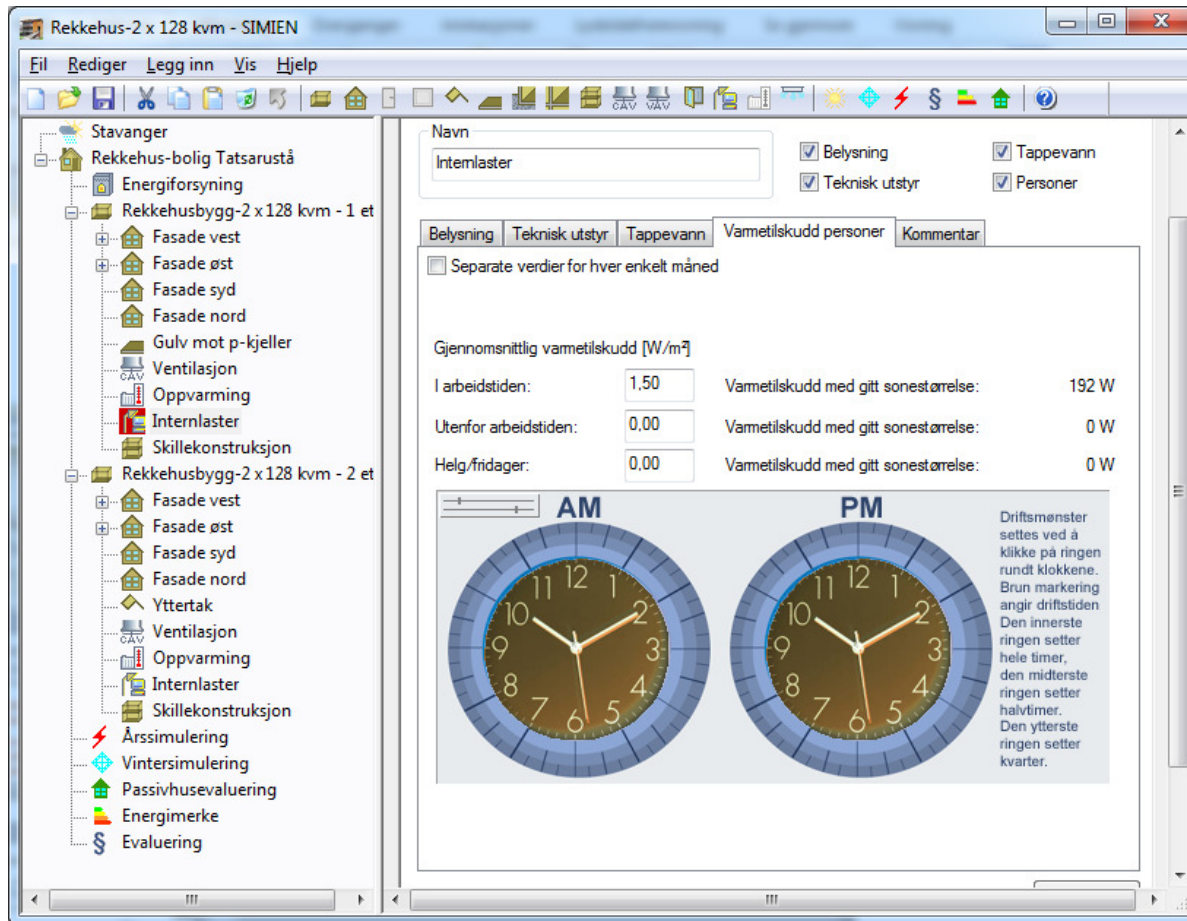


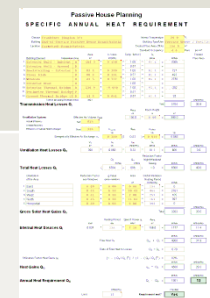
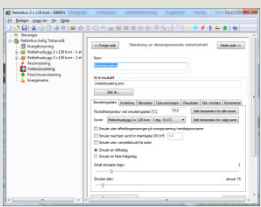
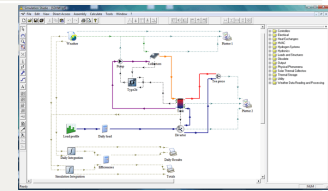
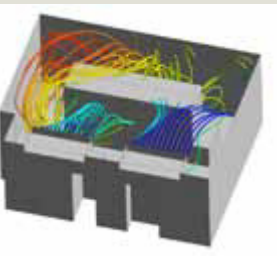
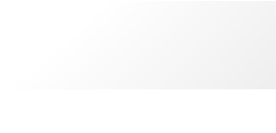
KURS I SIMIEN 6.0 - YRKESBYGG&BOLIGER



