

NOTAT 02

OPPDRAAG	Bergheim Bo- og aktivitetssenter	DOKUMENTKODE	512498-RIBfy-NOT-02
EMNE	Premissnotat Bygningsfysikk	TILJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAAGSGIVER	Halden Kommune	OPPDRAAGSLEDER	Stian Skavern
KONTAKTPERSON	--	SAKSBEH	Rein K Klich Raaholdt
KOPI	PG	ANSVARLIG ENHET	1065 Oslo Energibruk og bygningsfysikk

SAMMENDRAG

Dette notatet oppsummerer krav, anbefalinger og prinsipper som skal legges til grunn i den videre prosjekterings- og byggefasen. Målet er å oppnå god bygningsfysisk funksjon og å tilfredsstillere krav i TEK 10 med reviderte energikrav av 1. juni 2016 (TEK 16), så langt det er mulig. For enkelthets skyld omtales de reviderte energikravene i TEK 10 heretter som TEK 16. Dette gjelder kun forskriftens kapittel 14, resterende forskriftskrav består uendret. Notatet legger premisser for bygningsfysikk og inneholder anbefalte forslag til løsninger for arkitekt, entreprenør og andre rådgivere som har grensesnitt mot bygningsfysikk i prosjektet. Isolasjonstykkelser for å oppnå energikravene i TEK 16 er presentert i rapporten *512498-RIBfy-RAP-02_Evaluering av energieffektivitet*.

REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV
01	20.04.2017	Konkurransesgrunnlag	Rein K Klich Raaholdt	Grete Kjeldsen	Stian Skavern
00	16.03.2017	Premissnotat konkurransegrunnlag – Foreløpig	RKKR	-	-

Innholdsfortegnelse

1. Generelt	3
1.1 Om bygningsfysikk	3
1.2 Kort om prosjektet	3
1.3 Inne- og uteklime	4
1.4 Viktige grensesnitt mot andre aktører	5
2. Lover, forskrifter og prosjektkrav	6
2.1 Energibruk	6
2.2 Uavhengig kontroll	6
3. Generelle prinsipper innen bygningsfysikk og materialkrav	7
3.1 Byggfukt	7
3.2 Materialkrav	7
3.3 Kuldebroer	7
3.4 Tetthet	8
4. Forutsetninger for å oppnå prosjektkrav til energieffektivitet	8
5. Yttervegger	8
5.1 Kravnivå	8
5.2 Vurdering og forslag til løsning	9
6. Yttertak	10
6.1 Kravnivå	10
6.2 Vurderinger og forslag til løsninger	11
6.3 Tak over tekniske rom med beplantning (takterrasser)	13
6.4 PV-paneler (solceller)	13
7. Gulv på grunn	14
7.1 Kravnivå	14
7.2 Vurdering og forslag til løsning	14
8. Vinduer og dører	15
8.1 Kravnivå	15
8.2 Vurdering og forslag til løsning	15
9. Balkonger	16
10. Radonsikring	17
11. Våtrom	17

1. Generelt

1.1 Om bygningsfysikk

Multiconsult er engasjert av Halden Kommune som rådgiver i bygningsfysikk inklusiv energieffektivitet (RIBfy) for prosjektet Bergheim Bo- og aktivitetssenter.

Bygningsfysikk er de prosesser som påvirker bygningen som følge av ytre og indre klimapåkjenninger, og kan sammenfattes med følgende: varme-, luft- og fukttransport, samt materialbruk.

Dette notatet oppsummerer krav, anbefalinger og prinsipper som skal legges til grunn i den videre prosjekteringen og i utførelsesfasen for å oppnå god bygningsfysisk funksjon og for å tilfredsstillere krav i Byggteknisk forskrift av 2010, hvor energikravene er revidert 01.01.2016 (heretter kalt TEK 16). Evaluering av energikrav etter TEK 16 og prosjektets utvidede miljøambisjoner er oppsummert i en egen rapport *512498-RIBfy-RAP-02 Evaluering av energieffektivitet*.

Vår rolle som bygningsfysikkrådgiver i prosjektet er å sørge for – og dokumentere – at prosjekteringen tilfredsstiller de gjeldende forskriftskrav som berører fagområdet; hovedsakelig deler av kapittel 13 *Miljø og helse* og kapittel 14 *Energi* i Byggteknisk forskrift (inkl. veiledning og byggnormer). Disse ivaretas primært gjennom dette notatet.

For å sikre god implementering av intensjonene i dette dokumentet i den videre prosessen, er det viktig at notatet blir kjent i hele prosjekteringsgruppen (PG). Det er totalentreprenørens ansvar å sørge for dette.

Gjennomgang av de ulike bygningsdelene begynner i kapittel 5 hvor relevante krav, utfordringer og forslag til løsninger blir behandlet for hver bygningsdel.

1.2 Kort om prosjektet

Bergheim Bo- og aktivitetssenter skal bygges i Halden Kommune og blir et bosenter for 98 pasienter. Bosenteret er inndelt i beboergrupper på åtte personer.

Bygget utføres med betong i konstruksjoner mot grunnen og i dekke over kjeller. Klimaskallet utføres ellers i massivtre i yttervegger og tak. Etasjeskiller over plan 1 skal også utføres i massivtre.

Byggherre ønsker et energieffektivt bygg med robuste løsninger for behovsstyring og lave energikostnader innenfor grensene av hva som er mulig for et bosenter med døgkontinuerlig drift. Det er et prosjektmål å tilfredsstillere passivhusytelse iht. NS3701¹ til oppvarming og kjøling og energimerke A iht. den nasjonale energimerkeordningen.

Byggherre ønsker å benytte energibrønner for å hente fornybar varmeenergi og kjøling og har inkludert en opsjon på solceller (PV) montert på tak for å produsere fornybar elektrisitet.

Figur 1 viser et typisk snitt gjennom bygget i full høyde.

