

Beregnet til  
Byggherren / brukere / prosjekteringsgruppen

Dokument type  
Rapport – Energi- og bygningsfysiskkonsept

Dato  
26.10.2021

Oppdragsnummer  
1350046789

Revisjon  
00

# NORMORIA ENERGI - OG BYGNINGSFYSISK KONSEPT

# NORMORIA

## ENERGI - OG BYGNINGSFYSISK KONSEPT

Oppdragsnr.: 1350046789  
Oppdragsnavn: Normoria – Opera og Museum i Kristiansund  
Dokument nr.: 01  
Filnavn: 1350046789 H-RAP-01 Energikonsept.docx

Revisjon	00			
Dato	26.10.2021			
Utarbeidet av	Erling Hannaas / Ferry Smits			
Kontrollert av	Erling Hannaas			
Godkjent av	Ferry Smits			
Beskrivelse	Energikonsept			

### Revisjonsoversikt

Revisjon	Dato	Revisjonen gjelder

Rambøll  
Mellomila 79  
P.b. 9420 Sluppen  
NO-7493 TRONDHEIM  
T +47 73 84 10 00  
F +47 73 84 10 60  
www.ramboll.no

M:\2021-Oppdrag\1350046789 Opera, museum og kulturhus Kristiansund - Rambøll\7-PROD\H-Bygningsfysikk\DOK\1350046789 H-RAP-01 Energikonsept\_final.docx

## INNHALDSFORTEGNELSE

1.	INNLEDNING	4
1.1	Beskrivelse av bygningskategori og beregning	4
1.2	Om bygget	5
1.3	Prosjektets miljøambisjoner	6
1.4	Verneverdige og eksisterende bygg	6
2.	ENERGI BEREGNING	7
2.1	Krav til energi iht. TEK17	7
2.2	Krav til passivhusstandard iht. 3701:2012	8
2.3	Grunnlag for beregninger	9
2.3.1	Bygningsmessige inndata	10
2.3.2	Ventilasjon	10
2.3.3	Interne laster	11
2.3.4	Solskjerming	11
3.	RESULTATER	12
3.1	Evaluering mot forskriftskrav iht. TEK17	12
3.2	Evaluering mot passivhus iht. NS 3701:2012	13
3.3	BREEAM NOR minstekrav "very good"	13
3.4	Forventet faktisk energiforbruk	15
3.4.1	Energibehov	15
4.	OPPSUMMERING ENERGI	17
5.	BYGNINGSFYSISKE PREMISSE	18
5.1	Bygningsdeler	18
5.2	Skisse rehabilitering	19
5.3	Fuktsikring	20
5.4	Radon	20
5.5	Inneklima	21
5.6	Dagslys	23

## 1. INNLEDNING

Rambøll Norge AS er engasjert av OMKK / HENT til å utføre energiberegninger for Normoria. Denne rapporten omfatter energikonseptet for dette prosjektet. Formålet med rapporten er å synliggjøre hvordan energikravene i «Forskrift om teknisk krav til byggverk» – TEK17 §14 kan ivaretas, og det evalueres mot energikrav i teknisk forskrift gjeldende fra 1. januar 2016. I tillegg synliggjøres forslag til hva som må til for at bygget skal tilfredsstillte følgende:

- Vurdering energikrav eksisterende Skolegata 9 og Folkets Hus
- Ambisjon om passivhus etter NS3701:2012 og
- en vurdering av faktisk forventet forbruk,

Beregninger er utført basert på foreliggende tegningsgrunnlag og 3D fra Henning Larsen Architects. Det er utarbeidet et konsept der vi har forutsatt en del verdier for komponenter og tekniske anlegg. Energikonsept legges til grunn for videre vurdering av bygningsmessige og tekniske tiltak for å tilfredsstillte byggherrens ambisjonsnivå.

### 1.1 Beskrivelse av bygningskategori og beregning

Prosjektet består av tre ulike bygg som samlet former det nye Normoria-prosjektet. Hele bygget er vurdert å være validert som kulturbygg. To eksisterende bygg som inngår i bygningsmassen, Skolegata 9 og Folkets Hus blir bygd om fra hhv. skole og kontorbygg til kulturbygg, dermed må det forutsettes krav til hovedombygging.

Vi har gjort en nærmere vurdering av bygningskategoriene som skal tilknyttes ulike bygg og den standardiserte inputdata for beregningene basert på NS 3031:2014. NS 3031 er egentlig trukket tilbake av Standard Norge, samtidig er det ikke noe erstatning tilgjengelig og NS3031 er fremdeles ansett som den standarden som legges til grunn for energiberegninger.

Ved utarbeidelse av energikonsept er det utført energiberegning validert i det dynamiske beregningsprogrammet SIMIEN 6.014. Beregningen er utført med bygg som tre soner, iht. NS 3031, bygningskategori «kulturbygg».

Kristiansund er valgt som klimasted, men overstyrer til normalisert klimaforhold i forbindelse med evaluering mot forskriftskrav i TEK. Dette er iht. NS 3031:2014 «Beregning av bygningers energiytelse. Metode og data», og årsaken er at det er ønskelig å sammenligne bygningens energiytelse mot offentlige krav uten å bli påvirket av bruksmønster og klimasted. Det benyttes derfor standardiserte inndata for internlast og driftstider, hentet fra samme standard, Tillegg A. Dette gjør at beregningene for evaluering mot offentlige krav ikke vil være representative for bygningens *faktiske* energibruk/-behov. Vi har basert disse beregninger på input fra energimålinger og inndata fra RIV og RIE.



### 1.3 Prosjektets miljøambisjoner

Prosjektet har følgende miljøambisjoner relatert til energi (konf. MOP og rapport RIM):

Prosjektet skal levere et bygg basert på 20/20/20 prinsipp, 20 % bedre miljøprestasjon, 20% billigere og 20% raskere. Spesifikt til energi, gir *Konkurransesgrunnlag Del 2* eksplisitt krav om at levertenergi skal være 20% lavere enn sammenlignbare prosjekter. I tillegg er det uttrykt behov for at prosjektet er sertifisert med BREEAM til nivå Very Good.

- Ambisjon om Passivhusnivå iht. NS 3701 ifølge forslag til reguleringsplan
- BREEAM NOR minstekrav «very good» (pre analyser er ikke utarbeidet ennå).

Prosjektet har også et overordnet mål om redusert klimagassutslipp som er nærmere behandlet i rapport fra RIM / prosjektets MOP.