PROGRAM

10.00 – 10.45	Intro til energiberegninger – stasjonære og dynamiske beregninger, NS3031:2014 & NS3031:2016
10.45 - 11.00	Gjennomgang av et case i SIMIEN 6.0
11.00 - 11.10	Kaffepause
11.10 – 12.15	Case-arbeid: Normerte beregninger mot TEK16
12.15 – 13.00	Lunsj
13.00 – 13.30	Forts. case arbeid.
13.30 – 15.00	Case –arbeid: Design av bygget til NZEB-nivå, beregning av forventet energibruk.
14.50 - 15.00	Presentasjon i plenum – diskusjon av løsninger og resultater
16.00	Slutt

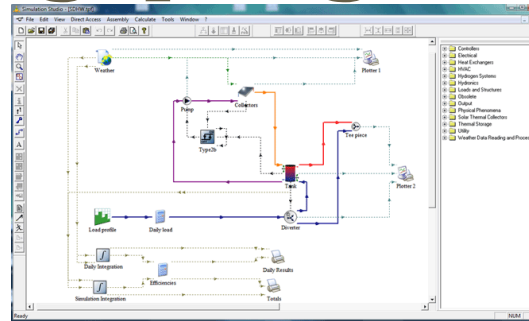
Energiberegningsmetoder

Type beregninger	Eksempler	
1. Håndberegninger/ enkle regnearkmodeller	NS3031:1987	
2. Månedstasjonære Beregninger	PHPP, ISO13790, NS3031:2014	
3. Dynamiske beregningsprogrammer, basert på «elektrisk analogi» (RC)	TEK-SJEKK SIMIEN ISO13790	
4. Avanserte dynamiske beregningsprogram basert på differanse-metoder. e.l.	TRNSYS. E-plus, ESP-r, IDA ICE,...	
5. Andre avanserte simuleringsprogrammet	CFD*: Eks. Fluent Kuldebroberegninger: eks: Heat 2/3, Therm,.. Varmeuttak grunnen: EED**	

* Computational fluid dynamics. ** Earth Energy Designer.

Energiberegningensprogram brukt i Norge

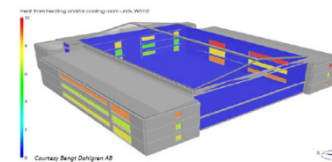
- TRNSYS: www.trnsys.com/



- E-PLUS: <http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/>



- IDA-ICA: www.equa.se/eng.ice.html



IDA Indoor Climate and Energy 4

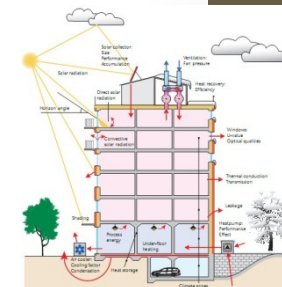
- VIP ENERGY: <http://www.strusoft.com/index.php/en/products/vip-energy>

- PHPP: http://www.passiv.de/index.html?/07_eng/phpp/PHPP2007_F.htm

- SIMIEN: www.programbyggerne.no

- Flere andre: TEK-sjekk, POLYSUN, Bsim, RIUSKA, ESP-r, ECOTECT, PARASOL:

[http://apps1.eere.energy.gov/buildings/tools_directory/subjects.cfm/pagename=subjects/pagename menu=whole building analysis/pagename submenu=energy simulation](http://apps1.eere.energy.gov/buildings/tools_directory/subjects.cfm/pagename=subjects/pagename%20menu=whole%20building%20analysis/pagename%20submenu=energy%20simulation)



Stasjonær varmebalanse for et rom/bygg



$$\overbrace{q''_{\text{int}} + q''_{\text{sol}} + q''_{\text{heat}}}^{\text{Varmetilskudd}} - \overbrace{H''(T_i - T_e)}^{\text{Varmetap}} = 0$$

