

---

RAPPORT

# Bodø Videregående - avd Flyfag

---

OPPDRAKSGIVER

Nordland Fylkeskommune

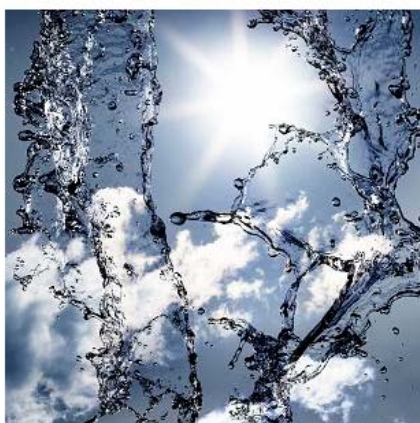
EMNE

Bygningsfysikk og energi

DATO / REVISJON: 15.06.2017 / B

DOKUMENTKODE: 417654-RIBfy-RAP-001

---



Multiconsult

Denne rapporten er utarbeidet av Multiconsult i egen regi eller på oppdrag fra kunde. Kundens rettigheter til rapporten er regulert i oppdragsavtalen. Tredjepart har ikke rett til å anvende rapporten eller deler av denne uten Multiconsults skriftlige samtykke.

Multiconsult har intet ansvar dersom rapporten eller deler av denne brukes til andre formål, på annen måte eller av andre enn det Multiconsult skriftlig har avtalt eller samtykket til. Deler av rapportens innhold er i tillegg beskyttet av opphavsrett. Kopiering, distribusjon, endring, bearbeidelse eller annen bruk av rapporten kan ikke skje uten avtale med Multiconsult eller eventuell annen opphavsrettshaver.

## RAPPORT

OPPDRAG	<b>Bodø Videregående - avd Flyfag</b>	DOKUMENTKODE	417654-RIBfy-RAP-001
EMNE	Bygningsfysikk og energi	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAGSGIVER	<b>Nordland Fylkeskommune</b>	OPPDRAGSLEDER	Morten Nilsen
KONTAKTPERSON		UTARBEIDET AV	Ragnhild Solgård
		ANSVARLIG ENHET	3022 Midt Spesialrådgivning
GNR./BNR./SNR.	/ / / Bodø		

## SAMMENDRAG

Rapporten omhandler bygningsfysiske forhold ved nytt Bodø Videregående skole, avdeling flyfag.

Rapporten skal være grunnlag for videre prosjektering.

Det er utarbeidet Simienmodell for bygget, denne må videreutvikles i detaljprosjekteringsfasen

B	07.06.2017	Oppdatering til massivtrevegger	RSFS		
001			RSFS	KN	
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV



**INNHOLDSFORTEGNELSE**

<b>1</b>	<b>Premisser for prosjektering.....</b>	<b>6</b>
1.1	Grunnlag .....	6
1.1.1	Klima .....	6
1.2	Generelle krav.....	7
1.2.1	Fuktinntrengning generelt, fukt fra inneluft, byggfukt og nedbør.....	7
1.2.2	Overflatevann, fukt fra grunnen .....	7
1.2.3	Termisk inneklime.....	7
1.2.4	Radon.....	7
1.2.5	Krav til passivhus.....	8
<b>2</b>	<b>Løsninger .....</b>	<b>9</b>
2.1	Generelt - fukt.....	9
2.2	Bygningsdeler .....	10
2.2.1	Yttervegger .....	10
2.2.2	Vinduer og solavskjerming.....	11
2.2.3	Tak .....	11
2.2.4	Ringmur, gulv på grunn.....	12
2.2.5	Radon.....	14
2.3	Oppsummering – energiberegning - passivhus.....	15

## 1 Premisser for prosjektering

### 1.1 Grunnlag

Kravgrunnlaget for bygningsfysisk prosjektering er gitt i Lov om planlegging og byggesaksbehandling med tilhørende Byggteknisk forskrift (TEK10).

Grunnlag for prosjektering av bygget er TEK 10 april 2016 §§ 13-4, 13-5, 13-14 - 13-20 og kapittel 14 energi. Bygget skal bygges som passivhus, i henhold til krav i NS 3701:2012 Kriterier for passivhus og lavenergibygninger – Yrkesbygninger.