¹ Kriterier for passivhus og lavenergibygninger - Yrkesbygninger

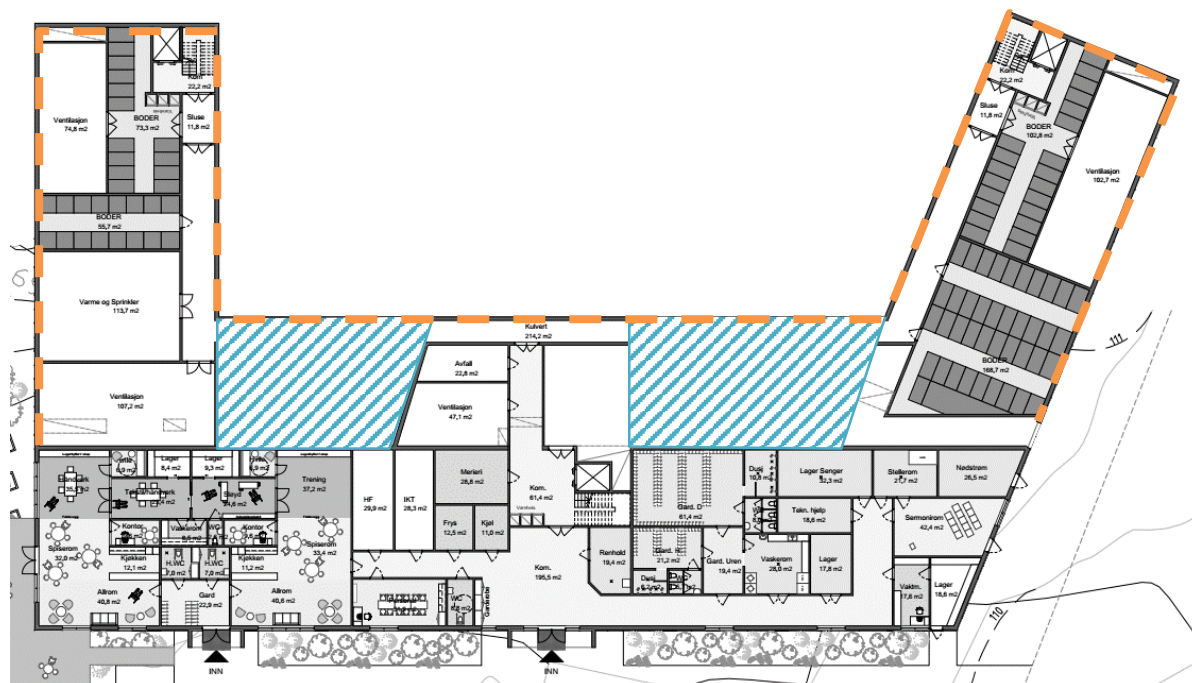


Figur 1: Typisk snitt gjennom bygget ved kjelleretasje (Kilde: Link Arkitektur)

1.3 Inne- og uteklime

1.3.1 Inneklime

Hele bygget regnes foreløpig som oppvarmet, inkl. transport-, bod- og tekniske arealer i underetasjen. Figur 2 nedenfor viser hvilke deler av kjelleretasjen som vender mot grunnen og de etasjeskillerne som vender mot det fri.



Figur 2: Kjelleretasjen med merking av yttervegger under grunnen (oransje stiplet linje) og etasjeskiller mot det fri (blå skravert areal) (Tegningsunderlag: Link Arkitektur)

Figur 3 viser hvilke arealer av plan 1 som anlegges som gulv mot grunnen.



Figur 3: Plan 1 påført arealer som anlegges som gulv på grunn (grønn skravert areal) (Tegningsunderlag: Link Arkitektur)

1.3.2 Uteklima

Det er moderat til liten påkjenning fra vind og nedbør i Halden kommune, se Tabell 1. Klimaendringer kan føre til at samtidig vind og nedbør (slagregn) forekommer hyppigere i framtiden, og at risikoen for fuktskader øker. Prosjektet bør ta høyde for å motstå slike påkjenninger, bl.a. ved bruk av to-trinns tetting, god skjerming av veggfelt ved takutstikk og tilstrekkelig høye oppkanter på membraner og tilstrekkelig fall. Dette er nærmere beskrevet i kapitler for de enkelte bygningsdeler.

Tabell 1: Nedbørsdata fra Byggforsk. (Kilde: 451.031 Klimadata for dimensjonering mot regnpåkjenning)

Målestasjon			Nedbør		
Nr.	Sted	Kommune	Normal	Slagregn, l_0	Hovedretning, θ
			mm/år	mm/år	(°)
1130	Prestebakke	Halden	895	223	190

1.4 Viktige grensesnitt mot andre aktører

Bygningsfysikk har grensesnitt mot andre aktører, og følgende avklaringer/grensesnitt må ivaretas i detaljfasen:

- Alle kritiske klimaskalldetaljer skal forevises PRO Bygningsfysikk for kommentar i god tid før relevant IG-søknad. Framdriftsplan for detaljproduksjon i form av tegningsliste skal foreligge ved oppstart detaljprosjekt (ARK). I denne framdriftsplanen må det minst settes av to uker fra RIBfy får tilsendt detaljtegninger fra ARK, til kommenterte detaljtegninger leveres tilbake. Det er viktig at detaljtegninger er komplette og entydige som arbeidsgrunnlag. Detaljene skal vise tydelig føring av vind- og dampsperrsjikt og membran, med tydelig avslutting av disse sjiktene. Alle tettelsesninger, skjøting av tettesjikt og innfesting av ulike komponenter må komme tydelig frem på detaljtegningene.
- Vi ønsker også å kontrollere detaljtegninger av gulv på grunn (fra RIB), spesielt mtp. radonsikring og isolering.
- Høyderegnskap for å kontrollere at det er satt av plass innenfor reguleringsbestemmelser til tilstrekkelig isolering samtidig som fallforhold og fuktsikring kan ivaretas (ARK).
- Dokumentasjon av tilfredsstillende termisk inneklima (sommer- og vintersituasjon) og eventuelle behovsvurderinger av solskjerming ligger hos RIV.
- Dokumentasjon av dagslys krav ligger hos ARK.
- RIV og RIE må være behjelpelig med å fremlegge relevante opplysninger og dokumentasjon som må foreligge i forbindelse med energiberegningene.
- Snitt over utendørsflater tilstøtende bygningene (LARK) og takplaner med sluk, renner og fallforhold inntegnet (ARK).

2. Lover, forskrifter og prosjektkrav

Plan- og bygningsloven stiller krav til de typiske bygningsfysiske ytelsene som omhandler fukt, varmeisolerings, tetthet, energibruk, etc. Disse er gitt i byggeteknisk forskrift kapittel 13 *Miljø og helse* og kapittel 14 *Energi*. I tillegg berøres fagområdet bygningsfysikk av forskrift om byggesak (SAK 10), spesielt reglene om uavhengig kontroll.

Funksjonskravene vil normalt kunne oppfylles ved bruk av anerkjente og preaksepterte løsninger, f.eks. som vist i anvisninger i Byggforskserien fra SINTEF Byggforsk.