### 1.4 Verneverdige og eksisterende bygg

Eksisterende bygg blir endret i funksjon, dette vil normalt sett føre at definisjon om «hovedombygging» legges til grunn. For eksisterende bygg betyr dette at de skal oppfylle kravene i TEK17, eventuelt at det søkes om dispensasjon fra Teknisk Forskrift. Dette må avklares nærmere med myndighetene. Hvis byggene har en form for vernestatus, kan følgende legges til grunn:

TEK17 kap. 14-1 angir følgende:

- *(5) Dersom kravene i dette kapitlet ikke kan forenes med bevaring av kulturminner og antikvariske verdier, gjelder kravene så langt de passer.*

Dette betyr at energikravene og minstekravene ikke trengs å være tilfredsstillt for disse to bygningene, det er dog viktig med å gjennomføre tiltak der dette er mulig. Store deler av bæresystem kan gjenbrukes. Dette kan føre til at enkelte minstekrav for komponenter ikke kan tilfredsstilles. Det må vurderes, at det søkes om dispensasjon fra TEK17 for enkelte minstekrav til komponenter. Det er mulig med omfordeling, dermed kan de overordnede kravene fremdeles være ivaretatt.

## 2. ENERGI BEREGNING

### 2.1 Krav til energi iht. TEK17

Iht. TEK17 skal bygninger prosjekteres og utføres slik at det tilrettelegges for forsvarlig energibruk. Energikravene gjelder for bygningens oppvarmede bruksareal (BRA). Dette innebærer at bygningen skal tilfredsstillere kravene som settes i § 14-2 til § 14-5.

#### § 14-2 Krav til energieffektivitet

- (1) *Totalt netto energibehov for bygningen skal ikke overstige energirammene i Tabell 1 samtidig som kravene i § 14-3 oppfylles.*

Bygningskategori	Maksimum netto energibehov
Kulturbygning	130 kWh/m <sup>2</sup> oppvarmet BRA pr. år

Tabell 1 Energiramme iht. TEK17, oppgir krav til årlig netto energibehov

- (3) *I flerfunksjonsbygninger skal bygningen deles opp i soner ut fra bygningskategori og de respektive energirammene oppfylles for hver sone.*
- (5) *For yrkesbygning skal det beregnes energibudsjett med reelle verdier for den konkrete bygningen. Denne beregningen kommer i tillegg til kontrollberegning med normerte verdier*

#### § 14-3 Minimumskrav til energieffektivitet

- (1) *Verdier i Tabell 2 skal oppfylles*

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

Tabell 2 Minimumskrav

- (2) *Rør, utstyr og kanaler som er knyttet til bygningens varmesystem skal isoleres. Isolasjonstykkelsen skal være økonomisk optimal beregnet etter norsk standard eller en likeverdig europeisk standard*

#### § 14-4 Krav til løsninger for energiforsyning

- (1) *Det er ikke tillatt å installere varmeinstallasjon for fossilt brensel*
- (2) *Bygning over 1000 m<sup>2</sup> oppvarmet BRA skal*
- Ha energifleksible varmesystemer, og*
  - Tilrettelegges for bruk av lavtemperatur varmeløsning*

Preaksepterte ytelser:

1. *Energifleksible systemer må dekke minimum 60 % av normert netto varmebehov, beregnet etter NS 3031:2014.*
2. *Lavtemperatur varmeløsninger må ha turtemperatur på 60 °C eller lavere ved dimensjonerende forhold. Dette gjelder ikke for varmt tappevann.*
3. *Minimumareal avsatt til varmesentral skal beregnes etter formelen:  $10 \text{ m}^2 + 1 \% \text{ av BRA}$ , opptil 100 m<sup>2</sup>.*
4. *Takhøyden i rom for varmesentral skal være minimum 2,5 meter.*
5. *Fri bredde for alle dører i transportveien inn til varmesentralen skal være minimum 1,0 meter.*

## 2.2 Krav til passivhusstandard iht. 3701:2012

Bygget skal tilfredsstillere passivhusstandard i henhold til NS 3701:2012 «*Kriterier for passivhus og lavenergibygnings- Boligbygninger/Yrkesbygg*».

I likhet med evaluering mot TEK17 settes det også krav til energibehov til oppvarming og kjøling, samt til varmetapstall for transmisjon- og infiltrasjonstap, se Tabell 3. I motsetning til ved evaluering mot TEK17 tas det nå hensyn til lokalt klima når det settes krav til energibehov. Byggets oppvarmede BRA vil påvirke kravet til varmetapstall.

Tabell 3 Krav til passivhus iht. NS 3701:2012.

Bygningskategori	Kulturbygning
Varmetapstall for transmisjons- og infiltrasjonstap	0,35 W/m <sup>2</sup> K
Høyeste beregnede netto spesifikt energibehov for oppvarming	25,0 kWh/m <sup>2</sup>
Høyeste beregnede netto spesifikt energibehov til kjøling	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
Krav til høyeste beregnede netto spesifikt energibehov til belysning	6,0 W/m <sup>2</sup>



I tillegg til kravene i Tabell 3 er det satt minstekrav til bygningsdeler, komponenter og tekniske installasjoner og lekkasjetall iht. kapittel 5 i standarden, se Tabell 4.

Tabell 4 Minstekrav til bygningsdeler, komponenter og lekkasjetall for passivhus.

Egenskap	Passivhus	
U-verdi vindu og dør	$\leq 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$	
Normalisert kuldebroverdi	$\leq 0,03 \text{ W/m}^2\text{K}$	
Årsgjennomsnittlig temperaturvirkningsgrad for varmegjenvinner	$\geq 80 \%$	
SFP-faktor ventilasjonsanlegg	$\leq 1,5 \text{ kW/m}^3\text{s}$	
Lekkasjetall ved 50 Pa, $n_{50}$	$\leq 0,6 \text{ h}^{-1}$	
Belysning	Dynamisk dagslys- og konstant lysstyring	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 <sup>2</sup> i større rom

## 2.3 Grunnlag for beregninger

I tillegg til standardiserte inndata for internlast, driftstider og klimadata legges det inn en mengde prosjektspesifikke verdier. I dette kapitlet er det redegjort for noen nøkkeldata som omfatter varme- og luftlekkasjetap gjennom konstruksjonsdeler, samt ytelser til ventilasjonsaggregat. Det er fremdeles noe usikkerhet knyttet til oppbygging av enkelte eksisterende bygningsdeler, samt detaljert data for tekniske anlegg (spesielt brukerutstyr).

Ved å benytte seg av disse nøkkeldataene vil bygningene oppnå resultater som angitt i kapittel 3.1. Oppgitt varmekonduktivitet,  $\lambda$ , er maksimumsverdi som kan velges for å oppnå beskrevet U-verdi. Ved valg av bedre isolasjonskvalitet vil U-verdien forbedres.

### 2.3.1 Bygningsmessige inndata

I tillegg til disse verdiene er alle inndata samlet i kapittel Tabell 5, som inneholder en skjematisk framstilling hentet fra NS 3031.