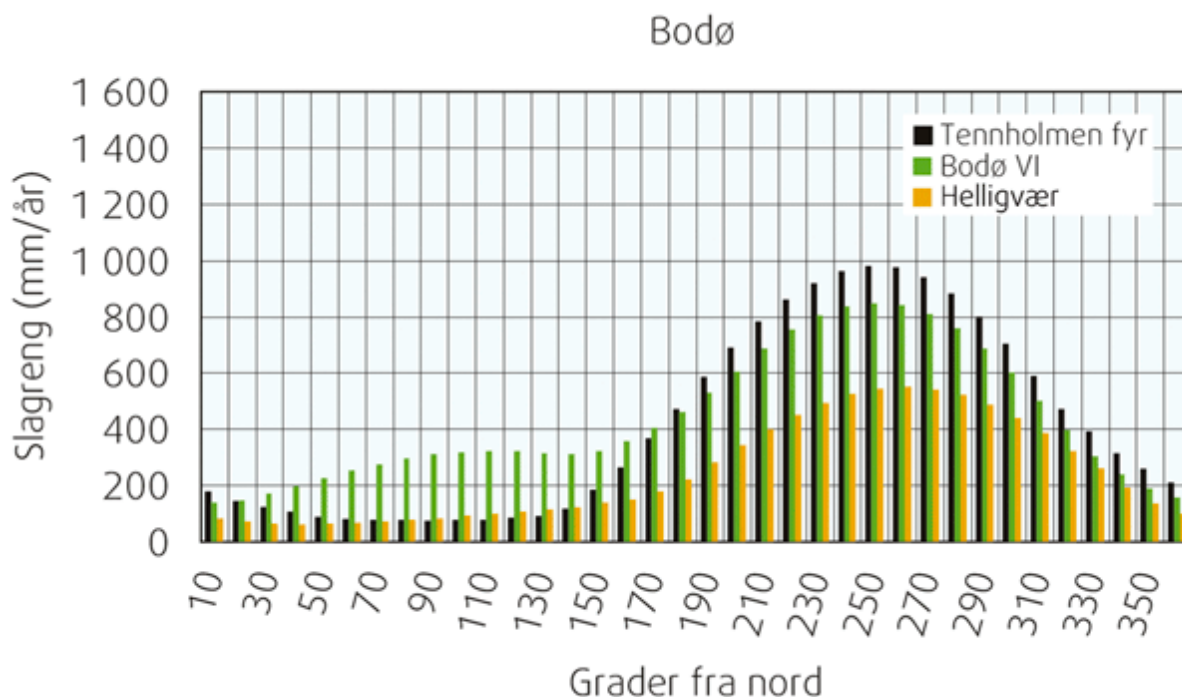
Det legges til grunn at funksjonskravene gitt i TEK10 i stor grad oppfylles ved bruk av anerkjente og preaksepterte løsninger, angitt i bla. Byggetaljblader fra SINTEF Byggforsk. Der det forekommer større eller mindre avvik fra slike preaksepterte løsninger, vil det være nødvendig med grundigere analyser og vurderinger for å dokumentere løsningens egnethet.

#### 1.1.1 Klima

Fra BSK 451.021: Årsmiddeltemperatur i Bodø er 4,8 °C

Frostdybde er 1,0 m, frostmengde 9000 h°C

Det er mye slagregn i Bodø med hovedretning fra vest, se figur under fra BSK451.031.



## 1.2 Generelle krav

### 1.2.1 *Fuktinntrengning generelt, fukt fra inneluft, byggfukt og nedbør.*

Grunnlag: TEK 10 §13-14 – 13-19

Disse paragrafene kan sammenfattes med at fukt skal ikke bygges inn på grunn av dårlig lagring av bygningsmaterialer eller dårlig tildekking i byggefasen. Materialer som brukes skal tåle forventede påkjenninger og konstruksjonene må utføres slik at de er robuste mot fuktpåvirkninger og fuktinntrengning. Klimaskjermen skal tåle nedbør, bygg skal ha dampsperre som sørger for at fuktig inneluft ikke trenger inn i ytterveggen. Man skal ha en god byggeprosess der man ikke bygger inn fukt som kan føre tilskade på bygget på sikt.

En stor del av byggskadene i Norge er fuktskader. Slike skader er i mange tilfeller teknisk krevende og svært kostnadskrevende å utbedre i ettertid. Av den grunn må fuktsikring gjennom hele prosjekt- og byggeprosessen vektlegges.

