

Beregnet til
Halden kommune

Dokument type
Bygningsfysisk konseptnotat

Dato
10.01.2016

I DD SKOLE KONSEPTNOTAT BYGNINGSFYSIKK, FORPROSJEKT

IDD SKOLE
KONSEPTNOTAT BYGNINGSFYSIKK, FORPROSJEKT

Revisjon 0
Dato 10.01.2017
Utført av Simen Tovmo
Kontrollert av Bjørnar Heiskel
Godkjent av Simen Tovmo
Beskrivelse Bygningsfysisk konseptnotat

Ref. 1350016510

Forord

Rambøll Norge AS er engasjert av Halden kommune for å ivareta prosjektering fram til totalentrepriseunderlag for nye Idd skole. Skolen skal tilfredsstillere krav i TEK10, men kommunen har også satt krav om at bygget skal ivareta lavenergistandard iht. NS 3701.

Denne rapporten er en konseptnotat utarbeidet i tidligfase som beskriver generelle krav og anbefalinger, samt noen prosjektspesifikke anbefalinger mht. bygningsfysikk på grunnlag av de problemstillinger som er kjent i prosjekteringen.

Med bygningsfysikk menes klimaets påvirkning på bygningskroppen med hensyn på:

- Varmeisolering
- Fuktsikring av ytterkonstruksjoner
- Tetthet

Det er derfor de klimaskillende konstruksjonene som vil være i fokus, men rapporten angir også overordnede krav og anbefalinger for våtrom og radon. Vi gir også anbefalinger for materialvalg, fordi dette har betydning for fremtidig energibruk, fuktsikkerhet og bestandighet.

Det er utarbeidet en overordnet energiberegning i tidligfase for å sikre at valgt planløsning kan ivareta krav til lavenergistandard NS 3701.

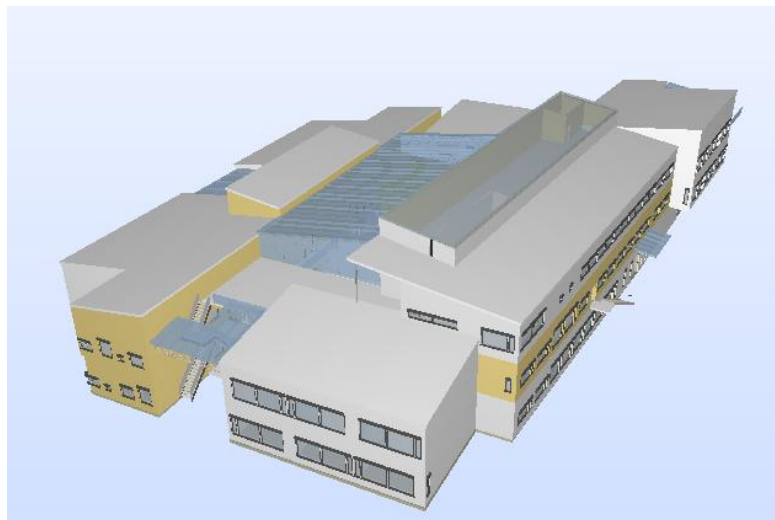
Det er ikke utført vurderinger av inneklimate, innetemperaturer eller dagslysforhold i denne rapporten med tanke på krav iht. TEK10.

INNHOILDSFORTEGNELSE

1.	Om Prosjektet	1
2.	Krav	1
2.1	TEK10	1
2.2	Lavenergibygningandard iht. NS 3701	2
3.	I varetakelse av energikrav TEK10/NS3701	3
3.1	Bygningsdeler, komponenter etc. lagt til grunn for beregning	3
3.2	Evaluering mot forskriftskrav iht. TEK10	3
3.3	Lavenergistandard NS 3701	4
4.	Anbefalte løsninger – Varmeisolering, fuktsikring og tetthet	6
4.1	Massivtre	6
4.2	Golv på grunn og konstruksjoner under terreng	6
4.3	Yttervegger over terreng	6
4.4	Vinduer og dører	6
4.5	Tak	7
4.6	Byggfukt	8
4.7	Kuldebroer	8
4.8	Lufttetthet	8
4.9	Radon	8
4.10	Våtrom	9
5.	Generelle bygningsfysiske anbefalinger	9
5.1	Varmeisolering	9
5.2	Tetthet	9
5.3	Fuktsikring	10
5.4	Materialer og bestandighet	10
5.5	Detaljer	11
5.6	Kontroll / Dokumentasjon	11
Vedlegg	1	

1. OM PROSJEKTET

Halden kommune skal bygge ny barneskole ved Idd. Barneskolen inneholder 1-7 trinn og bygges over tre etasjer (Figur 1). Om mulig ønsker kommunen at skolen skal bygges med massivtrekonstruksjoner.



Figur 1 Nye Idd skole

Prosjektet følger krav i TEK10 med reviderte energikrav pr. 1.1.2016 og skolen skal tilfredsstillere krav til lavenergistandard iht. NS 3701.

2. KRAV

2.1 TEK10

Bygget skal tilfredsstillere krav i TEK10. De mest relevante kravene fra TEK10 med tanke på bygningsfysikk finner man i Miljø og helse i kapittel 13 og Energi i kapittel 14 og er listet opp under, men alle krav i TEK10 må ivaretas i detaljprosjekteringen.

§ 13-5 Radon

- (1) Bygning skal prosjekteres og utføres med radonforebyggende tiltak slik at innstrømming av radon fra grunn begrenses. Radonkonsentrasjon i inneluft skal ikke overstige 200 Bq/m³.
- (2) 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.
- (3) Annet ledd gjelder ikke dersom det kan dokumenteres at dette er unødvendig for å tilfredsstillere kravet i første ledd.