Gir:

$$q''_{\text{heat}} = H''(T_i - T_e) - q''_{\text{int}} - q''_{\text{sol}}$$

Spesifikt varmetap og varmetapstall:

$$H = \overbrace{\sum UA}^{\text{Transmisjon}} + \overbrace{0.33 \cdot n_{\text{inf}} \cdot V}^{\text{Infiltrasjon}} + \overbrace{0.33 \cdot \dot{V} \cdot (1 - \eta_T)}^{\text{Ventilasjon}}$$

$$H'' = H / A_{\text{fl}}$$

$$n_{\text{inf}} = 0,07 \cdot N_{50} \quad (\text{balansert ventilasjon, NS3031})$$

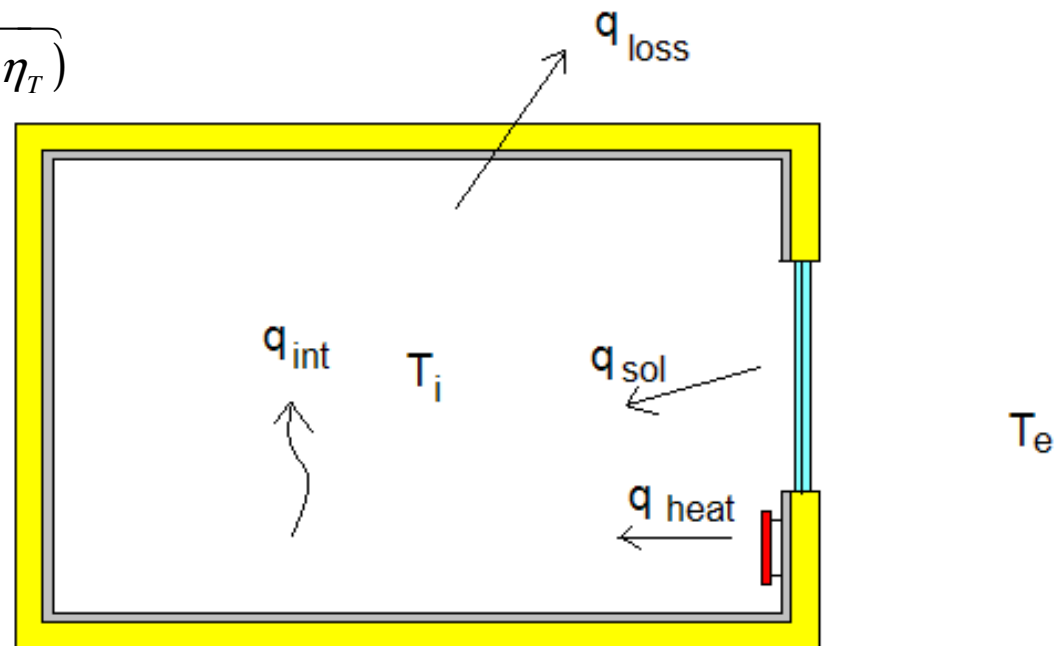
N_{50} : Lekkasjetall

\dot{V} : Luftmengde (m^3/h)

V : Volumet

U : U-verdi

A : Areal vegg, vindu, tak og gulv





Eksempel stasjonær beregning, oppvarmingsbehov cellekontor

- 10 m² kontorrom
- Fasade: 7.5 m²
- Vindu: 1 x 2 m
- Takhøyde: 3 m
- U-vegg: 0.18 W/m²K
- U-vindu: 1.2 W/m²K
- Ventilasjon: 10 m³/hm²
- Virk.grad gj.vinner: 70 %
- Tilluftstemperatur: 18 °C
- Lekkasjetall: 1.5 oms/t
- Utetemp: -20 °C
- Innetemp: 20 °C
- Neglisjerer internlast og sol