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

### 1.2.2 *Overflatevann, fukt fra grunnen*

TEK10 § 13-15 og 13-16

Vanlige gulv og yttervegger mot terreng skal ha trykkbrytende og drenerende lag.

Terreng rundt bygget skal ha tilfredsstillende fall, minimum 1:50 i en avstand på min 3 m.

Takvann skal ledes bort. Generelt skal mengden vann som ledes ned i grunnen langs bygget begrenses.

### 1.2.3 *Termisk inneklima*

Etter TEK 10 § 13-4 er anbefalte verdier for lufttemperatur 19-26 grader. (Lett arbeid) Overskridelse av den høyeste grensen kan aksepteres i varme sommerperioder med 50 timer i et normalår.

For passivhus kan avvik fra termisk komfort aksepteres i varme sommerperioder med utelufttemperatur over DUTs. (Dimensjonerende Utetemperatur ved Sommerforhold som i gjennomsnitt ikke overskrides med mer enn 50 timer pr år) Dette må eventuelt vurderes nærmere i detaljprosjekteringsfasen.

### 1.2.4 *Radon*

Krav til radonsikring av bygg finnes i TEK 10 §13-5.

Årsaken til dette er at radon er en gass som kan fremkalle bl a lungekreft.

Hovedregel: Generelt skal radonkonsentrasjon i inneluft ikke overstige 200 Bq/m<sup>3</sup>, dette er et absolutt krav uansett bruk av bygningen. Det skal legges radonsperre i gulv mot grunn, og det skal legges til rette for passive tiltak som kan aktiveres dersom radonkonsentrasjonen overstiger 100 Bq/m<sup>3</sup> -med mindre det kan dokumenteres at det er unødvendig for å tilfredsstille krav på 200 Bq/m<sup>3</sup> i inneluft.

Kart fra NGU viser at det i det aktuelle området er aktsomhetsgrad moderat – lav.

### 1.2.5 Krav til passivhus

Aktuell standard er NS3701. Standarden stiller krav til energibehovet til oppvarming og kjøling.

Det er flere krav som må tilfredsstilles for at et bygg skal være et passivhus – det vises til NS 3701:2012 tabell 9

**Tabell 9 – Minstekrav til bygningsdeler, komponenter, systemer og lekkasjetall**

Egenskap		Passivhus	Lavenergibygning
<i>U</i> -verdi vindu og dør <sup>a</sup>		≤ 0,80 W/(m <sup>2</sup> ·K)	≤ 1,2 W/(m <sup>2</sup> ·K)
Normalisert kuldebroverdi, $\Psi^b$		≤ 0,03 W/(m <sup>2</sup> ·K)	≤ 0,05 W/(m <sup>2</sup> ·K)
Årsgjennomsnittlig temperaturvirkningsgrad for varmegjenvinner <sup>c, d</sup>		≥ 80 %	≥ 70 %
<i>SFP</i> -faktor ventilasjonsanlegg		≤ 1,5 kW/(m <sup>3</sup> /s)	≤ 2,0 kW/(m <sup>3</sup> /s)
Lekkasjetall ved 50 Pa, $n_{50}$		≤ 0,60 h <sup>-1</sup>	≤ 1,5 h <sup>-1</sup>
Belysning	Dynamisk dagslys- og konstantlysstyring	Minst 60 % av installert effekt til belysning er underlagt styringssystemet	
	Dynamisk behovsstyring ved tilstedeværelse	Minst én styringssone per rom eller én styringssone per 30 m <sup>2</sup> i større rom	
<p><sup>a</sup> <i>U</i>-verdier skal beregnes som gjennomsnittsverdi for de ulike bygningsdeler.</p> <p><sup>b</sup> Normalisert kuldebroverdi kan fravikes ved rehabiliteringsprosjekter der det er praktisk umulig å tilfredsstille kravet. Det skal da dokumenteres at kuldebroer ikke medfører problemer med inn klima.</p> <p><sup>c</sup> Årsgjennomsnittlig temperaturvirkningsgrad er gjennomsnittsverdien for alle for varmegjenvinnerne i bygningen.</p> <p><sup>d</sup> I bygninger der varmegjenvinning medfører risiko for spredning av forurensning eller smitte, er minstekravet til årsgjennomsnittlig temperaturvirkningsgrad ≥ 70 %.</p>			
<p>MERKNAD 1 I tillegg til krav satt her skal bygningen oppfylle minstekrav i forskrift om tekniske krav til byggverk (byggteknisk forskrift).</p> <p>MERKNAD 2 En bygning der bygningsdeler, komponenter og lekkasjetall er innenfor minstekravene, vil ikke nødvendigvis tilfredsstille kravene knyttet til varmetapstall og høyeste beregnede netto spesifikt energibehov til oppvarming.</p>			