2.1 Energibruk

Energikravene i teknisk forskrift kap. 14 ble revidert 1.1.2016. Disse reviderte kravene hadde en overgangsperiode på ett år, som vil si at for byggesøknader som ble sendt til kommunen frem til 1.1.2017 var det valgfritt å benytte nytt eller tidligere regelsett. Prosjektet må tilfredsstillere nytt regelsett. Videre i notatet er det det nye regelsettet datert 01.01.16 vi viser til når vi refererer til energikrav i TEK 16.

Bygget plasseres kategorien «Sykehjem» iht. TEK 16, § 14-2.

2.2 Uavhengig kontroll

Bygningsfysikk er underlagt uavhengig kontroll, nedfelt i forskrift om byggesak (SAK 10).

Iht. SAK 10 § 14-2 skal det gjennomføres uavhengig kontroll for bygningsfysikk i tiltaksklasse 2 og 3. For bygningsfysikk begrenses kontrollkravet for prosjektering til energieffektivitet og detaljprosjektering av lufttetthet og fuktsikring i yttervegger, tak og terrasser. Kontrollkravet for utførelse begrenses til byggfukt, lufttetthet og ventilasjon, og at dette er gjennomført som prosjektert og dokumentert.

3. Generelle prinsipper innen bygningsfysikk og materialkrav

3.1 Byggfukt

Byggfukt er den fuktmengden som må tørkes ut for at materialene skal komme i fuktlikevekt med omgivelsene når bygningen er i normal bruk. Mange av materialene i et nybygg inneholder mer byggfukt enn ønskelig. Byggfukt finnes dels i materialene når de kommer til byggeplassen og dels blir den tilført under byggingen, både pga. nedbør og «våte» arbeidsoperasjoner. Særlig betong, trevirke, og trebaserte plater kan inneholde mye byggfukt.

For å unngå skader på grunn av byggfukt, bør man bevisst velge materialer, konstruksjoner og utforming som inneholder lite fukt, ikke lett tar opp fukt, tåler fuktpåkjønning godt og tørker lett ut.

SINTEF Byggforsk Byggdetaljer 474.533 *Byggfukt. Uttørking og forebyggende tiltak (2006)* gir veiledende nivåer for kritisk fuktinnhold i trevirke ved montering/innbygging:

- Konstruksjonsvirke i konstruksjoner som tørker raskt etter lukkingen, for eksempel vegger over terrengnivå: < 20 vekt-%.
- Konstruksjonsvirke i konstruksjoner som tørker svært langsomt etter lukkingen, for eksempel vegger under terrengnivå: < 15 vekt-%.

Videre bør en ta følgende forholdsregler:

- Bruke mest mulig vanntett, men dampåpen vindsperre.
- Montere dampspærre før rommet varmes opp.
- Unngå konstruksjoner med organiske materialer mellom damptette sjikt.
- Benytte kapillærbrytende sjikt mellom treverk og betong/murverk.
- Beskytte materialer mot nedbør under transport, lagring og montering.
- Ikke bygge inn fuktige materialer (f.eks. tett belegget på fuktig betong/påstøp).
- Sørge for å få lukket bygg (tette yttervegger og tak) så tidlig som mulig i byggefasen, og kun montere konstruksjoner som tåler vann før bygget er lukket.

3.2 Materialkrav

Robusthet skal være stikkord for alle materialvalg i prosjektet. Det gjelder både i forhold til mekaniske egenskaper, men også i forhold til å beholde funksjonalitet over tid.

Det vil være avgjørende at livssyklus benyttes som et av de viktigste valgkriterier for produkter.

Det bør legges stor vekt på tredjeparts dokumentasjon av materialer. Europeisk teknisk godkjenning ETA eller teknisk godkjenning fra Norge, TG/NTG, bør kreves for alle vesentlige komponenter i de klimaskillende konstruksjoner for bygningen.

3.3 Kuldebroer

En kuldebro er en del av klimaskallet der den ensartede varmemotstanden endres signifikant. Dette kan være at materialer med dårligere varmemotstand passerer helt eller delvis gjennom klimaskallet, endring i klimaskallets tykkelse eller en forskjell mellom innvendig og utvendig areal. Normalisert kuldebroverdi er definert som summen av alle kuldebroene dividert på byggets oppvarmede bruksareal.

Ved bruk av energirammemetoden i TEK 16 for å dokumentere energieffektivitet er det ikke et minstekrav til normalisert kuldebro, men prosjektkravet om lavere netto energibehov tilsier at verdien må reduseres.

Det er benyttet en kuldebroverdi i prosjektet som er lavere enn pre-akseptert verdi, det må derfor utføres beregninger av byggenes kuldebroer og omfanget av kuldebroene for å kunne dokumentere den normaliserte kuldebroverdien i detaljfasen.

3.4 Tetthet

Minstekravet i TEK 16 til lekkasjetall ved 50 Pa er $\leq 1,5$ luftvekslinger per time.

Vi anser det som sannsynlig at bygget kan oppnå et adskillig lavere lekkasjetall med tanke på hvordan klimaskallet er prosjektert, og har benyttet en lavere (bedre) verdi i energiberegninger.

God tetthet er et resultat av god prosjektering og samarbeid mellom alle faggrupper som er involvert i oppføringen av klimaskallet.

For at det skal være mulig å etablere god tetting, må arbeidsoperasjoner foregå i en logisk rekkefølge som gir best mulig tilgjengelighet for håndverker. Arbeid med tettetdetaljer for et sjikt skal derfor utføres mens sjiktet minst er direkte tilgjengelig fra én side. For eksempel skal vindtetting rundt vinduer foregå før det etableres noen form for kledningssjikt - værhud - utenfor vindtettingen.

For å oppnå varig god tetting med klemte skjøter er det avgjørende at lekter er tørre ved montering og at det velges riktige festemidler. Lekter med for høyt fuktinnhold gir dårlig klem på grunn av krymp under uttørking. Skruer gir best klem for lekter.

Produsenter av produkter som skal monteres i eller på klimaskjermen må utfordres i forhold til å bidra til god tetting. Det finnes for eksempel vindusprodusenter i dag som leverer klemløsninger i karmen slik at «remser» av vindtetting sitter på vinduet.

På byggeplassen må det være kultur for å si fra om feil som oppstår, slik at disse tettes på en god måte.

For tetteprodukter bør man der det er mulig bare benytte produkter med tredjeparts godkjenning. Det vi si SINTEF Teknisk Godkjenning eller tilsvarende dokumentasjon.

4. Forutsetninger for å oppnå prosjektkrav til energieffektivitet

Alle U-verdier og krav til tekniske anlegg er gitt i rapporten *512498-RIBfy-RAP-02 Evaluering av energieffektivitet*. Rapporten gjengir beregninger av energieffektivitet og en evaluering av energikravene på forprosjektnivå, der disse verdiene er implementert.

