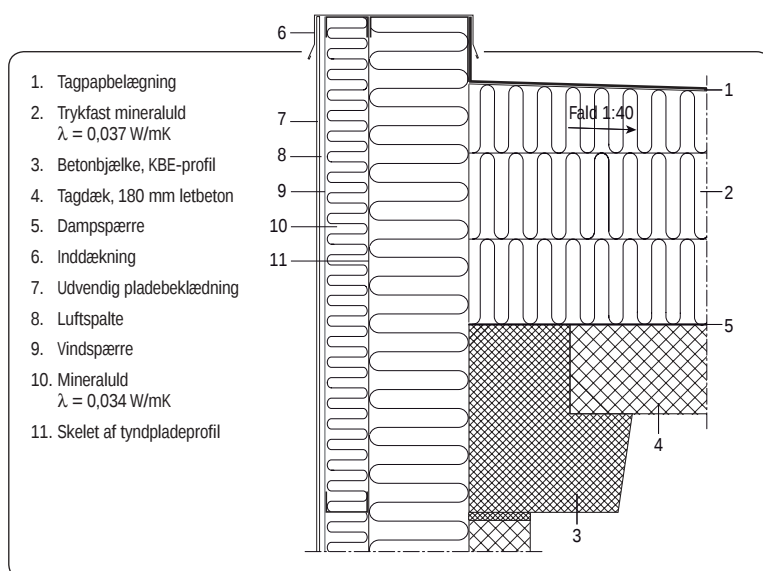
Skalmur / murkrone afstives med kunststof-rørprofil, som forankres til tagdækket med glasfiberbeslag, så varmetab minimeres.

	BR 08	LAV 2	LAV 1	LAV 0
Isolering, mm	300/450	350/500	400/550	450/600
U-værdi, W/m²K	0,10	0,09	0,08	0,07



Tag, forankring af skalmur / murkrone

Skalmur / murkrone afstives med firkantet kunststof-rørprofil. Via vinkelbeslag og samling med bolte fastholdes profilet til glasfiberbeslag, som igen forankres til tagdækket / tagskiven.

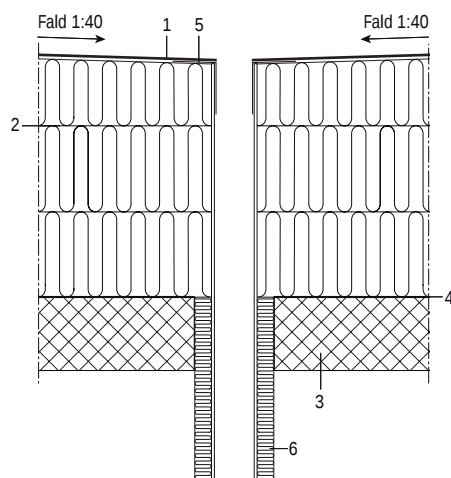


Tag, afslutning ved facade, let beklædning

Tagopbygningen består af et 180 mm massivt letbetondæk med påklæbet dampspærre, mekanisk fastholdt mineraluld og beklædning med 2 lag tagpap. Isolering er kileskåret med fald 1:40 mod afløb midt i tagfladen.

	BR 08	LAV 2	LAV 1	LAV 0
Isolering, mm	300/450	350/500	400/550	450/600
U-værdi, W/m²K	0,10	0,09	0,08	0,07

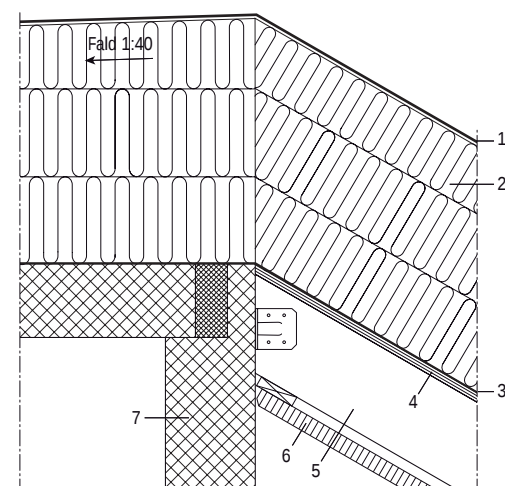
1. Tagpapbelægning
2. Trykfast mineraluld
 $\lambda = 0,037 \text{ W/mK}$
3. Tagdæk, 180 mm
letbeton
4. Dampspærre
5. Tagbrønd
6. Kondensisoleret nedløbsrør



Tag, afløb midt i tagfladen

Tagbrønd for afvanding udføres omkring midte af tagflade, hvor nedløbsrør kan placeres i skakt for føring af bygningens øvrige installationer.

1. Tagpapbelægning
2. Trykfast mineraluld
 $\lambda = 0,037 \text{ W/mK}$
3. Dampspærre
4. Tagkrydsfiner
5. Bjælkelag
6. Træbeton på forskalling
7. Lejlighedsskillevæg,
220 mm letbeton



Skrå tag over trappe

Opbygningen er træbjælkelag med forskalling og loftbeklædning på underside samt træfinerplade med udvendig isolering på overside. Afvanding sker til underliggende tagflade.