Vanligvis vil *U*-verdikrav til klimaskallet være som i tabellen under, hentet fra NS3701:2012 tillegg B



Tabell B.1 – Eksempler på  $U$ -verdier for passivhus og lavenergibygninger

Egenskap	Passivhus $W/(m^2 \cdot K)$	Lavenergibygning $W/(m^2 \cdot K)$
$U$ -verdi yttervegg <sup>a</sup>	0,10 – 0,12	0,15 – 0,16
$U$ -verdi tak <sup>a</sup>	0,08 – 0,09	0,10 – 0,12
$U$ -verdi gulv <sup>a, b</sup>	0,08	0,10 – 0,12
<p><sup>a</sup> <math>U</math>-verdi regnes som gjennomsnittsverdi for de ulike bygningsdelene.</p> <p><sup>b</sup> <math>U</math>-verdi for gulv er en ekvivalent varmegjennomgangskoeffisient som inkluderer varmemotstanden i grunnen og redusert varmetransport gjennom gulv mot uoppvarmede rom/soner.</p>		

## 2 Løsninger

### 2.1 Generelt - fukt

Uønsket fukt kan komme inn i bygget i byggefasen og i driftsfasen.

#### Byggefase

I byggefasen er det viktig å beskytte bygget og materialer mot nedbør. Det anbefales å lagre materialer i telt eller annet tørt lager frem til montering. Det kan vurderes å bruke tildekking med telt frem til tett bygg.

#### I byggefasen

- Vurdere bruk av telt/værbeskyttet byggeprosess i (deler av) byggeperioden
- Montér kun konstruksjoner som tåler vann før bygget er lukket
- Montér dampsperre før rommet oppvarmes
- Ikke bygg inn fuktige materialer (for eksempel tett belegget på påstøp)
- Beskytte materialer mot nedbør under transport, lagring og montering
- Sørge for lukket bygg (tak/yttervegger) så tidlig som mulig i byggefasen
- Så snart bygget er lukket, bør fukttilførende arbeid (f.eks. legging av påstøp være avsluttet)
- Betong og påstøper må ha herdet tilstrekkelig før belegget legges. Byggtørkere bør være lett tilgjengelige.
- Spesielt ved uvær må tildekking, telt/innkledde stillaser følges opp

#### Materialer – og metoder generelt

- Generelt anbefales å bruke vel utprøvde detaljer fra byggforsk i videre prosjektering og bygging.

- Erfaringsmessig er feil ved beslag og beslagsløsninger en hyppig kilde til fuktskader. Likeledes er det viktig å ha fokus på at takteking og membraner avsluttes riktig mot gesimser og takoppbygg. Også her presiseres at preaksepterte løsninger anbefales.
- Platekledning, isolasjonsprodukter, dampsperre og tekkematerialer (takteking) er så sentrale komponenter at det anbefales at de skal ha teknisk godkjenning fra sintef eller tilsvarende.
- For å unngå skader på grunn av byggfukt, bør man velge materialer, konstruksjoner og utforming som:
  - Inneholder lite byggfukt
  - Ikke lett tar opp fukt
  - Godt tåler fukt
  - Lett tørker ut
- Bruke mest mulig dampåpen vindsperre
- Unngå kompakte konstruksjoner med fuktfølsomme materialer mellom damprette sjikt (f eks trevirke mellom dampsperre og takmembran)
- Benytte kapillærbrytende sjikt mellom treverk og betong/murverk

## 2.2 Bygningsdeler

### 2.2.1 Yttervegger

For dette bygget er det lagt til grunn yttervegger av massivtre med utvendig isolasjon, vindsperre, utlekting og kledning.