For krav og anbefalinger til oppbygning av de ulike bygningsdelene i prosjektet, se etterfølgende kapitler.

5. Yttervegger

Under følger en kort gjennomgang av krav for de ulike veggtypene som utgjør klimaskjermen i prosjektet.

5.1 Kravnivå

Minstekrav til U-verdi for yttervegg iht. TEK 16, er $0,22 \text{ W/m}^2\text{K}$. Dette kravet gjelder for den gjennomsnittlige U-verdien for alle ytterveggene i prosjektet og vegger mellom oppvarmet og uoppvarmet areal innenfor klimaskjermen.

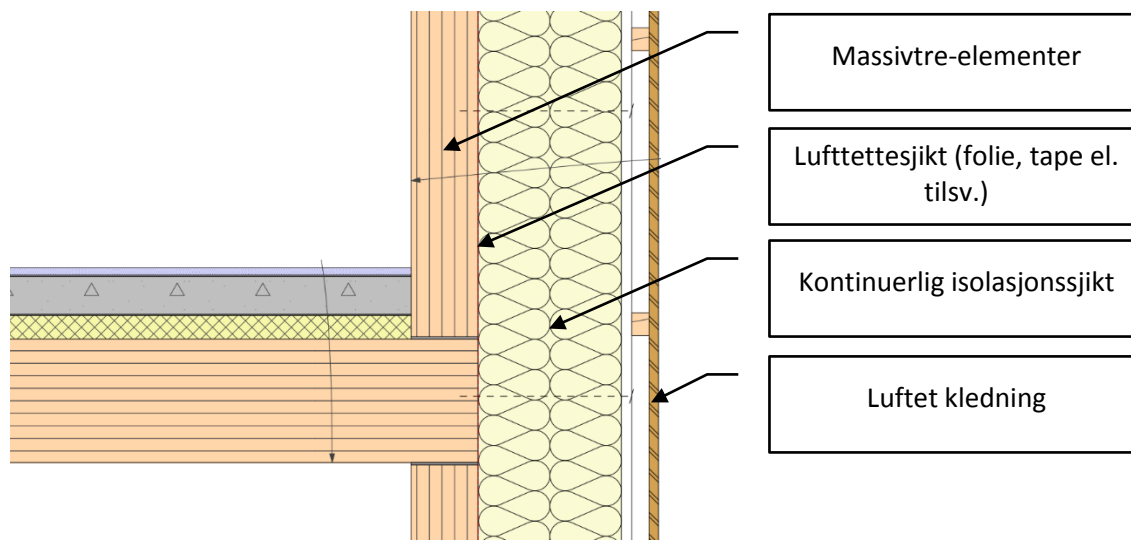
Krav til fuktkontroll etter TEK 10 kapittel 13 avsnitt VI.

5.2 Vurdering og forslag til løsning

Under er det beskrevet forslag til løsning for de ulike veggtypene i prosjektet.

5.2.1 Yttervegg over grunnen: Massivtrevegger med kontinuerlig utvendig isolasjon og luftet kledning

Ytterveggen utføres i massivtre med kontinuerlig utvendig isolasjonslag. Innfesting av luftesjikt og utvendig kledning skjer gjennom isolasjonssjiktet. Se Figur 4 for prinsipiell oppbygging av veggen.



Figur 4: Prinsippskisse av ytterveggen (Kilde: Link Arkitektur)

U-verdien er avhengig av isolasjonstykkelse og isolasjonskvaliteten som benyttes. Vi antar en lambdaverdi, λ , lik 0,034 W/mK for isolasjonsmaterialet og presenterer U-verdi for to aktuelle isolasjonstykkelser i tabellen nedenfor.

Tabell 2 Tabellen viser U-verdier for massivtrevegger med kontinuerlig utvendig isolasjon (Kilde: Byggedetaljblad 471.421 fra SINTEF Byggforsk)

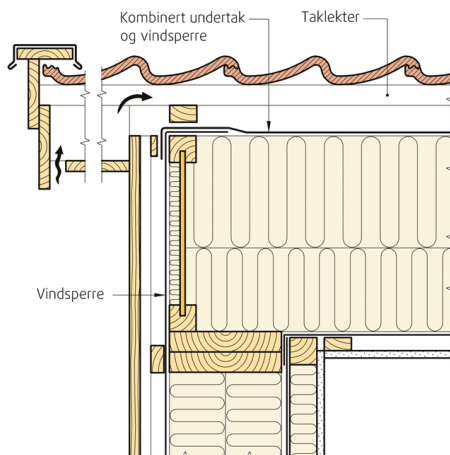
U-verdi for massivtrevegger 140 mm med kontinuerlig utvendig isolasjon, $\lambda = 0,034$	
Isolasjonstykkelse	U-verdi [W/m ² K]
200 mm	0,14
250 mm	0,11

Isolasjonslaget skal etableres i to sjikt med forskjøvne skjøter. Monteres ellers iht. leverandørens anvisninger.

Det må benyttes et kontinuerlig vindspærresjikt av plater eller duk bak den luftede kledningen. Det er ikke ansett som nødvendig med dampspærresjikt i en massivtrevegg, men det vil være nødvendig å gjennomføre lufttettingstiltak i overganger mellom gulvelementer og tak- og himlingelementer og i skjøter mellom elementene. Dette skal utføres med tapeprodukter med dokumentert heft, eller remser av vindspærre- eller dampspærreprodukter.

Vi anbefaler en lufte- og drencspalte på min. 50 mm. Denne drenerende luftspalten skal være forbundet med lufteåpninger nederst på veggen som sikres med musestopp. Det skal sikres at lekkasjevann, som har blitt drenert ned i luftspalten, ledes ut av konstruksjonen på en trygg måte.

Også i toppen av veggen skal luftspalten ha åpning til det fri, gjerne forbundet med luftingen fra taket, som vist i Figur 5.



Figur 5: Prinsippskisse av lufting yttervegg og tak (Kilde: BKS 525.102 Isolerte skrå tretak med kombinert undertak og vindspærre)

Beslag og kledning av metallplater/båndtekning skal alltid atskilles fra bakenforliggende, luftet bygningssplate med vanntett duk. Dette gjelder også beslag rundt vinduer.

Horisontale beslag i luftet kledning må utformes slik at vann kan dreneres ut av luftespalten bak kledningen. Beslaget må ha en oppbrett, minst 50 mm, som føres opp bak vindsperra evt. tettes i overkant slik ikke fukt trenger ned mellom beslaget og vindspærren.