§ 13-14 Generelle krav om fukt

Grunnvann, overflatevann, nedbør, bruksvann og luftfuktighet skal ikke trenge inn og gi fuktskader, mugg- og soppdannelse eller andre hygieniske problemer.

§ 13-15 Fukt fra grunnen

Rundt bygningsdeler under terreng og under gulvkonstruksjoner på bakken skal det treffes nødvendige tiltak for å lede bort sigevann og hindre at fukt trenger inn i konstruksjonene.

§ 13-16 Overflatevann

Terreng rundt byggverk skal ha tilstrekkelig fall fra byggverket dersom ikke andre tiltak er utført for å lede bort overflatevann.

§ 13-17 Nedbør

- (1) Fasadeledning, vindu, dør og installasjon som går gjennom vegg, skal utformes slik at nedbør som trenger inn blir drenert bort og fukt kan tørke ut uten at det oppstår skader.
- (2) Tak skal prosjekteres og utføres med tilstrekkelig fall og avløp slik at regn og smeltevann renner av, og slik at snøsmelting ikke fører til skadelig ising.
- (3) I luftede takkonstruksjoner hvor kondens kan oppstå på undersiden av taktekking eller taktekking ikke er tilstrekkelig tett til å forhindre inntrenging av vann, skal underliggende konstruksjon beskyttes ved hjelp av et vanntett undertak.

§ 13-18 Fukt fra inneluft

Bygningsdeler og konstruksjoner skal prosjekteres og utføres slik at de ikke blir skadelig oppfuktet av kondensert vanndamp fra inneluften.

§ 13-19 Byggfukt

Materialer og konstruksjoner skal være så tørre ved innbygging/forsegling at det ikke oppstår problemer med mugg- og soppdannelse, nedbrytning av organiske materialer eller økt avgassing.

§ 13-20 Våtrom

- (1) Våtrom skal prosjekteres og utføres slik at det ikke oppstår skade på konstruksjoner og materialer på grunn av vannsøl, lekkasjevann og kondens.

§ 14 Energikrav

Iht. TEK10 skal bygninger prosjekteres og utføres slik at det tilrettelegges for forsvarlig energibruk. Energikravene gjelder for bygningens oppvarmede bruksareal (BRA). Dette innebærer at bygningen skal tilfredsstille kravene som settes i § 14-2 til § 14-5.

§ 14-2 Krav til energieffektivitet

- (1) Totalt netto energibehov for skolebygning skal ikke overstige energiramme gitt for skolebygning: $\leq 110 \text{ kWh/m}^2$
- (4) For yrkesbygning skal det beregnes energibudsjett med reelle verdier for den konkrete bygningen. Denne beregningen kommer i tillegg til kontrollberegningen med normerte verdier.

§ 14-3 Minimumskrav til energieffektivitet

Tabell 1 Minstekrav til energieffektivitet iht. § 14-3

U-verdi yttervegg [W/m ² K]	U-verdi tak [W/m ² K]	U-verdi gulv på grunn og mot det fri [W/m ² K]	U-verdi vindu og dør inkludert karm/ramme [W/m ² K]	Lekkasjetall ved 50 Pa trykkforskjell [luftveksling pr. time]
$\leq 0,22$	$\leq 0,18$	$\leq 0,18$	$\leq 1,2$	$\leq 1,5$

2.2 Lavenergibygningstandard iht. NS 3701

Skolen skal tilfredsstille lavenergistandard i henhold til NS 3701: 2012 «*Kriterier for passivhus og lavenergibygninger-Yrkesbygninger*». Dette omfatter blant annet følgende krav satt i NS 3701:

- Varmetapstall for transmisjons- og infiltrasjonstap iht. tabell 2/3 i NS 3701
- Høyeste beregnede netto spesifikt energibehov for oppvarming iht. tabell 4/5 i NS 3701.
- Høyeste beregnede netto spesifikt energibehov til kjøling iht. tabell 6/7 i NS 3701
- Krav til høyeste beregnede netto spesifikt energibehov til belysning: $\leq 4,5 \text{ W/m}^2$

I tillegg må følgende minstekrav være oppfylt:

Tabell 2 Minstekrav til bygningsdeler, komponenter, systemer og lekkasjetall for lavenergibygg iht. NS 3701

Egenskap		Lavenergibygg
U-verdi vindu og dør		$\leq 1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$
Normalisert kuldebroverdi		$\leq 0,05 \text{ W/m}^2\text{K}$
Årsgjennomsnittlig temperaturvirkningsgrad for varmegjenvinner		$\geq 70 \%$
SFP-faktor ventilasjonsanlegg		$\leq 2,0 \text{ kW/m}^3\text{s}$
Lekkasjetall ved 50 PA, n_{50}		$\leq 1,5 \text{ h}^{-1}$
Belysning	Dynamisk dagslys- og konstantlysstyring	Minst 60 % av installert effekt til belysning er underlagt styringssystemet
	Dynamisk behovsstyring ved tilstedeværelse	Minst en styringssone per rom eller en styringssone per 30 m ² i større rom

3. IVARETAKELSE AV ENERGI KRAV TEK10/NS3701

3.1 Bygningsdeler, komponenter etc. lagt til grunn for beregning

Ved beregning av Idd skole mot krav i TEK10 og lavenergistandard NS 3701 er følgende lagt til grunn:

Tabell 3 Bygningsdeler og komponenter benyttet i energiberegningen av Idd skole

Bygningsdel/komponent		Forslag til konstruksjonstype
Yttervegg	$\leq 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$	Tilsvare ca. 250 mm kompakt isolasjon på utsiden av massivtre, f.eks type Rockwool Redair flex
Vinduer	$\leq 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$	
Glasstak	$\leq 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$	
Tak	$\leq 0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$	Tilsvareer gjennomsnittlig ca. 400 mm isolasjon
Golv	$\leq 0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$	Tilsvareer ca. 250 mm isolasjon golv på grunn
Normalisert kuldebroverdi	$\leq 0,05 \text{ W/m}^2\text{K}$	Tilsvareer kuldebroisolering ca. 100-150 mm
Lekkasjetall, n_{50}	$\leq 0,6 [\text{h}^{-1}]$	
Varmegjenvinning ventilasjon	$\geq 90 \%$	
SFP-faktor	$\leq 2,0$	

Skjema for sentrale inndata er vedlagt i Vedlegg 1.

I detaljprosjekteringen må det settes opp endelig energiregnskap som dokumenterer ivaretagelse av energikravene i TEK10 og NS 3701.

3.2 Evaluering mot forskriftskrav iht. TEK10

For å evaluere mot forskriftskrav i TEK 10 er det utført en energirammeberegning (Figur 2):

Energiramme (§14-2 (1), samlet netto energibehov)	
Beskrivelse	Verdi
1a Beregnet energibehov romoppvarming	14,1 kWh/m ²
1b Beregnet energibehov ventilasjonsvarme (varmebatterier)	3,7 kWh/m ²
2 Beregnet energibehov varmtvann (tappevann)	10,1 kWh/m ²
3a Beregnet energibehov vifter	23,0 kWh/m ²
3b Beregnet energibehov pumper	1,9 kWh/m ²
4 Beregnet energibehov belysning	22,1 kWh/m ²
5 Beregnet energibehov teknisk utstyr	13,3 kWh/m ²
6a Beregnet energibehov romkjøling	0,0 kWh/m ²
6b Beregnet energibehov ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	5,8 kWh/m ²
Totalt beregnet energibehov	93,9 kWh/m ²
Forskriftskrav netto energibehov	110,0 kWh/m ²

Figur 2 Evaluering mot energiramme i § 14-2 i TEK10

I følge energiramme krav i TEK 10 skal maksimum energibehov ikke overstige 110 kWh/(m²år). Beregninger gir teoretisk beregnet totalt netto energibehov i tiltaket på 93,9 kWh/m² og kravet i TEK 10 er dermed innfridd.

Figur 3 viser at tiltaket tilfredsstillende minstekravene i TEK 10 § 14-5.

Minstekrav (§14-3)		
Beskrivelse	Verdi	Krav
U-verdi yttervegger [W/m ² K]	0,15	0,22
U-verdi tak [W/m ² K]	0,10	0,18
U-verdi gulv mot grunn og mot det fri [W/m ² K]	0,10	0,18
U-verdi glass/vinduer/dører [W/m ² K]	0,88	1,20
Lekkasjetall (lufttetthet ved 50 Pa trykkforskjell) [luftvekslinger pr time]	0,60	1,50

Figur 3 Evaluering mot minstekrav i § 14-3 i TEK10

Evaluering mot forskriftskrav ved bruk av SIMIEN viser at bygget totalt sett tilfredsstillende kravene i TEK 10 mht. energi (se Figur 4).

Resultater av evalueringen	
Evaluering av	Beskrivelse
Energiramme	Bygningen tilfredsstillende energirammen iht. §14-2 (1)
Minstekrav	Bygningen tilfredsstillende minstekravene i §14-3
Luftmengder ventilasjon	Luftmengdene tilfredsstillende minstekrav gitt i NS3031:2014 (tabell A.6)
Energiforsyning	Fossilt brensel benyttes ikke i oppvarmingsanlegget (§14-4)
Samlet evaluering	Bygningen tilfredsstillende byggeforskriftenes energikrav

Figur 4 Oppsummering av evaluering mot energikrav i TEK10

3.3 Lavenergistandard NS 3701

Ved evaluering mot lavenergistandard i NS 3701 ivaretar bygget høyeste varmetapstap for transmisjons- og infiltrasjonstap (Figur 5):

Varmetapsbudsjett	
Beskrivelse	Verdi
Varmetapstall yttervegger	0,07
Varmetapstall tak	0,04
Varmetapstall gulv på grunn/mot det fri	0,05
Varmetapstall glass/vinduer/dører	0,17
Varmetapstall kuldebroer	0,05
Varmetapstall infiltrasjon	0,06
Totalt varmetapstall	0,44
Krav varmetapstall	0,50

Figur 5 Varmetapstall for transmisjons- og infiltrasjonstap

Krav til høyeste beregnede netto spesifikt energibehov til oppvarming og kjøling, samt gjennomsnittlig effektbehov belysning er tilfredsstillt (Figur 6):

Energiytelse		
Beskrivelse	Verdi	Krav
Netto oppvarmingsbehov	55,8 kWh/m ²	55,8 kWh/m ²
Netto kjølebehov	0,0 kWh/m ²	3,8 kWh/m ²
Gjennomsnittlig effektbehov belysning	4,5 W/m ²	4,5 W/m ²

Figur 6 Netto oppvarmingsbehov og kjølebehov

Figur 7 viser at tiltaket tilfredsstiller minstekravene til lavenergibygg iht. NS 3701.