For å tilfredsstillere krav til U-verdi for yttervegger, må det legges isolasjonssjikt på yttersiden av massivtreveggen, hvor mye isolasjon avhenger av tykkelsen på massivtreet. Behov for dampsperre må vurderes i detaljfasen. I normalt, tørt innemiljø kan man i følge Treteknisk håndbok «Bygge med massivtreelementer» unngå å bruke dampsperre dersom massivtre-elementet er tykkere enn 80 mm. Før man velger bort dampsperre, må man også vurdere om fuger mellom elementene blir tilstrekkelig tette, eller om man risikerer luftlekkasjer ut i yttervegg ved elementskjøter. En slik vurdering må gjøres i samarbeid med leverandør av elementer. Man må også ta i betraktning om bygget får tilstrekkelig lavt lekkasjetall uten dampsperre.

Det må legges konveksjonssperre i isolasjonssjikt større enn 200 mm. Konveksjonssperren skal være dampåpen.

Det er valgt en løsning med bruk av isolerte fasader med luftet platekledning. Dette er i og for seg en robust løsning.

Isolasjon lagt i ubrutte, homogene lag gir bedre U-verdi enn isolasjonslag som brytes av for eksempel stendere. Bruk av relativt nye eller utradisjonelle produkter, som isolerte stendere og vinduskarmer, kryptonfylling mellom glass, isolasjon med bedre varmekonduktivitet, vakuumisolasjon m.m. vil også redusere U-verdiene, og muliggjør en reduksjon av konstruksjonstykkelsen eller lavere U-verdi med den veggtykkelsen man har.

En del av disse materialene må imidlertid vurderes nærmere mht. miljøegenskaper. I tillegg kan kostnadene ofte være vesentlig høyere enn for konvensjonelle materialer/produkter. Det er også viktig at produktene til alle materialer kan dokumenteres på tilfredsstillende vis.

### Lufttetthet

Det stilles strenge krav til luft-tetthet i passivhus. For å oppnå dette, anbefales følgende:

- Dersom det legges dampsperre må den være kontinuerlig og tett, hull må tettes. Dersom det skal være dampsperre, bør den være plassert slik at elføringer og innfestinger ikke perforerer dampsperre.
- Skjøter i massivtreelementer må være tette.
- Kontinuerlig tett vindsperre av plater med utenpåliggende vindsperrereduk som klemmes med klemløker.
- Alle fuger utføres med to-trinns tetting, dvs. med separat lufttetting som beskyttelse mot nedbør og sollys med regnskjerm. Det må benyttes fugemasser med dokumenterte tilfredsstillende langtidsegenskaper i forhold til de aktuelle fugebredder og – bevegelser.
- Innsettsfuger for vinduer tettes med elastiske fuge både inne og ute.
- Minimere gjennomføringer i vind- og dampsperrsjikt. Alle gjennomføringer som bryter vind- og/eller dampsperrsjiktet må tettes spesielt.

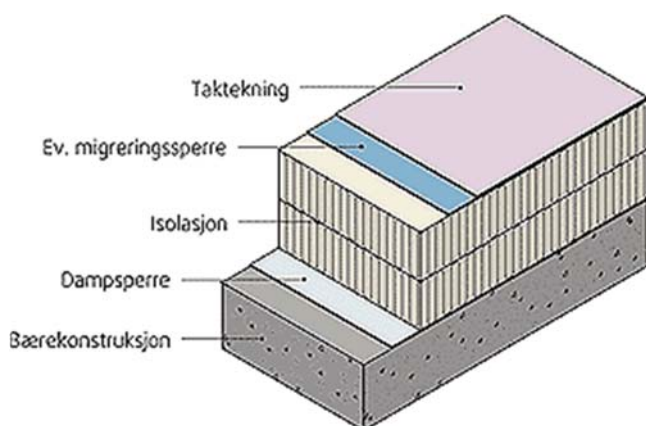
### **2.2.2 Vinduer og solavskjerming**

Vinduer skal ha U-verdi under 0,8 – det er her lagt til grunn 3-lags ruter og utvendig screening-duk som solskjerming.

Vinduer er en vesentlig komponent som bør ha en teknisk godkjenning/sertifisering fra Norsk vindus- og dør-kontroll eller lignende.

### **2.2.3 Tak**

Det anbefales rettventd løsning, med isolasjonssjiktet liggende under membran/tekningen. Et mulig eksempel er vist under.



Figur 2 Skisse for rettventd kompakt tak Kilde: BKS 525.207

Det er viktig å vektlegge tilstrekkelig gjennomsnittstykkelse på isolasjon på tak. Ved beregning av gjennomsnittstykkelsen skal det tas hensyn til fall, dårlige isolerte felter pga. kanalføringer, ventilasjonsrom etc.