Beslagskjøter bør dobbeltfalses eller skjøtes på andre likeverdige eller bedre måter. Løsning for skjøter og for overgang mellom ulike materialer skal beskrives og tegnes i detalj. Tilstrekkelig sikkerhet, tetthet og beskyttelse i byggetiden må vurderes. Alle beslag må ha dryppkant som går minst 20 mm ut fra fasaden/underlaget.

5.2.2 Yttervegg 2: Yttervegg under grunnen

Ytterveggene i kjelleretasjen vender delvis mot grunnen og skal være i betong. Veggene isoleres iht. krav i energirapport.

Byggegrunnen representerer en varmemotstand som reduserer varmetapet fra bygningsdeler under terreng. I tillegg har jordmassene en stor varmekapasitet som fører til at temperatur-svingningene dempes og faseforskyves i dybden, noe man kan ta nytte av i vinterhalvåret. Under dimensjonerende frostdybde kan isolasjonstykkelsen derfor reduseres. Dette detaljeres i videre prosjektering.

Yttervegger mot terreng må ha et drenerende sjikt på utsiden. Det skal sikre at overflatevann ikke gir vanntrykk mot vegg. Utvendig veggoverflate må være beskyttet med et kapillærbrytende materialsjikt. SINTEF Byggforsk anbefaler at grunnmursplater (knasteplater) monteres på utsiden av utvendig, dampåpen isolasjon som hard mineralull eller spesialkvaliteter av EPS. Dette for å oppnå enda høyere sikkerhet mot fuktskader i konstruksjonen ved å muliggjøre raskere uttørking av betongen. I tillegg beskyttes isolasjonen mot mekanisk påkjenning. Isolasjon som utsettes for fukt fra grunnen eller ligger under grunnvannstand skal utføres med limte skumplastplater med lukkede celler (XPS) eller skumglassisolasjon satt i bitumen.

6. Yttertak

6.1 Kravnivå

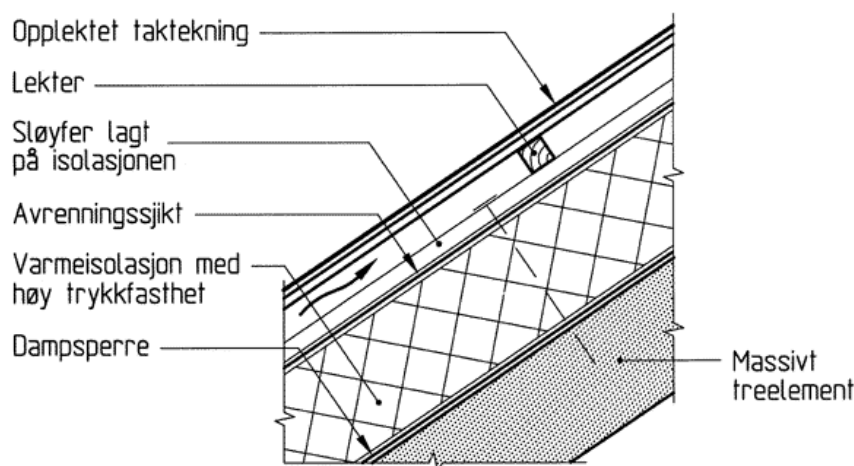
Minstekrav til U-verdi for tak iht. TEK 16 er $0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Krav til fuktkontroll etter TEK 10 kapittel 13 avsnitt VI.

6.2 Vurderinger og forslag til løsninger

6.2.1 Luftet tak

Takene bygges opp som luftede tak med kontinuerlig isolasjonssjikt eller med tilfarere i tre/stål. Det er mest vanlig å fuktsikre med kombinert undertak- og vindsperresjikt, som vist i prinsipp i Figur 6. Taket skal ha et dampsperresjikt på varm side av helklebet membran eller sveiset folie. Treverk skal aldri bygges inn mellom to damptette sjikt, derfor skal undertaket være dampåpent. Massivtreelementer skal kunne tørke ut innover.



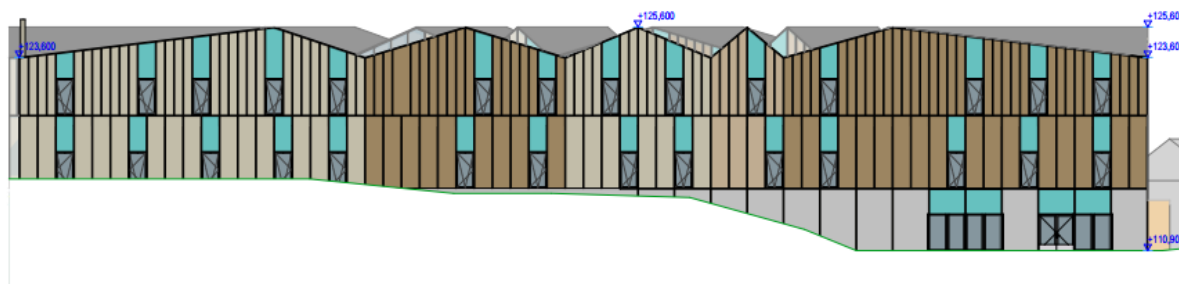
Figur 6: Rettvendt tak på massivtredekker (Kilde: 520.205 Massive treelementer. Typer og bruksområder)

Dersom det skal benyttes brennbar isolasjon må dette detaljprosjekteres i samarbeid med RIBr. Taktypen har U-verdier som vist i tabellen nedenfor.

Tabell 3 Tabellen viser U-verdier for massivtreelementer med kontinuerlig utvendig isolasjon eller tilfarere i tre for ulike isolasjonstykkelser (Kilde: Byggdetaljblad 471.013 fra SINTEF Byggforsk)

U-verdi for massivtre-elementer i tak, 260 mm		
Isolasjonstykkelse	U-verdi [W/m ² K]	
	Kontinuerlig isolasjon, $\lambda = 0,034$	Isolasjon i oppføring av tre, 48 mm stendere, $\lambda = 0,034$
280 mm	0,11	0,12-0,13
300 mm	0,11	0,11-0,12
350 mm	0,10	0,10-0,11

Takene har flere ulike taklengder og -vinkler som eksempel vist i Figur 7. Luftehøyde og åpninger ved møne og raft må tilpasses dette. Anbefalt luftehøyde for ulike taklengder og vinkler er vist i Figur 8.