Totalt varmebehov:

$$H = 0.18 \cdot (7.5 - 2) + 1.2 \cdot 2 + 0.33 \cdot 0.07 \cdot 1.5 \cdot 10 \cdot 3 + 0.33 \cdot 10 \cdot 10 \cdot (1 - 0.7) = 14.33 \text{ W / K}$$

$$H'' = 1.43 \text{ W / m}^2 \text{ K}$$

$$q''_{heat} = 1.43 \cdot (20 + 20) = 57 \text{ W / m}^2$$

Splitta varmebehov:

$$\eta = \frac{T_{gv} - T_e}{T_i - T_e} \Rightarrow T_{gv} = 0.7 \cdot (20 + 20) - 20 = 8 \text{ °C}$$

$$q''_{VB} = 0.33 \cdot \dot{V}'' (T_s - T_{gv}) \\ = 0.33 \cdot 10 \cdot (18 - 8) = 33 \text{ W / m}^2$$

$$q''_{rom} = 57 - 33 = 24 \text{ W / m}^2$$

Dynamisk varmebalanse



$$\overbrace{q''_{\text{int}} + q''_{\text{sol}}}^{\text{Varmetilskudd}} - \overbrace{(H''_D + H''_{\text{inf}}) \cdot (T_i - T_e)}^{\text{Varmetap trans \& inf}}$$

$$- \overbrace{0.33 \cdot \dot{V}'' (T_i - T_s)}^{\text{Varmetapvent}} = \overbrace{C'' \frac{dT_i}{dt}}^{\text{Varmelagring}}$$

$$\Rightarrow \frac{dT_i}{dt} = -\frac{T_i}{\tau} + \frac{T_\infty}{\tau} \Rightarrow \frac{d\theta}{dt} = -\frac{\theta}{\tau}$$

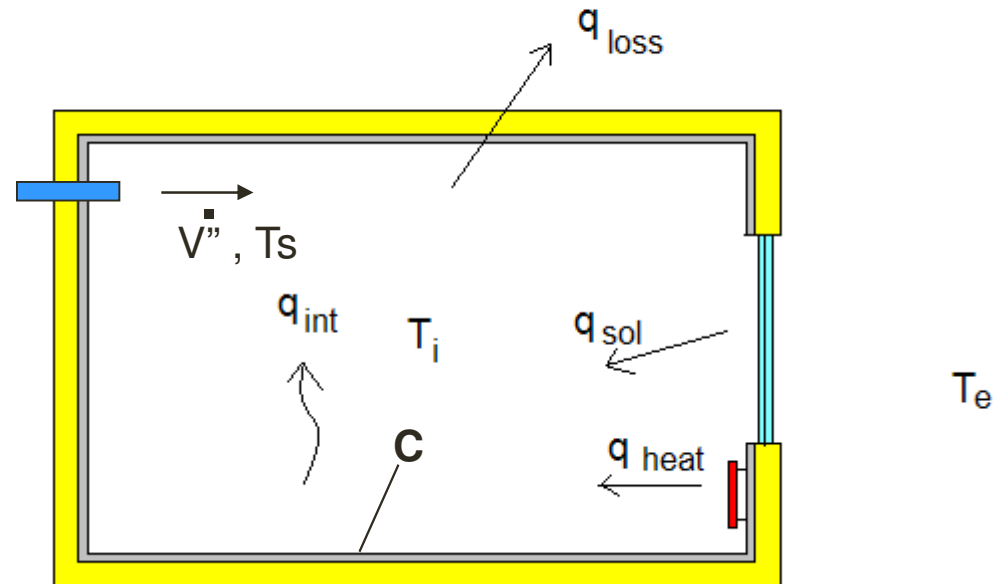
$$\Rightarrow \int_{\theta(0)}^{\theta} \frac{d\theta}{\theta} = -\frac{\theta}{\tau} \int_0^t dt$$

$$\Rightarrow \ln \frac{\theta}{\theta(0)} = -\frac{t}{\tau} \Rightarrow \theta(t) = \theta(0) e^{-t/\tau}$$

$$\Rightarrow T_i(t) = T_\infty + (T_i(0) - T_\infty) \cdot e^{-t/\tau}$$

$$T_\infty = \frac{q''_{\text{int}} + q''_{\text{sol}} + (H''_D + H''_{\text{inf}}) \cdot T_e + 0.33 \cdot \dot{V}'' \cdot T_s}{H''_D + H''_{\text{inf}} + 0.33 \cdot \dot{V}''} ;$$

$$\theta = T_i - T_\infty \quad ; \quad \tau = \frac{C''}{H''_D + H''_{\text{inf}} + 0.33 \cdot \dot{V}''}$$