Minstekrav enkeltkomponenter		
Beskrivelse	Verdi	Krav
U-verdi yttervegger [W/m ² K]	0,15	0,22
U-verdi tak [W/m ² K]	0,10	0,18
U-verdi gulv mot grunn og mot det fri [W/m ² K]	0,10	0,18
U-verdi glass/vinduer/dører [W/m ² K]	0,88	1,20
Normalisert kuldebroverdi [W/m ² K]	0,05	0,05
Årsmidlere temperaturvirkningsgrad varmegjenvinner ventilasjon [%]	90	70
Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m ³ /s]:	2,00	2,00
Lekkasjetall (lufttetthet ved 50 Pa trykkforskjell) [luftvekslinger pr time]	0,60	1,50

Figur 7 Evaluering mot minstekrav til lavenergibygg i NS 3701

Ved evaluering mot krav til lavenergibygg i NS 3701 kan Idd skole totalt sett oppnå lavenergistandard med de forutsetningene som er gitt (Figur 8).

Resultater av evalueringen	
Evaluering mot NS 3701	Beskrivelse
Varmetapsramme	Bygningen tilfredsstiller kravet for varmetapstall
Energiytelse	Bygningen tilfredsstiller krav til energiytelse
Minstekrav	Bygningen tilfredsstiller minstekrav til enkeltkomponenter
Luftmengder ventilasjon	Luftmengdene tilfredsstiller minstekrav gitt i NS3701 (tabell A.2)
Samlet evaluering	Bygningen tilfredsstiller alle krav til lavenergihus

Figur 8 Oppsummering av evaluering mot lavenergibygg i NS 3701

4. ANBEFALTE LØSNINGER – VARMEISOLERING, FUKTSIKRING OG TETTHET

4.1 Massivtre

Kommunen ønsker om mulig at skolen skal bygges i massivtre, men åpner også opp for andre alternativer. Massivtre gir noen andre muligheter, men også andre utfordringer enn det man har i tradisjonelle bygg med bæresystem av stål og betong.

Selve massivtreveggene har normalt tilstrekkelig vanndampmotstand til å hindre oppfukning av konstruksjonene og forholdsvis god lufttetthet. Ujevnheter og krymping/svelling avhengig av fuktinnholdet i omgivelsene gjør at det er vanskelig å få god tetthet i elementskjøter og overganger mot andre bygningsdeler. I detaljprosjekteringen må det avklares nødvendigheten av dampspærre på varm side av isolasjonen og vindspærre på kald side av isolasjonen for å få en tilstrekkelig fuktsikker løsning ved bruk av massivtre. For eventuelle massivtredekker i tak må bruk av dampspærre vurderes opp mot valg av taktekking og byggeprosess (f.eks bygging under tak).

4.2 Golv på grunn og konstruksjoner under terreng

Golv på grunn og konstruksjoner under terreng må isoleres slik at energikrav i TEK10 og lavenergistandard NS 3701 ivaretas. Golv på grunn må minimum tilfredsstillende U-verdi 0,18 W/m²K, men det må påberegnes bedre U-verdi for å tilfredsstillende krav i TEK10/NS3701 jamfør beregninger i kapittel 3.

Konstruksjoner under terreng må fuktsikres med kapillærbrytende sjikt, drenerende masser og drenering, og terrenget rundt bygningen må utformes slik at det har fall vekk fra bygningen (minimum 1: 50) på minst 3 m. Byggdetaljblad 514.221 fra Byggforskserien beskriver utvendig fuktsikring av bygninger nærmere.

4.3 Yttervegger over terreng

Yttervegger over terreng må isoleres slik at man tilfredsstiller energikravene i TEK10 og lavenergistandard NS 3701. Nødvendig isolasjonstykkelse vil avhenge av løsning som velges. Yttervegger må minimum tilfredsstillende U-verdi 0,22 W/m²K, men det må påberegnes bedre U-verdi for å tilfredsstillende krav i TEK10/NS3701 jamfør beregninger i kapittel 3.

Yttervegger må utføres etter prinsippet med to-trinns tetting. Dette gir best og sikrest beskyttelse for fasaden mot slagregn slik at regnvann som trenger gjennom kledningen kan dreneres ned og ut gjennom luftespalten.

- Dampspærresjikt må være tett i alle overganger.
- Fasadekledning, vinduer, dører og installasjoner som går gjennom vegger, skal utformes slik at skadelig fukt kan tørke ut.
- Evt. stendere og spikerslag må være av tre eller slissede stålstendere.
- Bunnsvill av tre må ikke legges direkte på mur eller betong. Det må legges inn en svillemembran e.l. slik at det ikke er direkte kontakt mellom betong og organisk materialer.
- Trekledning bør ha 8-10 mm klaring over beslag som er montert over eller under vinduer/dører, slik at luftinntak sikres og det er mulig å komme til for overflatebehandling av endeveden. Avstand fra underkant av kledning ned til terreng bør være min. 300 mm. Dette gjøres for å redusere fuktpåkjenning fra regnsprut og for å unngå at skittent vann lager merker på kledning.

4.4 Vinduer og dører

Gjennomsnittlig U-verdi for vinduer og dører skal være minimum 1,2 W/m²K iht. minstekrav i TEK10, men det må påberegnes bedre U-verdi for å tilfredsstillende krav i TEK10/NS3701 jamfør beregninger i kapittel 3. U-verdi dokumenteres av leverandør og må gjelde hele glass-/dørkonstruksjonen inkl. karm/ramme. U-verdikrav inkluderer glasstak.

Mest gunstig plassering av vindu mht. kuldebro er 30-40 mm avstand fra utside vindspærre og inn til ytre kant av karm. Vindu plassert i flukt med GU vil øke kuldebroverdien noe. Ved plassering av vindu innenfor GU må vindusinnsettingen fuktsikres. Underkant av vindu må sikres mot vannlekkasjer med en membran under sålbenkbeslag.