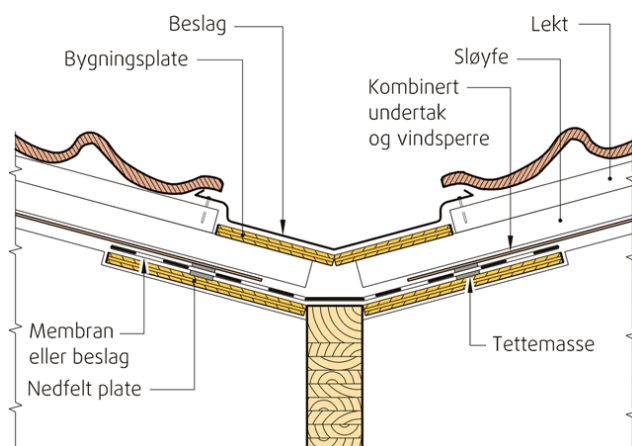


Figur 7: Eksempel på takets utforming på byggets sør-vestre fasade (Kilde: LINK Arkitektur)

Takvinkel	Taklengde (m) ¹⁾		
	7,5	10	15
18–30°	36	36 + 36	48 + 48 ²⁾
31–40°	30	36	36 + 23
≥ 41°	23	36	36 + 23

Figur 8: Anbefalt luftehøyde for ulike taklengder og vinkler (Kilde: 525.102 Isolerte skrå tretak med kombinert undertak og vindsperre)

Avrenning fra taket vil være et viktig tema i detaljprosjekteringen, fordi takflatene avsluttes mot hverandre i en slags «sagtann-formasjon». Det er vist et prinsipp for fuksikring i vinkelrennene mellom takflatene i Figur 9, men dette må prosjekteres nærmere. Det er mulig å ha både renner med sluk og innvendig nedløp og utvendige nedløp på dette taket.



Figur 9: Prinsipp for tetting ved vinkelrenner i tak som kan være aktuelt for Bergheim. (Kilde: 525.102 Isolerte skrå tretak med kombinert undertak og vindsperre)

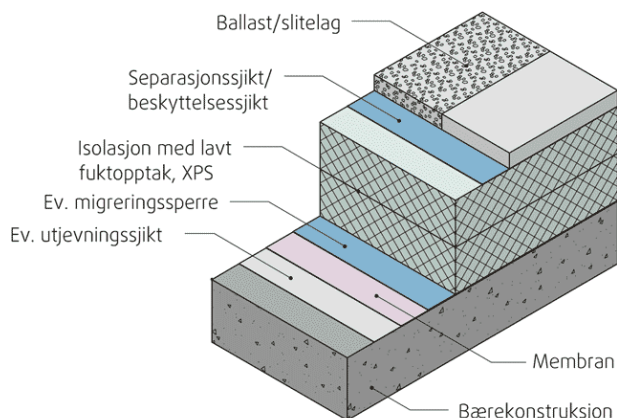
6.2.2 Kompakt tak

Over kultursal/resepsjon skal taket benyttes som terrasse og bygges opp som et kompakt varmt tak uten organiske materialer. Deler av taket skal beplantes med sedum og deler skal benyttes som terrasse med oppforet tregulv. I tillegg skal det anlegges tyngre, enkeltstående blomsterkasser.

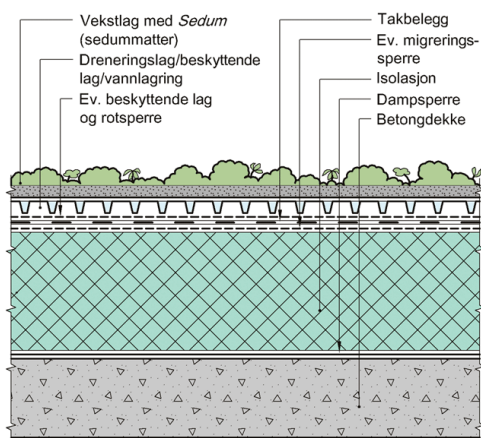
Dette taket skal ha fall på vannførende sjikt mot renner/sluk på min. 1:40 og innvendige nedløp. Avvanning skal prosjekteres uten bruk av varmekabler/-matter.

Taket kan bygges både rettvendt og omvendt, altså med membranen hhv. over eller under isolasjonslaget. Ettersom underlaget for taket er massivtre, anbefaler vi en heklebet membran direkte på bærekonstruksjonen. For sedumdelen av taket bør det benyttes skumglassisolasjon over membran for å oppnå tilstrekkelig fuksikring og på terrassedelen bør det vurderes en påstøp for å ta laster fra blomsterkasser og beskytte membranen.

I Figur 10 vises prinsipp for omvendt tak under terrasser for trafikk og i Figur 11 rettventdt tak med sedum.



Figur 10: Oppbygning av omvendt tak med isolasjon over membranen – prinsipp (fra Byggdetaljer 525.207; SINTEF Byggforsk)



Figur 11: Eksempel på oppbygning av tak med vekstlag for beplantning med sedum. Illustrasjonen sammenfaller ikke nødvendigvis med prosjektert løsning (SINTEF Byggforsk)

Dette taket må detaljprosjekteres med tilgjengelig oppbygningshøyde og reelle laster av totalentreprenør.

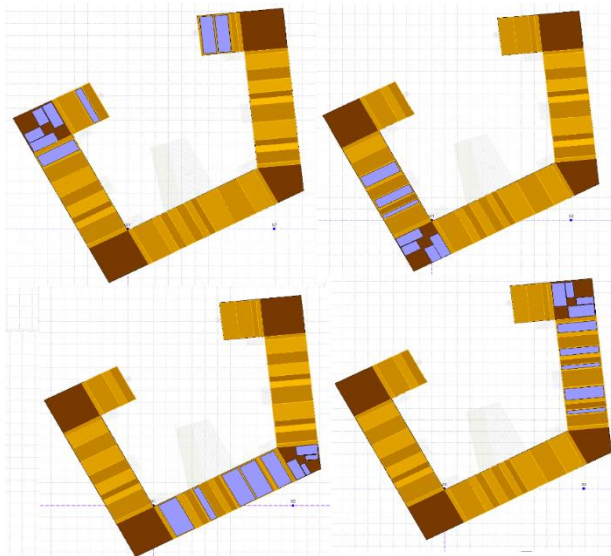
Sedumtak setter også krav til dimensjonering av avløp og sluk og må prosjekteres mtp. brann og sikres mot vindlaster. Tilgjengelighet for vedlikehold og rengjøring av sluk er viktig både for sedum- og tremme-delen av taket.