Eksempel dynamisk beregning, temperaturforhold sommer

- Samme 10 m² kontorrom
- Varmekapasitet:
 - C''vegg = 3 Wh/m²K (43 m²),
 - C''gulv = 41 Wh/m²K (10 m²)
 - C''tak = 63 Wh/m²K (10 m²)
- Temperatur kl. 08.00: 20 °C
- Tilluftstemp: 18 °C
- Solfluks vindu (sør): 300 W/m², 16
- Vindu:
 - Solfaktor: 0.25
 - Karmfaktor: 0.20
 - Faktor horisont: 0.8
- Utetemp: + 20 °C
- Innetemp: 20 °C
- Internlast:
 - Lys: 8 W/m² (08-16)
 - Utstyr: 10 W/m² (08-16)
 - Personer: 9 W/m² (08-16)

$$q''_{\text{int}} = 8 + 10 + 9 = 27 \text{ W / m}^2$$

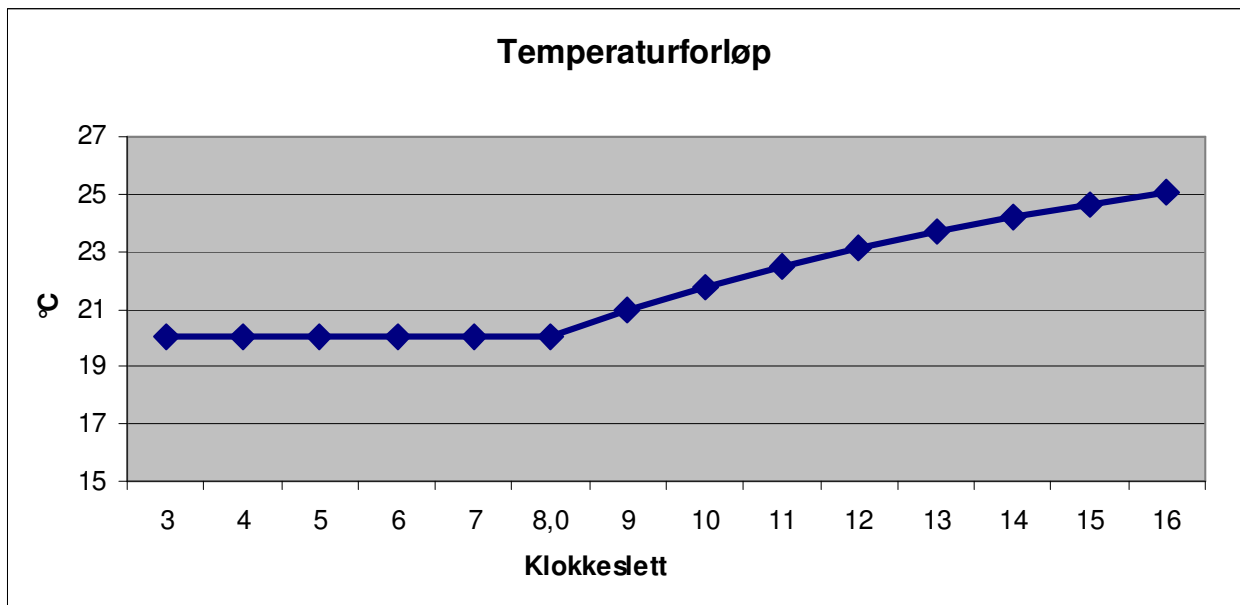
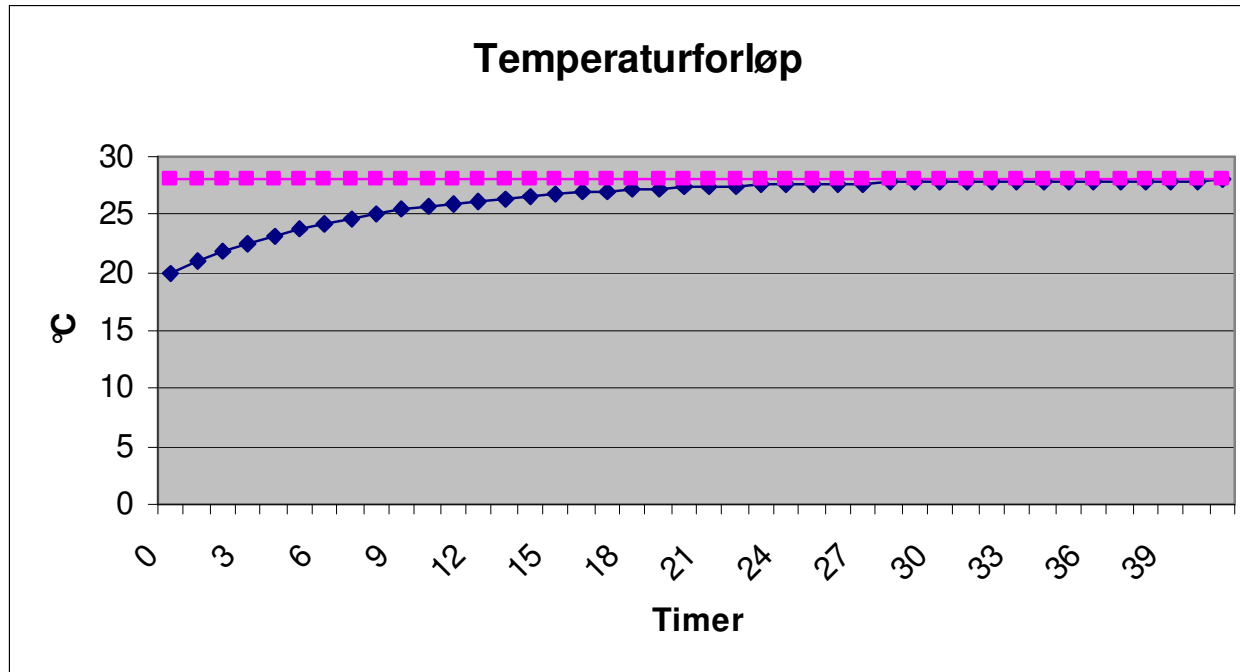
$$q''_{\text{sol}} = 2 \cdot 300 \cdot 0.25 \cdot (1 - 0.2) \cdot 0.8 / 10 = 9.6 \text{ W / m}^2$$