Tabell 5 Forutsatte gjennomsnittlige verdier for varme- og luftlekkasjetap.

Bygningsdel	1 Skolegata 9	2 Opera bygget	3 Folkets Hus	Oppbygning konstruksjon
	U-verdi [W/m <sup>2</sup> K]	U-verdi [W/m <sup>2</sup> K]	U-verdi [W/m <sup>2</sup> K]	
Oppvarmet areal	854	6 921	2 875	
Yttervegg	0,33	0,18	0,20	
Vinduer/dører	1,2	0,80	0,80	
Tak	0,21	0,12	0,12	Se avsnitt om bygningsfysikk
Golv på grunn *	0,21	0,10	0,24	
Andre verdier				
Normalisert kuldebroverdi [W/m <sup>2</sup> K]	0,09	0,03	0,09	Vil dokumenteres av Rambøll når detaljer er tilgjengelige
Lekkasjetall, n <sub>50</sub> [h <sup>-1</sup> ]	0,6	0,6	0,6	Trykktest gjennomføres i utførelsesfasen iht. NS-EN ISO 9972:2015 for dokumentasjon på oppfyllelse av konseptkrav.

(\*) Ekvivalent U-verdi som inkluderer varmemotstand til grunnen.

### 2.3.2 Ventilasjon

For evaluering mot de ulike ambisjonsnivåer er det forutsatt balansert ventilasjon med VAV (variabelt luftvolum). For ventilasjon og oppvarming benyttes normative verdier for driftstiden iht. NS 3031, og ventilasjonsanlegget er utstyrt med vannbåret varmebatteri.

Tabell 6 viser forutsatt inndata for ventilasjonsaggregatet benyttet i energiberegningen. Veiledende verdier oppgitt i tabell B.1. NS 3031 er lagt til grunn i beregninger. Iht. TEK17 benyttes luftmengder i tabell B.1. som dimensjonerende luftmengder ved sammenligning mot forskriftskrav. Forutsatt varmegjenvinning og SFP-faktor må bekreftes av RIV.

Tabell 6. Ventilasjonsdata basert på passivhuskonsept

Ventilasjonsdata	Kulturbygg	Referanse
Varmegjenvinner [%]	82	Forutsatt verdi. Må ivaretas av RIV.
SFP-faktor [kW/(m <sup>3</sup> /s)]	1,50	Forutsatt verdi. Må ivaretas av RIV.
Luftmengde i driftstiden [m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> ]	8,00	NS3031:2014, tabell B.1

Luftmengde utenfor driftstiden [m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> ]	2,00	NS3031:2014, tabell B.1
---	------	-------------------------

### 2.3.3 Interne laster

Ved evaluering mot TEK17 og mot passivhus benyttes normative verdier gitt av NS 3031:2014 og NS 3701 for driftstid, effekt og varmetilskudd fra teknisk utstyr, tappevann og personer. Disse inndata kan være nok så representativ for enkelte bygningstyper, men er nok ikke slikt for Normoria. En nærmere vurdering av faktiske interne laster må gjøres fortløpende. For dette arbeide brukes bl.a. referanseprosjekter KIMEN på Stjørdal og Stormen i Bodø (det er per i dag ikke data for Stormen tilgjengelig). Analyse av dataen foretas videre i forprosjekt.

Tabell 7 – interne laster per beregning og type bygg

Bygg / Simulering		1	2	3
		Skolegata 8	Opera	Folkets Hus
		Kulturbygg	Kulturbygg	Kulturbygg
TEK17 / NS 3031	Belysning (W/m <sup>2</sup> )	6,0	6,0	6,0
	Utstyr (W/m <sup>2</sup> )	1,0	1,0	1,0
	Tappevann (W/m <sup>2</sup> )	1,6	1,6	1,6
	Personbelastning (W/m <sup>2</sup> )	3,2	3,2	3,2
Passivhus / NS3701	Belysning (W/m <sup>2</sup> )	6,0	6,0	6,0
	Utstyr (W/m <sup>2</sup> )	1,0	1,0	1,0
	Tappevann (W/m <sup>2</sup> )	1,6	1,6	1,6
	Personbelastning (W/m <sup>2</sup> )	3,2	3,2	3,2

Data og omfanget av snøsmelting tilkommer energiforbruket for bygget. Omfanget av snøsmelting må begrenses da dette er en stor energipost (ref. Kimen Kulturhus).

### 2.3.4 Solskjerming

Det er lagt til grunn bruk av fast solavskjerming på alle fasader; nord, øst, og vest, ved å benytte lavere g-faktor på > 0,35. Dette må valideres videre også opp mot fare for overoppheting og validering mot inneklimas TEK17 kap. 13-5. Mer info om dette i avsnitt om inneklime. For kontorene mot sør er det forutsatt bevegelig solavskjerming, da disse rommene er svært mye utsatt for soltilskudd store deler av året.

### 3. RESULTATER

#### 3.1 Evaluering mot forskriftskrav iht. TEK17

For å evaluere prosjektet mot forskriftskrav i TEK17 er det utført en energirammeberegning i SIMIEN. Det presiseres nok en gang at dette ikke må forveksles med reelle energiytelser, ettersom dette ikke er formålet med denne evalueringen.

Tabell 8 - beregningsresultater TEK17-evaluering

Post	Navn	1 Skolegata 9 (kWh/m2år)	2 Operabygg (kWh/m2år)	3 Folkets Hus (kWh/m2år)
1a	Romoppvarming	75,3	33,1	29,8
1b	Ventilasjonsvarme	14,5	11,7	12,1
2	Tappevann (NS 3031)	10,0	10,0	10,0
3a	Vifter	11,2	11,2	11,2
3b	Pumper	1,2	1,1	1,2
4	Belysning (NS 3031)	17,2	17,2	17,2
5	Utstyr (NS 3031)	2,9	2,9	2,9
6a	Romkjøling	0,0	0,0	0,0
6b	Ventilasjonskjøling	6,2	6,2	6,2
	Sum	138,5	93,6	90,6
	Krav TEK 17	130	130	130

### 3.2 Evaluering mot passivhus iht. NS 3701:2012

Tabell 9 viser hhv. verifisering av krav til energiytelsen og beregnet varmetapsbudsjett.