Vinduer monteres etter leverandørens anvisning og med to-trinns tetting av fuger, men innsetting og detaljer rundt vinduene skal dokumenteres/beskrives. Vindusbeslag må ha fall utover, min. 1:5. Beslagene må ha oppbrett i endene og bakkant, og hjørnene må være vanntette, eller andre løsninger som gir tilfredsstillende sikkerhet mot vanninntrenging.

Over allrom skal det være et glasstak. Vinduer får høyere U-verdi når det skrånstilles enn om det står vertikalt. Dette må det tas hensyn til når man fastsetter U-verdi for glasstaket. Det kan være vanskelig, upraktisk og kostbart å benytte glasstak med lave U-verdi ned mot $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$. Fastsettelse av U-verdi på glasstaket må være en tverrfaglig vurdering som tas videre i detaljprosjekteringen med hensyn på bærekonstruksjon, takvinkel, snøsmelting/snølast og energikrav. Krav til gjennomsnittlig U-verdi inkluderer også glasstak.

Tetthet over tid mot regn, snø og vind er ofte et problem for glasstak. All oppbygning av konstruksjoner og detaljer bør derfor basere seg på to-trinns tetting. Glassystemet som benyttes må være beregnet for tak og må ha fall for å redusere vannpåkjenningen. Jo flatere glasstaket er, jo større blir påkjenningen på alle ytre tetninger siden det vil bli liggende noe vann ved horisontale sprosser o.l. For å unngå isdannelse ved glasstaket må det plasseres varmekabler i underkant som leder smeltevann til oppvarmet, innvendig nedløp.

Det må forutsettes solskjerming på alle solutsatte fasader.

4.5 Tak

Taket må isoleres slik at man tilfredsstiller energikravene i TEK10 og lavenergistandard NS 3701. Tak må minimum tilfredsstille U-verdi $0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$, men det må påberegnes bedre U-verdi for å tilfredsstille krav i TEK10/NS3701 jamfør beregninger i kapittel 3.

Taket skal bygges som et kompakt tak med all isolasjon plassert på oversiden av bærekonstruksjonen. Et kompakt tak må legges med fall på minst 1:40 til sluk med innvendig nedløp. Renner og kilrenner må ha fall minst 1:60. Det må utarbeides plantegninger med avmerket fall på takflatene og rennene. Arealer for ferdsel må tilrettelegges.

Taktekkingen må føres over hele parapeten og dekkes med beslag. Parapet bør være min. 200-300 mm høy, og må ha fall på min 1: 5 på overflaten mot takflaten. Rundt tekniske rom etc. på tak må membran/tekking avsluttes slik at det ikke kommer fuktighet bak og føres opp under eventuell overliggende ytterveggs vindspærre.

Dampspærre i tak legges med overlapp, evt. klemmes for å sikre tilstrekkelig tetthet. Ved bruk av massivtredekker i tak kan bruk av dampspærre i konstruksjonen vurderes.

- Vann fra tak skal ikke kunne trenge inn i bygningene eller føre til andre ulemper.
- Valgt takteking må ha dokumenterte egenskaper og holdbarhet, f.eks. med SINTEF teknisk godkjenning. Hvis det skal brukes asfalttakbelegg eller folie må det utføres med sveisete skjøter. Det anbefales produkter med teknisk godkjenning. Alle skjøter må kontrolleres visuelt, spesielt T-skjøter.
- Unngå trevirke eller andre organiske materialer mellom bærekonstruksjon og takteking som kan skades av innebygget fukt i isolasjonssjiktet.
- Vann fra flate taket ledes bort frostfritt gjennom innvendige nedløp eller annen tilfredsstillende løsning. Alt vannet bør ledes bort fra bygget, evt. til drenerende masser som hindrer fuktpåkjenning på bygget. Hvis vann på tak kan fryse, f.eks. i renner eller nedløp, må det monteres varmekabel. Takfall må ikke lede vann ut på kalde tak.
- Evt. gjennomføringer i tak bør grupperes ved høydepunkter på taket.

- Renner, sluk etc. må lett kunne rengjøres. Det bør minimum være to sluk slik at vann kan renne til nabosluk dersom et sluk går tett. Evt. kan det benyttes nødoverløp.

4.6 Byggfukt

Det må være fokus på å holde bygg og materialer tørre i hele byggeperioden. Trekonstruksjoner kan tørke sakte ut og vil ha større risiko for skader ved høyt fuktinnhold. NS 3511/NS3512 og Byggforskblad 474.533 angir kritiske verdier for fuktinnhold i materialer.

Fuktmåling og protokoll skal foreligge ved uavhengig kontroll av utførelse.

4.7 Kuldebroer

Lavenergistandard etter NS 3701 stiller krav om normalisert kuldebroverdi $\leq 0,05 \text{ W/m}^2\text{K}$. For å unngå store kuldebroer må alle bygningsdeler og overganger mellom bygningsdeler være godt isolert. Erfaringsmessig må kuldebroer isoleres med min. 100-150 mm kuldebroisolering for å ivareta dette kravet. Normalisert kuldebroverdi må dokumenteres i detaljprosjekteringen ved beregning av kuldebroeregnskap.

Erfaringsmessig må man ha fokus på følgende kuldebroer for å redusere byggets totale kuldebroer:

- Sokkeldetalj
- Dekkekanter
- Bæresystem: Søylar, bjelker etc.
- Vindusinnsetting, dvs kuldebro rundt vinduer, dører og takvindu.
- Parapetdetalj

4.8 Lufttetthet

Lekkasjetallet for prosjektet skal ikke overstige $n_{50} = 1,5 \text{ oms/h}$ iht. TEK10, men det må påberegnes bedre lekkasjetall for å tilfredsstillende krav i TEK10/NS3701 jamfør beregninger i kapittel 3.