Kompakte tak er tradisjonelt en sikker konstruksjon dersom prosjektering og utførelse av membran og tekning utføres på en god måte. Det bør vektlegges god utførelse på omlegg, tilstrekkelig oppbrett mot gesims og tilstøtende bygningsdeler og detaljering av løsninger ved gjennomføringer.

Tekkingen bør være asfalttakbelegg eller takfolie med sveiste skjøter. Tekkingen skal føres over gesims og brettes ca 50 mm ned over yttervegg. Det kan med fordel legges kil-lister i overgang mot gesims/parapet. Alle gjennomføringer og taksluk må tettes godt – gjerne med løsninger levert av leverandør av taktekking.

Taket må gjennomføres på en slik måte at det sikret fall mot sluk og renner for alle flater. Minimum fall på taket bør være 1:40, og alle renner bør ha fall minst 1:60. Det må tas hensyn til nedbøyninger slik at det alltid er tilstrekkelig fall, også ved full snølast. Siden dette er et varmt tak må det også utføres med varme sluk og innvendige nedløp. Parapet bør være minst 2-300 mm over ferdig isolert og tekking tak. Beslag på parapet må taktekking ha fall 1:5 inn mot takflaten.

Det anbefales å legge forsterkede striper av taktekking i områder der det skal være gangtrafikk på tak for rensk og ettersyn av taksluker. Det må være enkelt å drive vedlikehold av tak, f eks må det være tilkomst til tak over teknisk rom enten via leder utvendig eller via takluke. Det må være tilkomst til tak fra teknisk rom.

Tak på teknisk rom er høyere enn hovedtaket, men skal likeledes utføres som kompakt tak, samme grunnprinsipper som for hovedtaket. Tak over teknisk rom må ha fall mot sluk i isolasjonssjiktet, og det anbefales å ha overløp i gesims f eks over dør. Taktekking mot teknisk rom må føres minst 150 mm opp på vegg og klemmes mot vegg, bak vindspærre. Det må legges beslag over oppbretten.

#### **2.2.4 Ringmur, gulv på grunn**

##### Overvann, fuktinntregning fra grunnen og frostsikring

Det må legges drenerende masser under gulvisolasjonen i et minst 200 mm tykt lag. Dersom golvkonstruksjonen, inkludert isolasjon, i sin helhet ligger over terrengnivå er ikke drensledning nødvendig. Det legges fuktspærre/radonspærre under gulv på grunn.

Under gulvet anbefales det å benytte trykkfast isolasjon av typen XPS med lambdaverdi  $\leq 0,034$  W/m<sup>2</sup>K.

For å hindre at vann samler seg ved byggets vegger, bør det prosjekteres fall vekk fra bygget på minimum 1:50

Isolasjon i bakken: I Bodø kommune er dimensjonerende frostmengde 9 000 h°C for et 50-årsperspektiv. Det gir markisolasjon 50 mm (kfr byggdetaljblad 521.112):

Tabell 22 a

Nødvendig frostsikring av både innvendig og utvendig isolerte ringmurer i telefarlig grunn

Plassering av markisolasjon er vist i fig. 22 b.

Frost- mengde (h°C) Inntil	Markisolasjon		Ringmursisolasjon
	Tykkelse mm	Vegg (b)/hjørne (B) mm	Tykkelse mm
15 000	50	300/600	50x2
20 000	50	400/800	50x2
25 000	50	500/900	50x2
30 000	50	800/1 200	50x2
35 000	50	900/1 500	50x2
40 000	70	1 000/1 500	50x2
45 000	70	1 200/1 800	50x2
50 000	100	1 300/1 800	100x2
55 000	100	1 700/2 400	100x2
60 000	100	1 900/2 400	100x2