Tabell 9 validering passivhus

	Navn	1 Skolegata 9 (kWh/m <sup>2</sup> år)	2 Operabygg (kWh/m <sup>2</sup> år)	3 Folkets Hus (kWh/m <sup>2</sup> år)
1A	Varmetapstill beregnet	0,90	0,45	0,42
1B	Varmetapstill minstekrav	0,42	0,41	0,40
2A	Netto oppvarmingsbehov	73,6	34,9	32,5
2B	Maks tillatt netto oppvarmingsbehov	26,9	25,0	25,0
3A	Beregnet kjølebehov	1,2	1,2	1,2
3B	Maks. tillatt kjølebehov	0,0	0,0	0,0
4	Minstekravene	Oppfyller ikke kravene	Oppfyller minstekravene	Oppfyller nesten alle minstekravene

### 3.3 BREEAM NOR minstekrav "very good"

For emner ENE01 stilles det ikke noe minstekrav til nivå «very good». Tabellen viser beregnet netto levert energi for kulturbygg (for BREEAM BESPOKE må det valideres mot «forretningsbygg»). Foreløpig er det kun nybygg delen som er planlagt med BREEAM NOR-sertifisering.

Det er vurdert bruk av varmepumpe med brønnpark samt EL til spisslast. Det er lagt til grunn at tappevannet ikke dekkes av en varmepumpe men individuelle beredere lokalt plassert i bygget. Beregnet levert energi basert på vektet energibehov for hele bygget inkl. eksisterende med utgangspunkt i TEK17 kravene gir følgende resultater:

Tabell 10 – beregning levert energi

Post	Navn	Energibehov (kWh/m <sup>2</sup> år)	Energiforsyning		Energibehov	Energiforsyning			
			System	% andel		System virkningsgrad	Levert Energi (kWh/m <sup>2</sup> år)	Levert Energi (kWh/år)	Energivare
1a	Romoppvarming	35,6	Varmepumpe vann - vann	90 %	32,0	3,50	9,15	97 474	EL
			Elektrisitet	10 %	3,6	1,00	3,56	37 907	EL
1b	Ventilasjonsvarme	12,0	Varmepumpe vann - vann	90 %	10,8	3,50	3,09	32 952	EL
			Elektrisitet	10 %	1,2	1,00	1,20	12 815	EL
2	Tappevann (NS 3031 verdi)	10,0	Elektrisitet	100 %	10,0	1,00	10,00	106 500	EL
			Elektrisitet	0 %	0,0	1,00	0,00	0	EL
3a	Vifter	11,2	Elektrisitet	100 %	11,2	1,00	11,20	119 280	EL
3b	Pumper	1,1	Elektrisitet	100 %	1,1	1,00	1,14	12 088	EL
4	Belysning	17,2	Elektrisitet	100 %	17,2	1,00	17,20	183 180	EL
5	Utstyr (NS 3031 verdi)	2,9	Elektrisitet	100 %	2,9	1,00	2,90	30 885	EL
6a	Romkjøling	0,0	Elektrisitet	100 %	0,0	1,00	0,00	0	EL
6b	Ventilasjonskjøling	6,2	Frikjøling via geobrønner	100 %	6,2	25,00	0,25	2 641	EL
			Elektrisitet	0 %	0,0	1,00	0,00	0	EL
		96,3	Energibehov sum		96,3	Sum levert energi	59,7	635 721	635 721

Energiklasse C for kulturbygg er på 175 kWh/m<sup>2</sup>år, maks. energibehov i TEK17 er på 130 kWh/m<sup>2</sup>år. Energiklasse C for forretningsbygg er på 210 kWh/m<sup>2</sup>år, dette betyr en reduksjon på resp. 65% for kulturbygg og 71% for forretningsbygg. Dette vil gi 10 – 11 poeng. Da BREEAM NOR BESPOKE preanalyse ikke er avklart ennå, bør det i denne fasen regnes med noe lavere antall poeng.

Tabell 11 - energikarakterskala (per 15.6.2015)

Bygningskategorier	Levert energi pr m <sup>2</sup> oppvarmet BRA (kWh/m <sup>2</sup> )						
	A	B	C	D	E	F	G
	Lavere enn eller lik	Lavere enn eller lik	Lavere enn eller lik	Lavere enn eller lik	Lavere enn eller lik	Lavere enn eller lik	Ingen grense
Småhus	95	120	145	175	205	250	
Arealkorreksjon	+800/A	+1600/A	+2500/A	+4100/A	+5800/A	+8000/A	>F
Leiligheter (boligblokk)	85	95	110	135	160	200	
Arealkorreksjon	+600/A	+1000/A	+1500/A	+2200/A	+3000/A	+4000/A	>F
Barnehage	85,00	115,00	145,00	180,00	220,00	275,00	>F
Kontorbygning	90,00	115,00	145,00	180,00	220,00	275,00	>F
Skolebygning	75,00	105,00	135,00	175,00	220,00	280,00	>F
Universitets- og høyskolebygning	90,00	125,00	160,00	200,00	240,00	300,00	>F
Sykehus	175,00	240,00	305,00	360,00	415,00	505,00	>F
Sykehjem	145,00	195,00	240,00	295,00	355,00	440,00	>F
Hotellbygning	140,00	190,00	240,00	290,00	340,00	415,00	>F
Idrettsbygning	125,00	165,00	205,00	275,00	345,00	440,00	>F
Forretningsbygning	115,00	160,00	210,00	255,00	300,00	375,00	>F
Kulturbygning	95,00	135,00	175,00	215,00	255,00	320,00	>F
Lett industribygning, verksted	105,00	145,00	185,00	250,00	315,00	405,00	>F

A = oppvarmet del av BRA [m<sup>2</sup>]

Øvre grense for karakter C er basert på nivå for TEK 2010.

Tabell 12 - BREEAM NOR ENE 1 nivåer

Poeng	% forbedring
Energimerke	
Klasse C	
1	5 %
2	7 %
3	11 %
4	15 %
5	19 %
6	25 %
7	31 %
8	38 %
9	45 %
10	55 %
11	70 %
12	85 %

### 3.4 Forventet faktisk energiforbruk

#### 3.4.1 Energibehov

Iht. nye energikrav skal det for yrkesbygg også beregnes energibudsjett med reelle verdier, i tillegg til beregning med normerte verdier. Målet er å gi byggeier og bruker et anslag for forventet energibruk. Energibudsjettet skal beregnes iht. NS 3031:2014, men med spesifikke verdier som gjelder for den konkrete bygningen. Som minimum benyttes reelle verdier for:

- Lokale klimadata
- Skjerming av bygningen
- Innetemperatur
- Driftstider
- Ventilasjonsluftmengder i og utenfor driftstid
- Varmetilskudd fra belysning, utstyr og personer
- Energibehov for varmt tappevann
- Kjøling

For validering mot forskrifter skal det legges til grunn standard temperaturer som er for alle bygg 21°C i driftstid og 19°C utenfor driftstid. I de faktiske forholdene vil disse innetemperaturer være varierende. Erfaringer tilsier at dag- og nattsinking skaper høyere effekttopper, og bør justeres til dagsinking og nattoppvarming.