SEKRETARIAT

Dansk Beton Lethbetonelementgruppen - BIH

Postboks 2125
1015 København K
Telefon: 72 16 00 00
Telefax: 72 16 00 38
sekretariatet@bih.dk
www.bih.dk

Info om BIH - se side 2.

ELEMENTPRODUCENTER

Betonelement A/S

Vestergade 25, Postboks 10
4130 Viby Sj.
Telefon: 7010 3510
Telefax: 7216 6299
betonelement@betonelement.dk
www.betonelement.dk

EXPAN A/S

Skomagervej 11 C
7100 Vejle
Telefon: 7637 7000
Telefax: 7637 7001
post@expan.dk
www.expan.dk

EXPAN A/S

Ribevej 45
6650 Brørup
Telefon: 7637 7000
Telefax: 7637 7301
post@expan.dk
www.expan.dk

EXPAN A/S

Askhøjvej 6, Linå
8600 Silkeborg
Telefon: 7637 7000
Telefax: 7637 7201
post@expan.dk
www.expan.dk

EXPAN A/S

Fiskbækvej 1, Fiskbæk,
6920 Videbæk
Telefon: 7637 7000
Telefax: 7637 7101
post@expan.dk
www.expan.dk

EXPAN A/S

Snavevej 23
5471 Søndersø
Telefon: 7637 7000
Telefax: 7637 7501
post@expan.dk
www.expan.dk

Fårup Betonindustri A/S

Kærvej 1
8990 Fårup
Telefon: 8645 2088
Telefax: 8645 2004
info@faarup-beton.dk
www.faarup-beton.dk

Gandrup Element A/S

Teglværksvej 35
9362 Gandrup
Telefon: 9654 3800
Telefax: 9654 3810
ge@gandruelement.dk
www.gandruelement.dk

Gandrup Element A/S

Kærmindevej 3-5
6580 Vamdrup
Telefon: 7693 9000
Telefax: 7693 9019
ge@gandruelement.dk
www.gandruelement.dk

Give Element A/S

Hjortsvangen 19
7323 Give
Telefon: 7670 1540
Telefax: 7573 2503
ge@elementer.dk
www.elementer.dk

Leth Beton A/S

Rishøjvej 26
7755 Bedsted Thy
Telefon: 9794 5511
Telefax: 9794 5757
post@lethbeton.dk

Præfa-Byg

v/O.J. Beton A/S
Høngårdsvej 30
9750 Østerrå
Telefon: 9895 1300
Telefax: 9895 1725
praefa@praefa.dk
www.praefa.dk

Niss Sørensen & Søn A/S

Drosselvej 9, Postboks 19
7860 Spøttrup
Telefon: 9756 4222
Telefax: 9756 4614
nsa@nssas.dk
www.nssas.dk

Tinglev Elementfabrik A/S

Mads Clausensvej 58
6360 Tinglev
Telefon: 7217 1000
Telefax: 7217 1001
tinglev@te.dk
www.te.dk

SAMARBEJDSPARTNERE

maxit a.s.

Børglumvej 13
8240 Risskov
Telefon: 7010 1025
Telefax: 8742 7205
maxit@maxit.dk
www.maxit.dk

Aalborg Portland

Rørdalsvej 44, Postboks 165
9100 Aalborg
Telefon: 9816 7777
Telefax: 9810 1186
sales@aalborg-portland.dk
www.aalborg-portland.dk

INTERESSEMEDLEMMER

fibo intercon A/S

Herningvej 4
6920 Videbæk
Telefon: 9717 1666
Telefax: 9717 1175
info@fibointercon.com
www.fibointercon.dk

Aalborg Portland

Rørdalsvej 44, Postboks 165
9100 Aalborg
Telefon: 9816 7777
Telefax: 9810 1186
sales@aalborg-portland.dk
www.aalborg-portland.dk

Convi ApS

Louisevænget 7
5270 Odense N
Telefon: 6618 2026
Telefax: 6618 2043
convi@convi.dk
www.convi.dk

Et komplet byggesystem til hele råhuset

Helvægge og dæk af letbeton giver arkitektonisk frihed til at skabe spændende og sundt byggeri med kort byggetid og god økonomi. Skræddersyet efter individuelle ønsker og ideer og med mulighed for valgfrit facadeudtryk.

Med et rationelt byggesystem opbygges det råhus, som danner den miljørigtige og stabile kerne i byggeriet.

Du kan få leveret helvægge af letbeton til både bagmure, skillevægge, lejlighedsskel og kældervægge. Som bærende vægge kan helvægge af letbeton anvendes i alle sikkerhedsklasser - også over 5 etager.

Letbetondæk fremstilles til både tagdæk og etageadskillelse - og i forskellige typer afhængig af lydkrav, spændvidde og bæreevne.

Få råd og vejledning

Mange byggeprojekter kan med fordel realiseres med elementer af letbeton. Kontakt derfor en af producenterne for råd og vejledning på et tidligt stadium i projektet, så du får den bedste løsning til dit byggeri.

Dansk Beton
Letbetonelementgruppen - BIH
Postboks 2125
1015 København K
Tlf.: 7216 0000
www.bih.dk