Det er flere sjekkpunkter som må tas hånd om, men erfaringsmessig er punktene listet under blant de viktigste punktene:

- Generelt bør dampsperran i møte med betong enten føres forbi betongen, eller det legges elastisk fugemasse mellom dampsperre og betong før dampsperran klemmes fast med lekt.
- Vindsperre kan utføres med vindsperreplater eller vindsperreduk. Hvis ytterkledning er relativt åpen må det benyttes et vindsperreprodukt som tåler fukt.
- Utførelse av fuger bør gjøres med bunnfyllingslist og tettemasse både innvendig og utvendig.
- Gjennomføringer i sperresjikt bør tettes med mansjetter.
- Tape og mansjetter må ha dokumenterte egenskaper for heft og levetid.
- Trekkerør som går gjennom klimaskjermen må tettes innvendig med fugemasse.

Det er viktig med oppfølging av tetthet under utførelse. Entreprenør bør utarbeide rutiner spesielt for dette, slik som kontroll av sperresjikt og gjennomføringer før innbygging og meldesystem for avvik (eksempelvis rifter og hull som oppdages). Det anbefales at personell gis opplæring i bruk av tettematerialer, gjerne i samarbeid med leverandør.

Hvis det er usikkerhet underveis i byggeperioden mht. tetthet bør det gjøres tetthetsmålinger for å kontrollere at løsninger og utførelse gir tilfredsstillende lufttetthet. Lekkasjetallet n_{50} må måles og dokumenteres etter NS-EN 13829 ved ferdigstilling av bygget.

4.9 Radon

Idd skole ligger i et område som NGU klassifiserer med «moderat til lav aktsomhet» mot radon.

§ 13-5 i TEK10 stiller krav til at bygninger skal prosjekteres og utføres med radonforebyggende tiltak. Radonkonsentrasjonen skal ikke overstige 200 Bq/m^3 . For bygninger beregnet for varig

opphold skal det bygges med radonsperre og tilrettelegges med egnet tiltak i byggegrunnen som kan aktiveres hvis radonkonsentrasjonen overstiger 100 Bq/m^3 i inneluft.

Dokumentasjon av radonkonsentrasjon gjøres ved ferdigstillelse av bygget.

4.10 Våtrom

Våtrom bør utføres av godkjente fagfolk og det anbefales å stille krav til kontrakt for utførelse iht. Våtromsnormen. Løsninger skal baseres på detaljer og prinsipper fra SINTEF Byggforsk og Våtromsnormens systemer. Utførelse iht. Våtromsnormen krever at utførende entreprenør/håndverker har godkjenning av Fagrådet for våtrom.

Det er viktig at membran på våtrom utføres riktig og at vann og fuktighet blir ledet ut av rommet og ikke blir magasinert i konstruksjoner. Dette kan føre til skader på bygget og i verste fall føre til et dårligere inneklima. Viktige hovedpunkter for våtrom:

- Golv må ha fall til sluk, 1: 50 i vannbelastede soner og skjulte flater, 1: 100 ellers.
- Minst 25 mm høydeforskjell mellom slukrist og terskel mot andre rom.
- Membran på golv og vegger i våtsone.
- Det må være samhengighet mellom membran, sluk og slukmansjett.
- Vegger i vannpåkjennte soner skal ha membran med tette overganger til golvmembran. Overgangen mellom golv og vegg må være stabil slik at membran ikke sprekker.
- Gipsplater bør unngås i arealer med vannsøl. Det er tillatt med fliser på gipsplater iht. preakseptert løsninger, men denne løsningen har vært utsatt for en del skader. Vegger bør bygges opp av mur eller betong.
- Det må ikke være rørgjennomføringer i vannpåkjennte soner, unntatt tilførsel av vann til dusj.
- Vannrør bør utføres som rør-i-rør system med tilbakeledning av lekkasjevann til rom med vanntett golv og sluk.
- Innebygde sisterner eller lignende skal monteres slik at eventuelt lekkasjevann ikke fører til oppfukning og skade på konstruksjoner.
- Betonggolv og påstøper må svinnarmes slik at membran og fliser ikke sprekker.
- Smøremembran er ømfintlig for alkalisk fukt. Ved bruk av smøremembran anbefales lavalkalisement i betong/påstøp. Det er spesielt viktig at smøremembran legges med tilstrekkelig tykkelse iht. produsentens anvisning.
- Golv i tekniske rom bør ha vanntett golv og fall til sluk

5. GENERELLE BYGNINGSFYSISKE ANBEFALINGER

5.1 Varmeisolering

- Varme- og kondensisolasjon må som hovedregel plasseres på kald side av bærekonstruksjoner.
- Alle ytterkonstruksjoner må isoleres så godt at det ikke oppstår kondens på innvendig overflate.
- Hvis dampsperra ligger inni konstruksjonen, bør helst 3/4 av varmeisolasjonen (varmemotstanden) ligge på kald side av dampsperra.
- Sjakter og nedløp må vurderes av bygningsfysisk rådgiver og isoleres mht. kondensrisiko.
- Kuldebroer unngås best ved å plassere isolasjonen og klimaskallet utenfor bæresystemet.
- Det må utarbeides detaljtegninger av kuldebroer/sammenføring av konstruksjoner som kontrolleres av bygningsfysisk rådgiver.

5.2 Tetthet

- Sperresjiktene må ha overlapp og klemte skjøter. Skjøtene må være tette ved å klemmes som angitt i Byggdetaljblad 522.355, 523.255, evt. andre tilfredsstillende løsninger.