I disse beregningene er det lagt til grunn følgende:

- Oppvarming konstant 22 grader (erfaringer med at romtemperatur er gjennomsnittlig høyere)
- Høyere interne laster til utstyr 5 W/m<sup>2</sup>
- Lavere effektbehov til belysning 4 W/m<sup>2</sup>
- Økt driftstid – 7 dager, 14 timer
- Ingen nattsinking
- Tappevann reduseres med 50% til 0,8 W/m<sup>2</sup>
- Personbelastning reduseres til 7 dager, 14 timer med ca. 40 personer (0,4 W/m<sup>2</sup>)
- Snøsmelting er ikke tatt med.

Tabell 13 - energibudsjett forventet forbruk

Energipost	Energibudsjett	
	Energibehov	Spesifikt energibehov
1a Romoppvarming	278478 kWh	26,1 kWh/m <sup>2</sup>
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	13307 kWh	1,2 kWh/m <sup>2</sup>
2 Varmtvann (tappevann)	74636 kWh	7,0 kWh/m <sup>2</sup>
3a Vifter	148592 kWh	14,0 kWh/m <sup>2</sup>
3b Pumper	12396 kWh	1,2 kWh/m <sup>2</sup>
4 Belysning	217691 kWh	20,4 kWh/m <sup>2</sup>
5 Teknisk utstyr	272099 kWh	25,5 kWh/m <sup>2</sup>
6a Romkjøling	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	16844 kWh	1,6 kWh/m <sup>2</sup>
Totalt netto energibehov, sum 1-6	1034042 kWh	97,1 kWh/m <sup>2</sup>

Tabell 14 - forventet levert energi

Energivare	Levert energi til bygningen (beregnet)	
	Levert energi	Spesifikk levert energi
1a Direkte el.	761306 kWh	71,5 kWh/m <sup>2</sup>
1b El. til varmepumpesystem	75704 kWh	7,1 kWh/m <sup>2</sup>
1c El. til solfangersystem	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
2 Olje	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
3 Gass	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
4 Fjernvarme	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
5 Biobrensel	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
6. Annen energikilde	0 kWh	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
7. Solstrøm til egenbruk	-0 kWh	-0,0 kWh/m <sup>2</sup>
Totalt levert energi, sum 1-7	837010 kWh	78,6 kWh/m <sup>2</sup>
Solstrøm til eksport	-0 kWh	-0,0 kWh/m <sup>2</sup>
Netto levert energi	837010 kWh	78,6 kWh/m <sup>2</sup>



## 4. OPPSUMMERING ENERGI

Kort oppsummering om hvilken bygg oppfyller de ulike valideringskriteriene. Det er vurdert både enkelt bygg (basert på bygningskategori) og samlet bygningsmasse. Se Error! Reference source not found. for en komplett oversikt.

Tabell 15 - samlet oversikt valideringskriterier

Valideringskriterier	1 Skolegata 9	2 Operabygg	3 Folkets Hus	Sum Komplett bygg
TEK17 kap. 14 krav	Nei <sup>1)</sup>	OK	OK	-
Passivhus NS 3701	Nei	Nei <sup>2)</sup>	Nei	-
BREEAM NOR	-	OK (10 poeng)	-	-
-20% (energimerke)	-	-	-	OK <sup>3)</sup>

- 1) Avvik med hensyn til enkelt komponenter, kan søkes dispensasjon for dette
- 2) Ikke alle passivhus krav oppfylt, det må gjøres justeringer på glassandel
- 3) Basert på energimerke

## 5. BYGNINGSFYSI SKE PREMISSE

### 5.1 Bygningsdeler

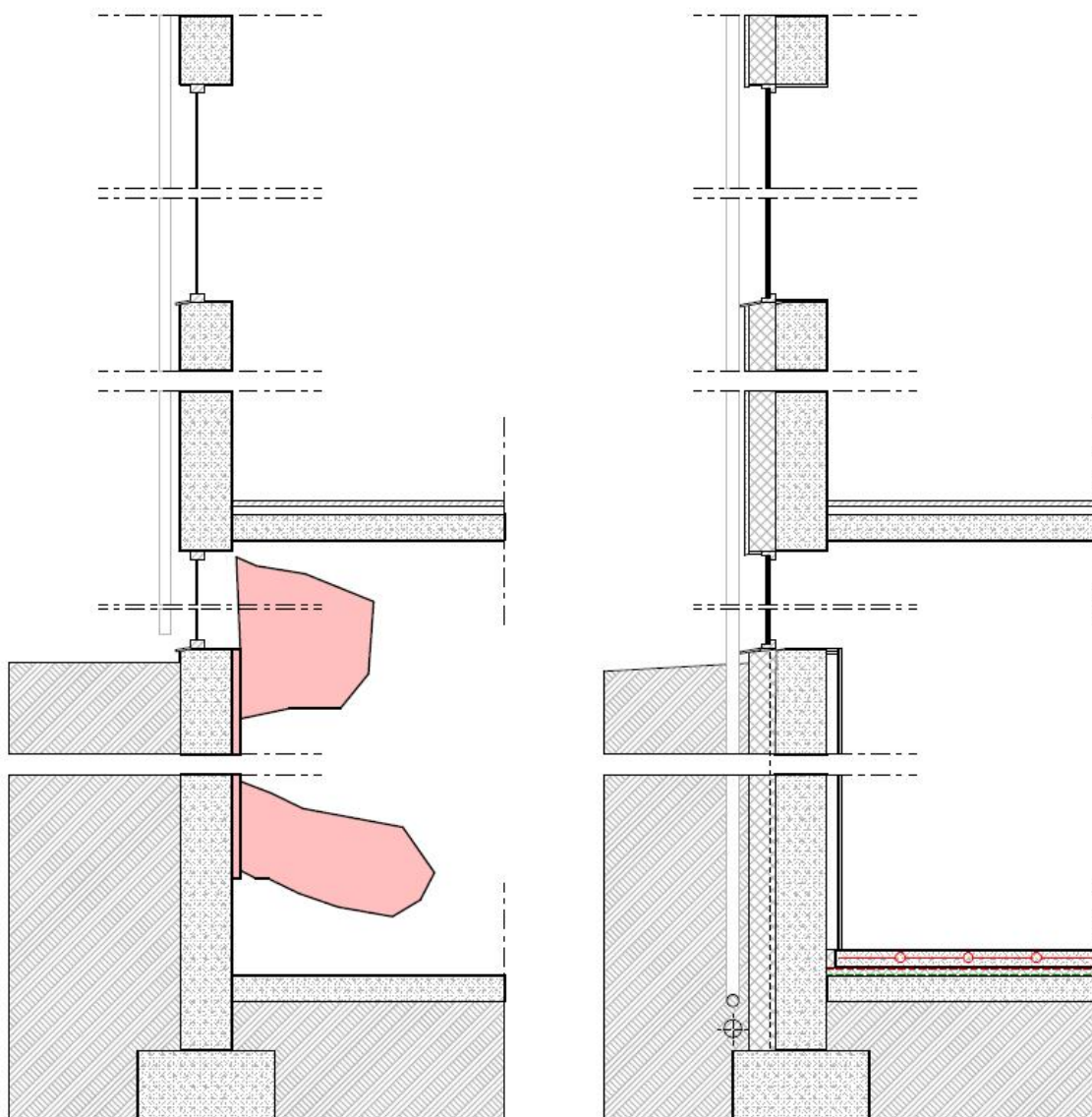
I denne fasen er det gjort en overordnet vurdering av bygningsdelene og isolasjonsløsninger, U-verdiene fra disse løsningene er lagt til grunn i energikonseptet. Løsningene for eksisterende bygg er foreløpige og må vurderes nærmere i prosessen. Eventuelt kan det være behov for nærmere undersøkelser på stedet.