snitt 08-

$$T_{\infty} = \frac{27 + 9.6 + (0.34 + 0.1) \cdot 20 + 0.33 \cdot 10 \cdot 18}{0.34 + 0.1 + 3.3} = 28.0 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\tau = \frac{C''}{H''} = \frac{(43 \cdot 3 + 11 \cdot 10 + 8 \cdot 10) / 10}{0.34 + 0.1 + 3.3} = 8.0 \text{ h}$$

$$T_i(t) = 28 + (20 - 28) \cdot e^{-t/8}$$



NS3031:2016 vs. NS3031:2014



Norsk Standard
NS 3031:2007

ICS 01.040.91; 91.120.10
Språk: Norsk

Beregning av bygningers energiytelse Metode og data

Calculation of energy performance of buildings
Method and data

Innarbeidet i standarden: / Incorporated in this standard:
AC:2007

© Standard Norge. Henvendelse om gjengivelse rettes til Pronorm AS, www.standard.no



Norsk Standard
prNS 3031:2015

ICS 01.040.91; 91.120.10
Språk: Norsk

Bygningers energiytelse – Beregning av energibehov og energiforsyning

Energy performance of buildings – Calculation of energy needs and energy supply

© Standard Norge. Henvendelse om gjengivelse rettes til Standard Online AS, www.standard.no