6.3 Tak over tekniske rom med beplantning (takterrasser)

På dekker over kjeller inne i gårdsrom skal det anlegges takterrasser for trafikk og beplantning. Mengden trafikk og type beplantning avgjør hvor robust løsning som kreves. For de mest trafikkerte arealene bør det være påstøp av betong som beskytter membranen. Takløsningen skal være omvendt takløsning, der en robust tekning monteres under isolasjonslag og utvendig oppbygning. Nødvendig fall etableres i bærekonstruksjonen, slik at det er tilstrekkelig fall på membranen. Membranen skal helklebes mot dekket.

6.4 PV-paneler (solceller)

Taket skal forberedes for montasje av PV-paneler på utvalgte deler, anbefalt plassering er simulert og anbefalt av Multiconsult i forprosjekt, se Figur 12. Det er mulig at PV-paneler kan erstatte taktekningen i det luftede taket og at dummy-paneler benyttes der PV-paneler ikke er aktuelt. PV-paneler kan også monteres oppe på eksisterende topptekning.



Figur 12: Forslag til plassering av PV-paneler på tak (lyse felter), Bergheim. Simulert av Multiconsult i forprosjekt. (Kilde: Multiconsult)

Innfesting av panelene skal ikke være til hindring for fuktsikring inkl. avrenning eller redusere takets bestandighet. Eventuelle gjennomføringer for kabler el. skal utføres med mansjetter el. tilsvarende.

7. Gulv på grunn

7.1 Kravnivå

Krav til U-verdi for gulv på grunn og mot det fri er $0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$ iht. minstekrav i TEK 16. Dette kravet gjelder for den gjennomsnittlige U-verdien for alle gulvflater.

Krav til fuktkontroll etter TEK 16 kapittel 13 avsnitt VI.

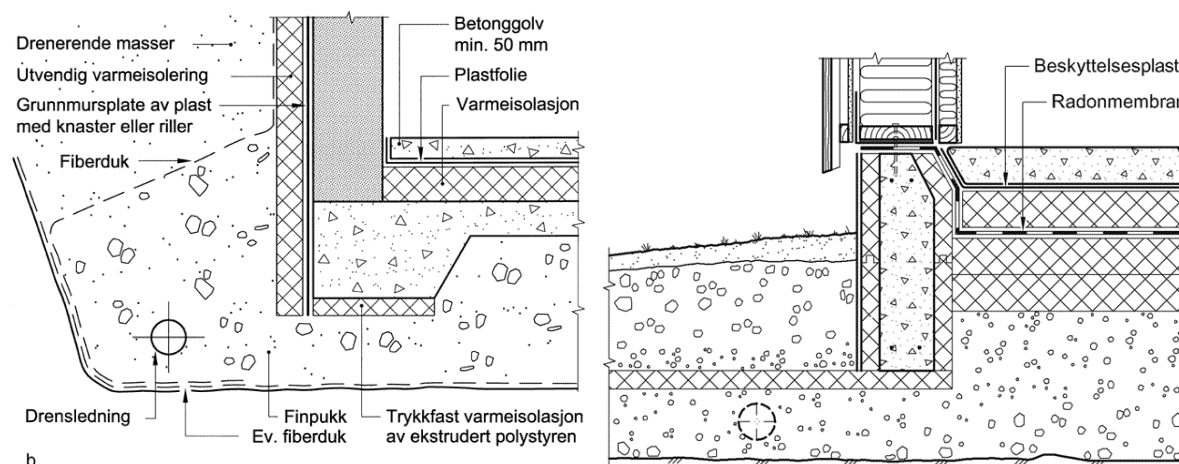
Krav til radonsikring etter TEK 16 kapittel 13 avsnitt III.

7.2 Vurdering og forslag til løsning

Oppvarmede arealer som har gulv på grunn er nordlige deler av beboerarealer og hele kjellerarealet.

For gulv på grunn er det behov for fuktsperre mellom bunnplate og isolasjonen. Fuktsperren skal blant annet beskytte mot vanndamp fra grunnen. Dette kan gjerne kombineres med radonsperre, se Figur 13.

For radonsikring, se kapittel 10.



Figur 13: Eksempel på utførelse av hhv. gulv på grunn i kjeller og gulv på grunn i plan 1. Prinsipper for betong vist her kan avvike fra prosjektert løsning. (Kilder: 522.111 Betonggulv på grunnen og 520.706 Sikring mot radon ved nybygging)

8. Vinduer og dører

8.1 Kravnivå

Minstekrav for U-verdi vindu og dør iht. TEK 16 er $1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$. Dette kravet gjelder for den gjennomsnittlige U-verdien for alle vinduer, glassfelt og ytterdører, inklusiv karm/ramme.

Det er ikke lenger krav til total solfaktor på solbelastet fasaden i de nye energikravene, men krav til termisk komfort i § 13-4 i TEK 10 gjelder fremdeles, og skal tilfredstilles vha. for eksempel simuleringer.

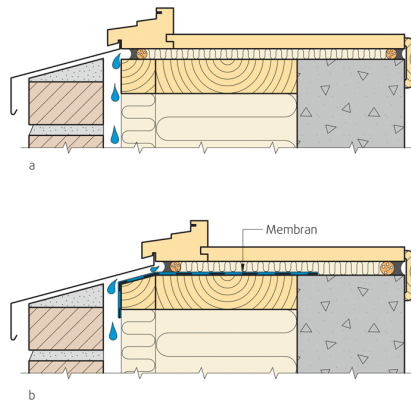
Krav til fuktkontroll etter TEK 10 kapittel 13 avsnitt VI.

8.2 Vurdering og forslag til løsning

I energiberegningene er det lagt til grunn passivhuskrav for glassfelter og vinduer, som skal tilfredsstille U-verdi $\leq 0,80 \text{ W/m}^2\text{K}$. Dører kan ha noe høyere U-verdi, men skal ikke overstige $1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$.

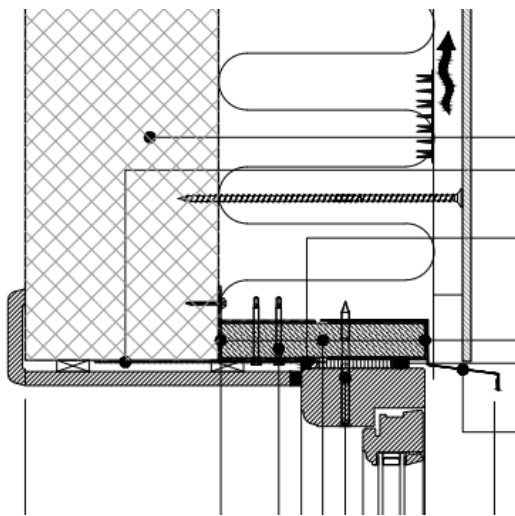
Prinsippet om to-trinns tetning med atskilt regnskjerm og lufttetning, med et luftet og drenert hulrom imellom, må benyttes også for vindusinnsetting. Dette må vises tydelig i detaljtegningene fra ARK.