Tabell 16 - utførelse termisk skille

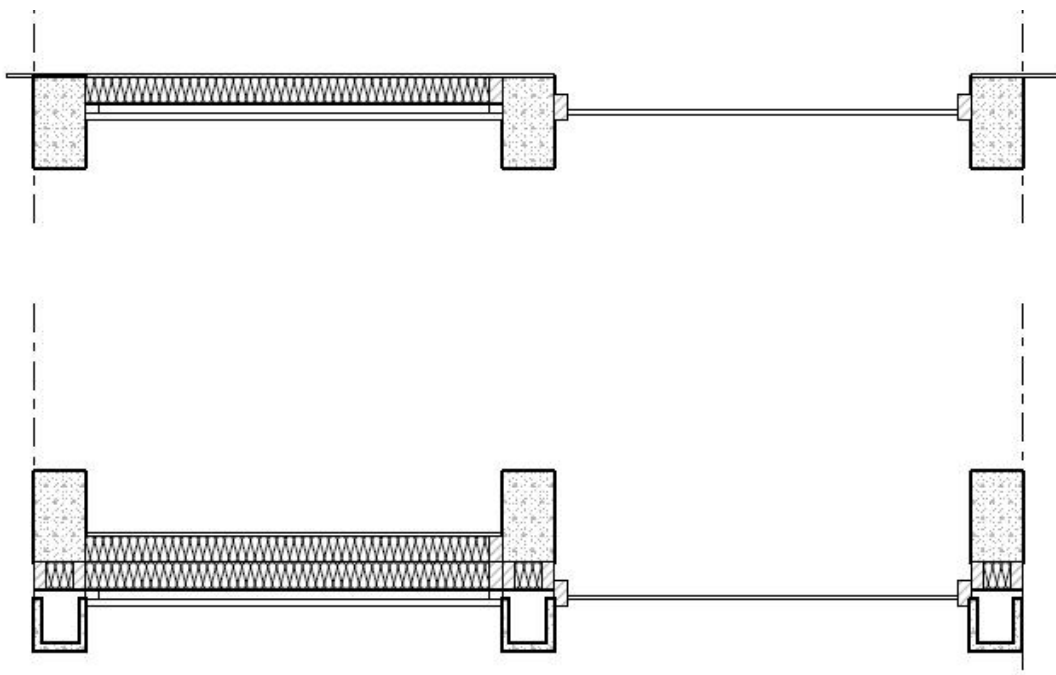
	1 Skolegata 9	2 Operabygg	3 Folkets Hus
Yttervegg	Etterisolering av eksisterende betongvegger med 100 mm EPS og puss system	Lette bindingsverkskonstruksjoner og / eller bruk av REDAIR flex på betongvegger, ca. 250 mm	Etterisolering med nye lette bindingsverksvegger, tykkelse på ca. 200 mm
Tak	Isolering av takkonstruksjon med ca. 200 – 250 mm isolasjon mellom sperrer	Kompakt tak med ca. 300 350 mm gjennomsnittlig isolasjon på TRP tak, eller betongdekke over scenetårn	Kompakt tak med ca. 300 350 mm gjennomsnittlig isolasjon på betongdekke
Gulv på grunn	Isolering med 100 mm EPS / steinull på eksisterende betongdekke, og påstøp i betong	Dekke på grunn med 150 mm EPS under betongdekke, evt XPS hvis under vannstand	Ingen tilleggisolering i gulv på grunn
Vegg mot grunn	Utvendig Isolering med 100 mm EPS mot kjellervegger	Utvendig isolering med 100 – 150 mm EPS mot kjellervegger	Utvendig Isolering med 100 mm EPS mot kjellervegger
Vinduer	Montering av nye vinduer 3 lags glass U < 1,0	Nye vinduer og dører med U < 0,8. Glassfasader i alu stick system med 3 lags glass	Nye vinduer og dører med U < 0,8. Glassfasader i alu stick system med 3 lags glass
Overlys	-	Utføres i glass- aluminium med U-verdi < 0,8	-

## 5.2 Skisse rehabilitering

I forbindelse med rehabilitering av Skolegata og Folkets Hus er følgende detaljer lagt til grunn. I tett samarbeid med Fylkeskonservator må utformingen og tiltakene avklares nærmere. Detaljene er dermed kun illustrative. Figur 4 viser noen røde flekker som illustrerer steder med store mengder med saltutslag, som følge av vanninntrenging.



Figur 2 – Vertikal detaljene Langveien Skole / Skolegata (før og etter tiltak)



Figur 3 – horisontal detaljene Folkets hus (øverst før utbedring, nederst etter utbedring)

### 5.3 Fuktsikring

Følgende hovedgrep mht. fuktsikring må ivaretas i prosjektet:

- Løsningene for avrenning av vann skal utføres iht. anvisninger Byggforsk. Kompakte flate tak skal utføres med innvendige nedløp
- Takutstikk kan utføres som kompakte tak med eget avløp – utvendig renne
- Eksisterende saltak utføres med lufting, godkjent undertaksløsning og utvendig renne
- Alle taknedløp føres ned til grunn og eget overvannssystem
- Drens langs alle eksisterende kjellervegger må utbedres, i tillegg til ny vanntetting
- Eksisterende vegger med høyt fuktinnhold må uttørkes og «luftes», særlig med innvendig boks i boks løsninger
- Saler med befuktning må sikres med meget gode damprette løsninger i øvre deler av rom, takkonstruksjoner. Foretrukket bruk av betongdekke med kompakt tak i disse soner

### 5.4 Radon

Prosjektet skal ivareta kravene til radon. For eksisterende bygg kan dette være vanskelig å få gjennomført, og må det må vurderes om man skal søke dispensasjon.