- I overganger og fuger er det spesielt viktig med fokus på tetthet; det er normalt her hovedandelen av luftlekkasjer forekommer.
- Diffusjonssperra (dampsperra) må ha tilstrekkelig lufttetthet og vanndampmotstand. Dampsperra bør ha:
 - Sd-verdi minst 10 m (vanndampmotstand minst $50 \cdot 10^9 \text{ m}^2\text{sPa/kg}$)
 - Luftgjennomgangstall maks. $0,002 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{hPa}$
 - 0,15 mm plastfolie (polyetylen) har tilfredsstillende egenskaper.
- Vindsperreprodukter må ha:
 - Sd-verdi maks 0,5 m (vanndampmotstand maks $2,5 \cdot 10^9 \text{ m}^2\text{sPa/kg}$).
- Hulltaking i sperresjikt i ytterkonstruksjonene må utføres slik at tilslutningene blir lufttette.
- Avslutning og klemming av tettesjikt ved vanskelige detaljer må vises på arbeidstegninger.
- Fuger rundt vindu/dør må isoleres, lufttettes på kald side og dampettes på varm side.

5.3 Fuktsikring

- Varme- og kondensisolasjon bør som hovedregel plasseres på kald side av konstruksjonen.
- Det er nødvendig å kondensisolere ytterkonstruksjoner i rom hvor det ikke kreves særlig varmeisolasjon mht. varmetap/energibruk.
- Treverk og andre fuktømfintlige materialer må ikke være i direkte kontakt med mur, betong etc. Under sviller o.l. må det fuktsikres med f.eks. svillemembran.
- Materialer som ikke er bestandige mot fukt og råte må ikke bygges inn mellom tette sjikt.
- Materialer som inneholder særlig fukt må ikke bygges inn i konstruksjoner som tørker raskt (luftede konstruksjoner over terreng), treverk bør ikke inneholde mer enn 20 vekt-% fukt. I konstruksjoner som tørker forholdsvis langsomt, bør treverk ikke inneholde mer enn 15 vekt-% fukt.
- Tidsplan må tillate uttørking av byggfukt, særlig i betong.
- Før legging av belegg på betong, må fuktinnholdet i betongen være maksimalt 85 % RF (luftfuktighet i porene). Betonggolv med varmekabler bør ikke ha høyere fuktinnhold enn 75 % RF. Man må ta hensyn til nødvendige tørketider. Det kan være nødvendig å dokumentere dette med fuktmålinger før legging av belegg. Eventuell parkett/laminat/tregolv må i tillegg fuktbeskyttes med f.eks. 0,2 mm plastfolie med god overlapp under parkettunderlaget.
- Byggdetaljblad 474.533 beskriver uttørking og kontrollmåling av byggfukt nærmere. Byggdetaljblad 474.531 beskriver egnede målemetoder og Byggdetaljblad 474.511 viser oversikt over hvilke punkter som er viktige å kontrollere mht. fukt. I tillegg henvises det til NS3511 og NS3512.
- Det bør ikke installeres stor effekt på gulvvarme i eventuelle golv med belegg av tre/parkett (kan tørke for mye og sprekke).
- Transport, lagring og byggetid må planlegges for minst mulig oppfukning av materialer.

5.4 Materialer og bestandighet

- Det må ikke bygges inn materialer med kortere forventet levetid enn materialene utenfor.
- Utvendige porøse materialer må ha dokumenterte egenskaper mht. frostbestandighet. Eksempler på slike materialer er utvendig tegl og puss.
- Det må benyttes tilslag i betong som ikke gir alkaliereaksjoner.
- I rom der golv kan bli spylt må det i tillegg til vanntett golvkonstruksjon brukes fuktbestandige materialer i vegger.
- Store arealer av mur, betong etc. må deles opp med nødvendige bevegesfuger. Nødvendig fugeoppdeling er beskrevet i Byggdetaljblad 523.231, 523.242, 542.301, 542.303 og 542.813.

- Det meste av svinnet i betong bør være unnagjort før eventuell flislegging.
- Iht. TEK 10 (§3-1 til §3-14) stilles krav til byggproduktene egenskaper, levetid og holdbarhet. Entreprenøren må dokumentere hvordan dette skal ivaretas, f.eks. ved å velge kjente, utprøvde materialer og løsninger, f.eks. med Teknisk godkjenning.

5.5 Detaljer

Det må utarbeides detaljtegninger av kritiske detaljer i ytterkonstruksjoner:

- overganger mellom materialer og konstruksjoner
- dekkeforkanter
- gjennomføringer
- vindusinnsetting
- konstruksjoner mot grunnen
- parapeter
- gjennomføringer på tak
- kuldebroer
- luft- og dampetting der konstruksjoner (f.eks. søyler e.l.) bryter dampsperra
- kritiske detaljer i våtrom

Detaljene må vise hvordan tetting og klemming av sperresjikt skal utføres. Arbeidets rekkefølge må planlegges slik at det er mulig å utføre detaljer og sammenføring av konstruksjoner som planlagt. Dette må komme frem av tegninger.