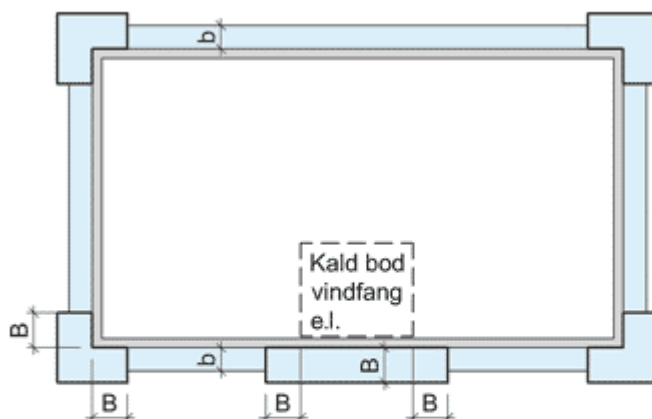


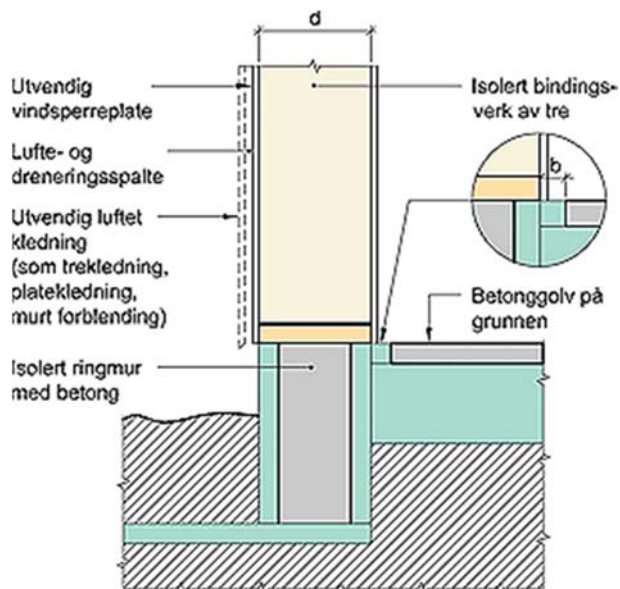
Fig. 22 b

Markisolasjon langs yttervegger

Ved hjørner og utenfor uoppvarmede små rom brukes den største bredden som er angitt i tabell 22 a og b for frostsikring i telefarlig grunn.

### Ringmur

Kuldebroen som oppstår i overgangen mellom ringmur/yttervegg og gulv på grunn bør vies ekstra oppmerksomhet pga. dens utstrekning og potensielt store varmetap. For å minimere kuldebroen, anbefales det å isolere ringmuren på både inn- og utside med 50 mm isolasjon, slik figuren under viser:



Figur 1: isolering ved ringmur (Kilde: BKS 472.101)

Forskjellen i kuldebroverdi mellom kun utvendig isolering og isolering på begge sider av ringmuren kan være over stor, avhengig av gulvoppbygging.

Minimering av denne kuldebroen er viktig mtp. at det er satt krav til normalisert kuldebroverdi på  $0,03 \text{ W/m}^2\text{K}$  i prosjektet.

### 2.2.5 Radon

Tek 10 angir krav som i praksis innebærer at de fleste nybygg må ha radonmembran og radonbrønn. Dette kan fravikes hvis det kan dokumenteres at radonkonsentrasjonen i inneluften ikke overstiger  $200 \text{ Bq/m}^3$ , jfr. § 13-5. 3. ledd i TEK10 med tilhørende veiledning.

Det anbefales derfor å legge radonmembran og legge til rette for radonbrønner i gulv på grunn. Det er viktig at alle tilslutninger mot sluk, ringmur etc er helt tette. Det må legges plastfolie/glidesjikt over membranen i henhold til leverandøren sine henvisninger. Generelt bør man regne med minst ett lag plastfolie over membranen. Radonmembran i bruksgruppe B og C erstatter fuktsperre i gulvet.

Det kan legges et perforert rør i drenerende masser under bygget – samlet rørlengde og perforering bør gi et åpningsareal på minst  $0,01 \text{ m}^2$  pr  $100 \text{ m}^2$  grunnflate. Dette røret skal kunne koples til en vifte slik at, dersom det blir behov, kan utluftingen under gulvet aktiveres.

Se figur under:

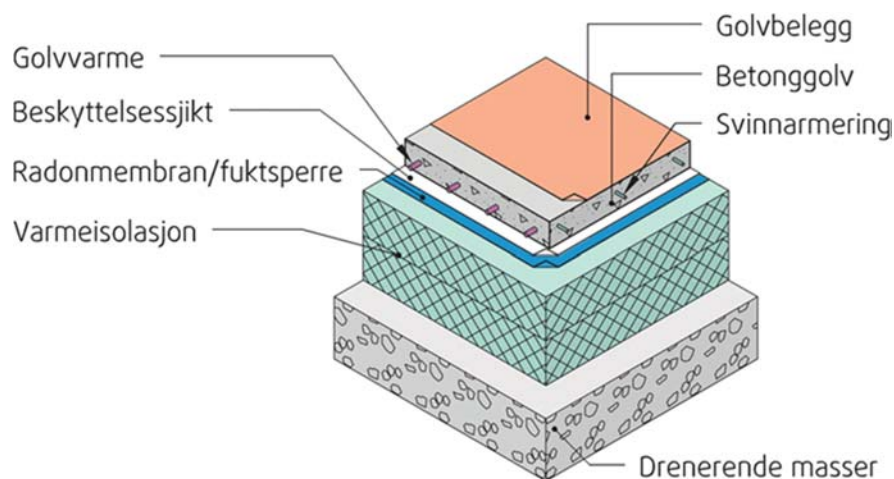


Fig 562 fra byggforskserien blad 521.111

### 2.3 Oppsummering – energiberegning - passivhus

Følgende er lagt til grunn:

Bygget skal ha VAV styrt etter antallet personer i bygget, etter tabell A.2 i NS 3701 kan man da benytte gjennomsnittlig luftmengde på  $8 \text{ m}^3/(\text{m}^2/\text{h})$  i driftstiden og  $1 \text{ m}^3/(\text{m}^2/\text{h})$  utenom driftstiden. I beregningene er det lagt inn et VAV-element, der det er brukt maks  $16 \text{ m}^3/(\text{m}^2/\text{h})$  og min  $10 \text{ m}^3/(\text{m}^2/\text{h})$  i driftstid og  $2 \text{ m}^3/(\text{m}^2/\text{h})$  utenom driftstid. Dette må legges inn mer nøyaktig i detaljprosjekteringen, med bygningen delt opp i ulike soner/rom.

Det legges til grunn et god varmegjennvinner med temperaturvirkningsgrad på 83% eller bedre.

Belysning: For at krav til passivhus skal tilfredsstilles, må belysning legges inn med gjennomsnittlig effektbehov i driftstiden på  $4,5 \text{ W}/\text{m}^2$  (Tabell 4.4 i NS 3701). Dette må dokumenteres av RIE.

Etter tabell A.3 i NS 3701 legges inn teknisk utstyr med verdi  $4 \text{ W}/\text{m}^2$  og personer  $12 \text{ W}/\text{m}^2$ .

(Hovedtrekk – for detaljer, se vedlegg)

Bygningsdel	Verdi brukt	Oppbygging
Yttervegger	U-verdi $0,12 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	Antatt massivtre 100 mm, 250 mm isolasjon med varmekonduktivitet $0,034 \text{ W}/(\text{mK})$ (Kilde: Byggforskserien blad 471.421)
Vinduer	U-verdi $0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	3-lags energiglass, utvendig screen-duk
Tak	U-verdi $0,08 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	Rettvent tak, isolasjon ca 450 mm (snitt) varmekonduktivitet $0,031-0,034 \text{ W}/(\text{mK})$ EPS og/eller mineralull. (Kilde:

		Byggforskserien blad 471.013 tabell 56)
Gulv på grunn	U-verdi 0,08 W/(m <sup>2</sup> K)	80-120 mm betong, ca 450 mm trykkfast isolasjon (XPS) med varmekonduktivitet 0,034 W/(mK) eller bedre

Det er mulig å tilfredsstille krav til passivhus ved å benytte andre løsninger – f eks annen oppbygging av vegger/tak/gulv på grunn eller andre valg for tekniske systemer. Dersom en komponent endres, kan det ha konsekvenser for det totale bildet, som fører til at andre komponenter må endres for å tilfredsstille kravene. Beregningene som er gjort, viser at krav til passivhus innfris med liten margin med de forutsetningene som er gjort her.

#### Kuldebroer:

Med et såpass lite areal, er det ekstra viktig å ha fokus på å redusere kuldebroer. Det må påregnes å utføre en del simuleringer for å utarbeide kuldebroregnskap.

#### Termisk komfort

Sommersimulering viser at det i enkelte dager kan bli varmere enn anbefalte 26 grader. Dette vil gjelde enkelte dager i juni og august. Det forutsettes at skolen er stengt i juli.

Det er ikke lagt til grunn at det er behov for kjøling.

Det skal monteres screen-duk på vinduer mot øst/vest/sør. Disse skal styres automatisk. Solfaktor på glass bestemmes som en del av detaljprosjektering.