- Skolegata 9: det kan monteres radonsperre over eksisterende dekke med ny isolasjon og påstøp for å sikre mot radon. Brønner kan ikke monteres, evt. under gulvet om den skal heve noe mer (sjikt med LECA for eks.)
- Operabygget: står delvis under vann og utføres med vanntett betong, dette kan fungere som radonsperre. Ligger dekke mot grunn under vann, er ikke brønner nødvendig.
- Folkets Hus: Hvis rommene i kjeller ikke er brukt eller disponert til rom for varig opphold kan disse rommene kun ventileres og vil det ikke være behov for radonsperre eller brønner.

## 5.5 Inneklima

Det er en del momenter som vil kunne føre til fare for overoppheting. Det er spesielt foaje mot vest som er solutsatt og vil være et kritisk rom. Det er forutsatt at det ikke vil være behov for kjøling i dette rommet, men kan klimatiseres via lufting. Det er i denne fasen utført noen overordnede klimasimuleringer for å kartlegge behovet til solavskjerming og solfaktor.

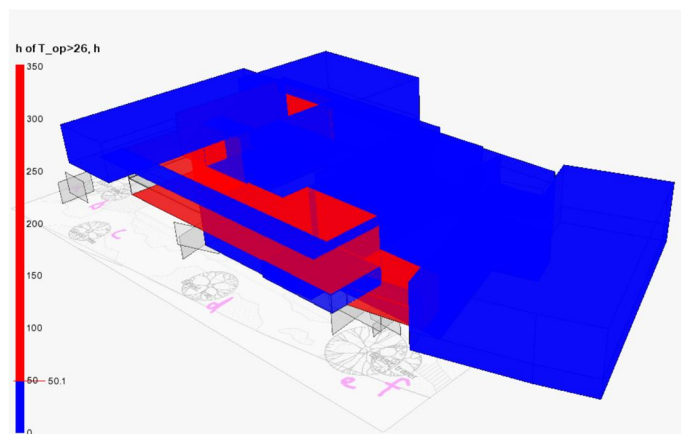
Kravet i TEK17 kap. 13-4 er en operativ temperatur med maks 50 timer i driftstid over 26 °C.

Tabell 17 – resultater klimasimuleringer

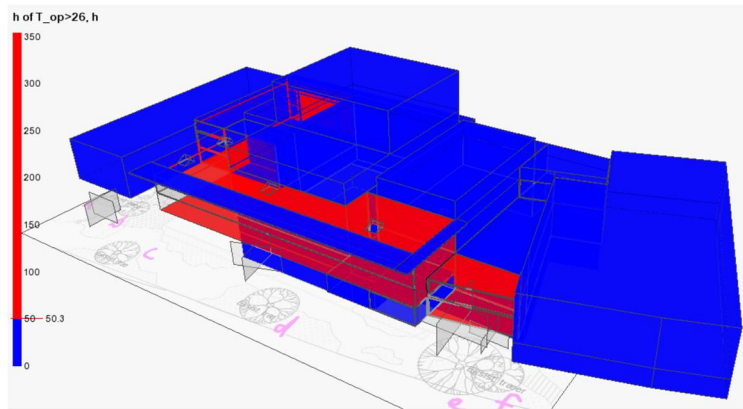
Zone	Timer operativ temperatur > 26, h			
	0	1	2	3
Foaje mot skolebygg	156,1	158,7	156,9	0,0
Museum 2. etg. øst	29	30	27,1	0,0
Foaje vest for museum	352,2	354,4	342,9	0,0
Kjeller/foaje vest	16,6	17,2	13,8	0,0
Foaje vest	315	322,2	323,9	0,0
Foaje mellom vest og skole	32,6	33,4	36,5	5,0

0. base case med kun ventilasjon og solfaktor glassfasade  $g_t < 0,40$
1. case 0 + takventilasjon / lufteluker
2. case 1 + økt lufteluker med glass  $g_t < 0,20$
3. case 2 + redusert g-faktor  $g_t < 0,22$ , ventilasjon i fasade, justerte interne laster\*

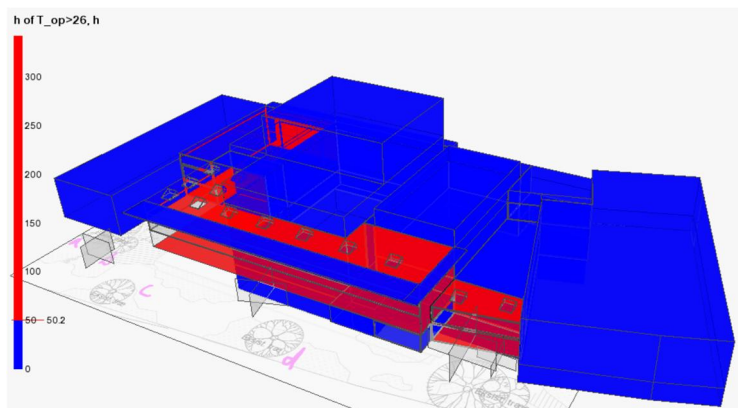
\*) belysning 6 (W/m<sup>2</sup>), utstyr 2 (W/m<sup>2</sup>), personer ca. 15 hele dagen (10h – 23h)



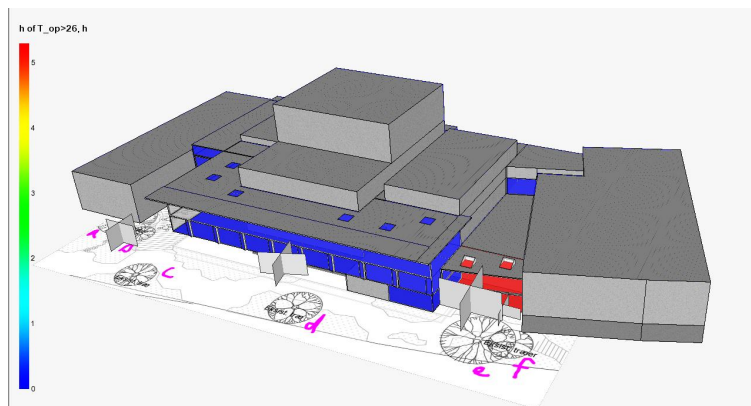
Figur 4 - case 0



Figur 5 - case 1



Figur 6 - case 2



Figur 7 - case 3

Simuleringene er utført på et grovt grunnlag og det er flere parametere som må testes. I tillegg må glassarealet tilpasses noe, men resultatene indikerer at bruk av fast solavskjerming og bruk av glass med lavt solfaktor er mulig å få gjennomført. Det vil være behov å detaljprosjekttere glasstype og solskjermingen for å få redusert temperaturer i foaje. I tillegg bør dette valideres ved bruk av CFD analyser for å sikre både et godt inn klima i en sommer- og vintersituasjon.