5.6 Kontroll / Dokumentasjon

- Alle viktige materialer/løsninger med betydning for bygningsfysikk/fuktsikring skal ha dokumenterte egenskaper.
- Membran-, lim- og flissystem anbefales dokumentert, også samhörighet mellom materialene.
- Alle viktige detaljer/tegninger må tegnes ut av ARK og kontrolleres av bygningsfysisk rådgiver.
- Det må kontrolleres at alt utstyr og komponenter tåler klimaet de utsettes for.
- Betongens fuktinnhold bør kontrolleres før legging av membraner og tette belegg.
- Det må utføres tetthetsmåling av ferdig bygg. Lekkasjetall må være iht. krav i energiberegningen

VEDLEGG

Størrelser		Inndata	Dokumentasjon
Arealer [m ²]	Yttervegger	2931 m ²	Målt på tegninger fra ARK: Forprosjekt, FORELØPIG, datert 20.12.2016
	Tak	2440 m ²	Målt på tegninger fra ARK: Forprosjekt, FORELØPIG, datert 20.12.2016
	Gulv	2906 m ²	Målt på tegninger fra ARK: Forprosjekt, FORELØPIG, datert 20.12.2016
	Vinduer, dører og glassfelt	1246 m ²	Målt på tegninger fra ARK: Forprosjekt, FORELØPIG, datert 20.12.2016
Oppvarmet BRA (A _{fl}) (m ²)		6349 m ²	Målt på tegninger fra ARK: Forprosjekt, FORELØPIG, datert 20.12.2016
Oppvarmet luftvolum (V) (m ³)		27583 m ³	Målt på tegninger fra ARK: Forprosjekt, FORELØPIG, datert 20.12.2016
Varmegjennomgangskoeffisient for bygningsdeler [W/m ² K] (U-verdi)	Yttervegger	0,15 W/m ² K	Forutsatt verdi. Isolasjonstykkelse avhenger av konstruksjonsoppbygging
	Tak	0,10 W/m ² K	Forutsatt verdi. Isolasjonstykkelse avhenger av konstruksjonsoppbygging
	Gulv	0,10 W/m ² K	Ekvivalent, forutsatt verdi. Isolasjonstykkelse avhenger av konstruksjonsoppbygging
	Vinduer og glassfelt Glasstak	0,8 W/m ² K 1,0 W/m ² K	Forutsatt verdi Glasstak, forutsatt verdi
Arealandel for vinduer, dører og glassfelt i forhold til oppvarmet bruksareal (%)		19,6	Beregnet av SIMIEN etter innlagte arealer
Normalisert kuldebroverdi (Ψ ⁿ) [W/m ² K]		0,05	Forutsatt verdi, må dokumenteres ved beregning.
Lekkasjetall (n ₅₀) [h ⁻¹]		0,6	Forutsatt verdi. Trykktest gjennomføres i utførelsesfasen iht. NS-EN 13829 for dokumentasjon på oppfyllelse av konseptkrav.
Energiforsyning - Romoppvarming - Oppvarming av tappevann - Varmebatteri ventilasjon - Kjølebatteri ventilasjon - Lokal kjøling - El. spesifikt energibehov		60 % VP, 40 % EL Elektrisitet Elektrisitet Elektrisitet	Forutsatt fordeling
Årsgjennomsnittlig virkningsgrad (η) for varmegjenvinner [%]		90 %	Forutsatt verdi
Spesifikk vifteeffekt (SFP) relatert til luftmengder, i driftstiden [kW/m ³ /s]		2,0	Forutsatt verdi
Gjennomsnittlig ventilasjonsluftmengde (V̇) i driftstiden (m ³ /m ² h)		11,49	Cirka luftmengde oppgitt av RIV (ca 75 000 m ³ /h)
Ventilasjonsluftmengde (V̇) utenfor driftstiden [(m ³ /(m ² ·h))]		3,45	Forutsatt verdi
Settpunkt-temperatur for oppvarming (i/utenfor driftstid) [C°]		21/19	Iht. NS 3031 tillegg A, tab. A.3.

Størrelser	Inndata	Dokumentasjon
Spesifikk pumpeeffekt (<i>SPP</i>) [kW/l/s]	1,6	Iht. NS 3031 tillegg I, tab. I.1
Driftstid for oppvarming, ventilasjon, belysning og utstyr	10/5/44	Iht. NS 3031 tillegg A, tab. A.3
Oppholdstid for personer	10/5/44	Iht. NS 3031 tillegg A, tab. A.3
Spesifikt effektbehov for/varmetilskudd fra belysning i driftstiden [W/m ²]	10,0/10,0	Iht. NS 3031 tillegg A, tab. A.2
Spesifikt effektbehov for/varmetilskudd fra utstyr i driftstiden [W/m ²]	6,0/6,0	Iht. NS 3031 tillegg A, tab. A.1/A.2
Spesifikt effektbehov for/varmetilskudd fra varmtvann i driftstiden [W/m ²]	1,9/0	Iht. NS 3031 tillegg A, tab. A.1/A.2
Varmetilskudd fra personer i oppholdstid [W/m ²]	12,0	Iht. NS 3031 tillegg A, tab. A.1/A.2
Installert effekt romoppvarming og varmebatteri [W/m ²]	80	Forutsatt verdi
Årsgjennomsnittlig systemvirkningsgrad for oppvarmingssystemet [%]	1,46	Forutsatt oppvarmingssystem. Vektet verdi ut i fra standardverdier gitt i NS 3031, tillegg B
Installert effekt romkjøling og kjølebatteri [W/m ²]	30	Forutsatt verdi
Årsgjennomsnittlig systemvirkningsgrad for kjølesystemet [%]	2,5	Iht. NS 3031 tillegg B, tab. B.12
Total solfaktor (\bar{g}_t) for vinduer og solskjerming	0,23	Forutsatt solskjerming på alle solbelastede fasader
Avskjermingsfaktor (F_s) for horisont, bygninger, vegetasjon for ulike orienteringer (N/Ø/S/V)	0,92/0,93/ 0,96/0,96	Generell horisont på 0,9 iht. NS3031, tillegg E2