Hvordan vinduet er plassert i vegglivet er en viktig faktor ved vurdering av fuksikring og kuldebro. Figur 14 a viser en løsning hvor sporet i bunnkarmen for sålebensbeslaget er i plan med utsiden av isolasjonssjiktet i vegg. Dette for å få en bedre fuksikring for overgang vindu/yttervegg, og er den løsningen Multiconsult anbefaler. Ved plassering av vinduet lenger inn i vegglivet, som Figur 14 b viser, kreves det ekstra fuksikring under karm og sålebensbeslag i form av helklebende membran. Membranen må ha oppbrett i sider på samme måte som for beslag. Kuldebroen blir derimot mindre for plassering av vinduet lenger inn i vegglivet (Figur 14 b), men Multiconsult mener det er viktigere å prioritere den mest fuksikre løsningen.



Figur 14: To hovedalternativ ved vindusplassering. (Byggdetaljblad 523.702 fra SINTEF Byggforsk)

For systemer med kontinuerlig utvendig isolasjon finnes det tilpassede systemer for innsetting som kan vurderes i detaljprosjektet, se Figur 15 for eksempel.



Figur 15: Forslag til innsetting av vindu i massivtrevegg med leverandørens system for innsetting av vinduer. Illustrasjonen sammenfaller ikke nødvendigvis med prosjektert løsning (Kilde: Rockwool)

Det anbefales tradisjonelle balkongdører fremfor skyvedører, da tradisjonelle dører har bedre kvaliteter mtp. lufttetthet.

Ifm. universell utforming (UU) stilles det krav om trinnfri adkomst. Ytterdørene må vies spesiell oppmerksomhet for å løse trinnfri adkomst på en fuktsikker måte. Alle ytterdører og balkongdører bør prosjekteres med takoverbygg på min. 1 m lengde til alle sider, renne og tråkkerist som sørger for god drenering og tilstrekkelig høyde fra membran til terskel.

Multiconsult har ikke vurdert behovet for solskjerming for bygget, men det er foreløpig lagt til grunn solavskjerming på alle vindus- og glassfelt på solbelastede fasader.

9. Balkonger

Det skal benyttes utkragede balkonger i prosjektet. Balkongene leveres som prefabrickerte betongelementer eller massivtreelementer som forbindes til hovedkonstruksjonen med konstruktive kuldebrytere eller opplagres helt eller delvis på eget bæresystem.

Balkongene skal ha membran. Anbefalt membranoppkant er 150 mm mot tilstøtende vegg. Dersom det er et overbygg på 1 meter ut og til hver side ved terrassedør, kan oppkanten på membranen reduseres til 50 mm mot dørterskel.

Balkongene bør ha et fall på 1:80 ut fra bygget, og skal ha min 1:100.

Overflatesjiktet må ikke hindre avrenning av balkongene. Eventuelle labanker må ikke legges på tvers av fallretningen.

10. Radonsikring

Iht. TEK 10 § 13-5 skal bygninger prosjekteres og utføres med radonforebyggende tiltak slik at innstrømming av radon fra grunn begrenses. Radonkonsentrasjon i inneluft skal ikke overstige 200 Bq/m³. Dette gjelder årsgjennomsnittet, målt i samsvar med Statens strålevern sine prosedyrer.

Følgende skal minst være oppfylt:

- Bygning beregnet for varig opphold skal ha radonsperre mot grunnen.
- Bygning beregnet for varig opphold skal tilrettelegges for egnet tiltak i byggegrunn som kan aktiveres når radonkonsentrasjon i inneluft overstiger 100 Bq/m³.

Radonsikring skal utføres i arealer med gulv på grunn som er ment for varig opphold – i dette prosjektet inkluderer dette minimum søndre halvpart av kjellerplan (se Figur 2) og arealer markert som gulv på grunnen i plan 1 (Figur 3). Minimumstiltakene innebærer at gulvet skal bygges som en fullverdig radonsperre, kombinert med muligheten for å lufte ut radon fra grunnen dersom det måles radonverdier over tiltaksnivået.

Dersom det kan dokumenteres at slike tiltak ikke er nødvendig for å overholde grenseverdiene kan tiltakene begrenses, kfr. Veiledning til TEK 10 § 13-5, tredje ledd.

Generelle tiltak

Byggegrunnen må ikke tilføres masser som inneholder radioaktive mineraler eller skifer. Tilkjørt masse som skal benyttes under eller rundt konstruksjonen bør ha dokumentert lav radonavgivelse. Radonmåling av tilkjørte masser skal dokumenteres av leverandør. Bygningsmaterialer er sjelden årsak til forhøyede konsentrasjoner av radon i inneluften, men en bør være observant på at f.eks. tilslag i betong kan være radonholdig.

Gjennomføringer i gulvet vil utgjøre en risiko for at radongass ledes inn. Disse bør risikovurderes i hvert enkelt tilfelle for å bestemme nødvendige tiltak.

Det er viktig å ventilere bygningen for å fortynne den radongassen som måtte trenge inn. Dette gjelder spesielt i rom mot terreng. Ved balansert ventilasjon blåser anlegget inn like mye luft som det trekker ut. Undertrykket nederst i bygningen blir da mindre enn det ville blitt med avtrekksventilasjon. Dette er gunstig på den måten at mindre luft trekkes inn gjennom utettheter i bygningskroppen. Dermed blir det også mindre inntrenging av radonholdig luft fra grunnen. Vi fraråder imidlertid å innregulere til større andel tilluft enn avtrekk, ettersom stort overtrykk øverst i bygningen lett kan gi fuktskader som følge av at det presser fuktig luft inn i vegger og tak.

Det bør utføres målinger med sporfilm eller digital logger etter at bygningen er ferdigstilt. Målinger anbefales utført i oppholdsrom mot terreng, samt stikkprøver i andre rom med varig opphold i alle etasjer. Registreringer kan påvise høye radonkonsentrasjoner også i øvre etasjer, da radonholdig luft kan stige opp i åpne rom, kanaler og sjakter.

11. Våtrom

Rom som i bruksfasen blir utsatt for vannsøl fra bruk eller rengjøring skal prosjekteres og utføres som våtrom. Anvisninger i Byggebransjens Våtromsnorm (BVN) bør som et minimum legges til grunn for ordinære våtrom, som bad, dusjrom og kjøkken. Dersom det skal benyttes prefabrikkerte baderomskabiner i prosjektet er det viktig at disse kabinene har teknisk godkjenning.