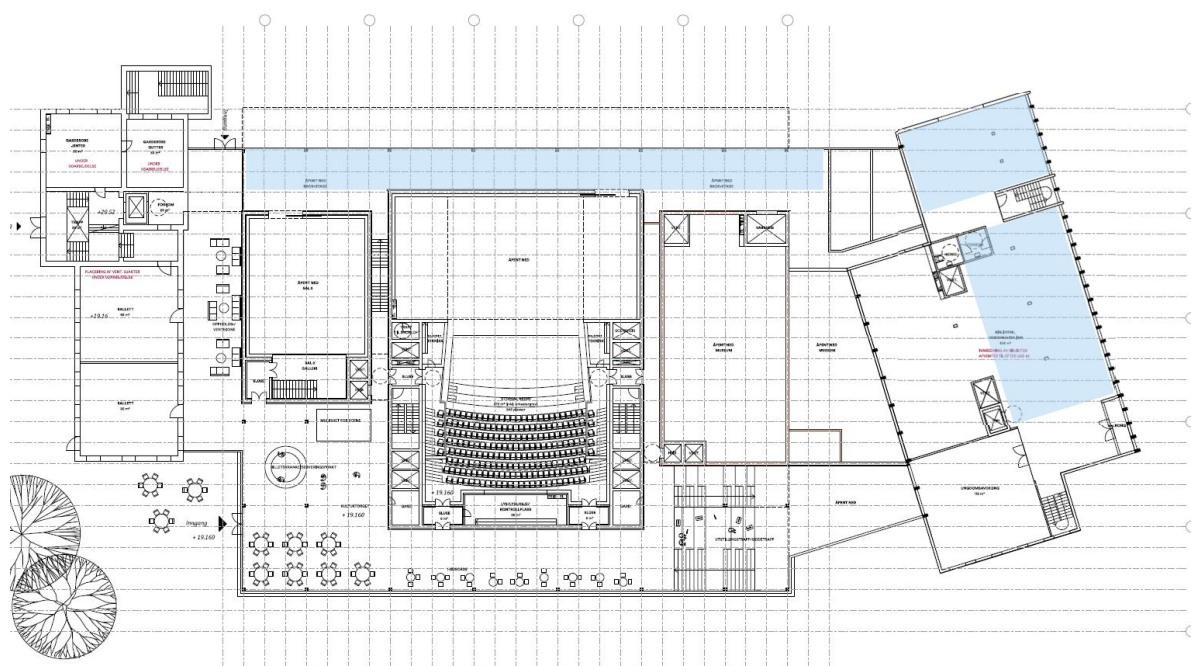
## 5.6 Dagslys

TEK17 § 13-7 stiller krav til dagslys i rom for varig opphold. Minstekravene til dagslysfaktor i rom for varig opphold er  $> 2\%$ . Rom for varig opphold er i publikumsbygg definert til kontorer, møterom, publikumsrom mm. Krav til dagslysfaktor gjelder ikke for rom i arbeidsbygning og byggverk for publikum der den forutsatte bruken tilsier noe annet.

Unntaket gjelder:

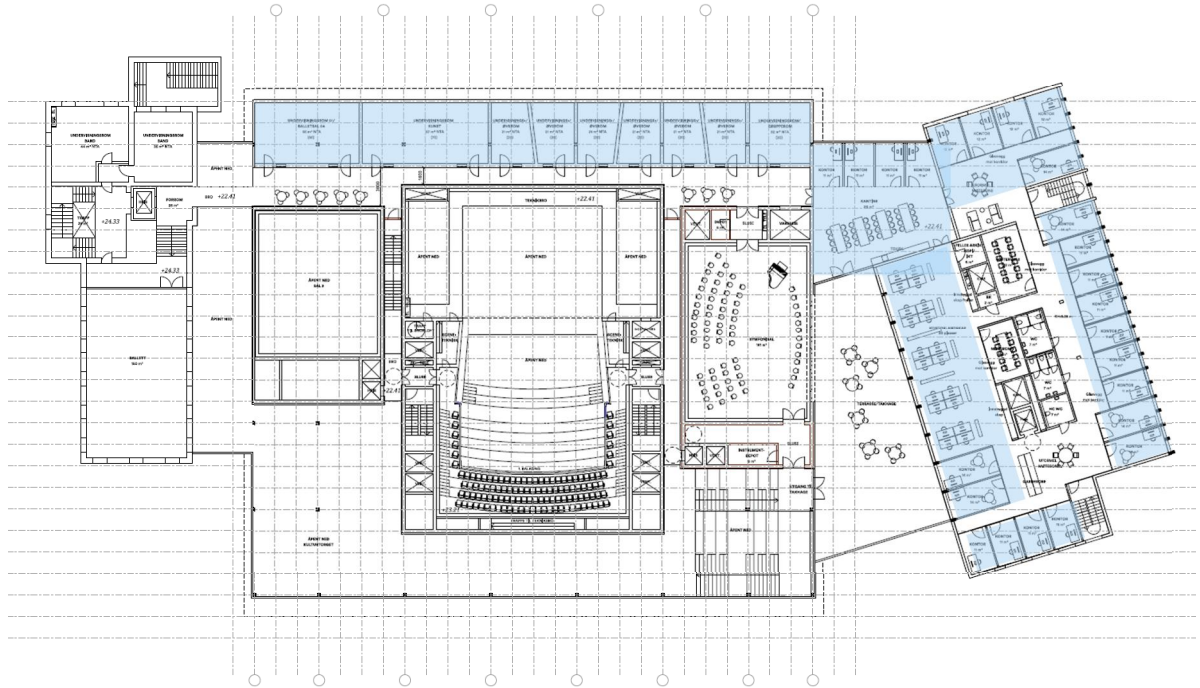
1. der rommet av driftsmessige, tekniske eller sikkerhetsmessige grunner må ligge under terreng, for eksempel arbeidsrom i tilknytning til en undergrunnsbane
2. i rom der oppholdets art eller formål tilsier det, for eksempel en kinosal.

Vi har i denne fasen kun vurdert foreliggende konsept mht. arealer som vi mener krever dagslys og tilfredsstillende dagslysfaktor iht. TEK17 kap. 13-7. Disse er begrenset til verkstedene, bibliotek, kontor og øvelsesrom. Arealene er markert i figurene.



Figur 8 - plan 1





Figur 9 - plan 2

Fasadene er ikke ferdigstilt i denne fasen, men vi ser at de rommene som skal ha dagslys krav er lokalisert langs fasadene og vil dermed på en god måte kunne oppfylle minstekravene til dagslysfaktor.