Dokumentet er levert av Pronorm AS til Tor Heilge Dokka 2007-11-19

Målsetning med nye modeller i NS3031

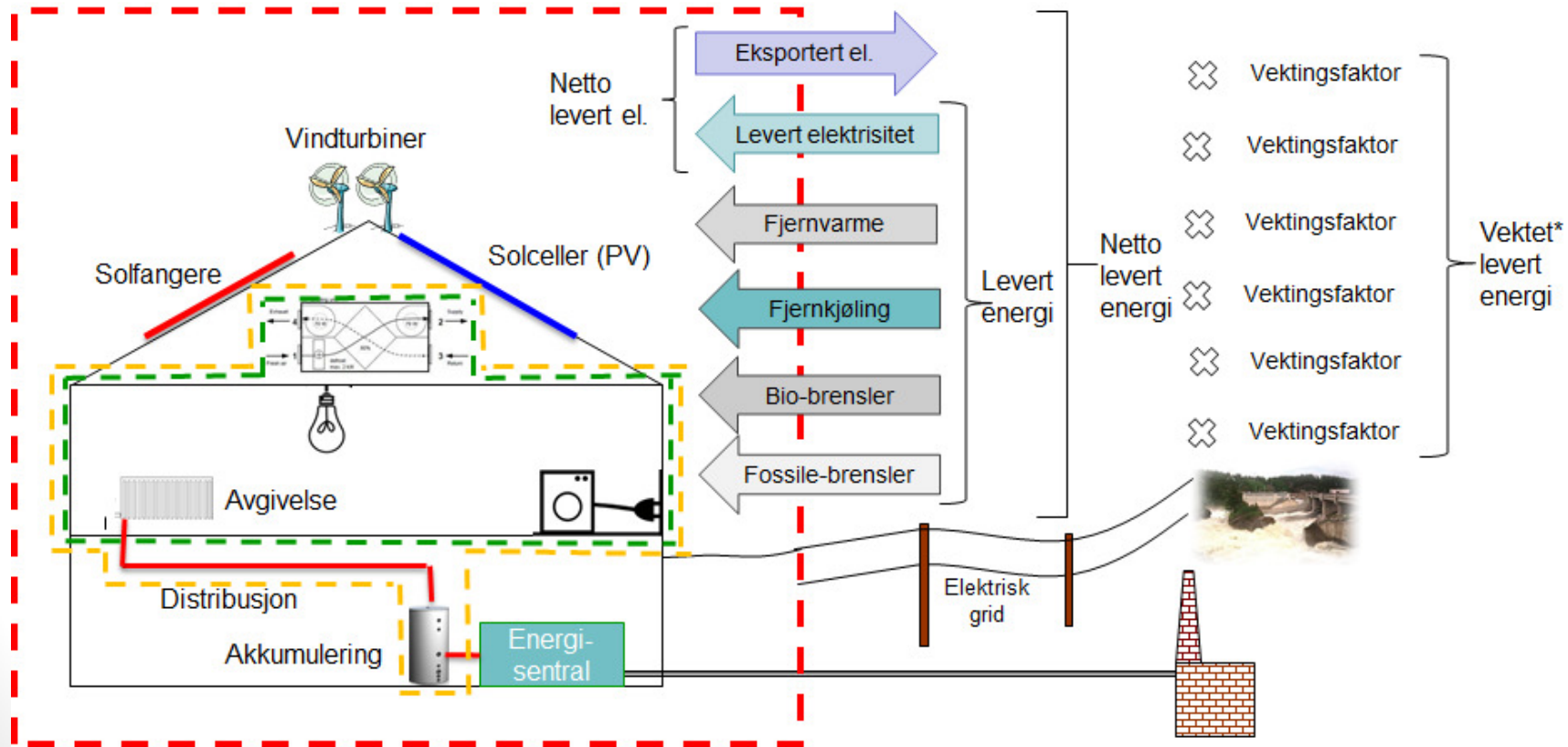
- Skal gjøre det mulig å beregne tekniske anlegg og energiforsyning med samme nøyaktighet som bygningstekniske tiltak/løsninger.
- Skal skille på dårlige, gode og supre energiforsyningsløsninger, og dermed være en viktig bidragsyter til utviklingen av denne delen av byggebransjen (varme/kjøling/fornybar produksjon).
- Rede grunnen for beregning av fremtidens bygg: Passivhus m. fornybar produksjon, NZEB, ZEB (Nullenergi), plusshus, og dermed implementering av revidert EPBD og klima- og byggemeldingen.
- Bidra til bygg med gode totalløsninger bygnings- og installasjonsteknisk: Energimessig, kostnadmessig, driftsteknisk (levetid og vedlikehold) og inneklimatemessig.
- Samtidig bør nye NS3031:2015 kunne brukes av de samme brukerne som anvender NS3031:2014 i dag:
 - Relevante rådgivende ingeniører uten spesiell opplæring
 - Energikonsulenter, teknikere, arkitekter, byggmestere og andre brukere med enkel opplæring/kursing

NS3031:2015 & SIMIEN 6.0

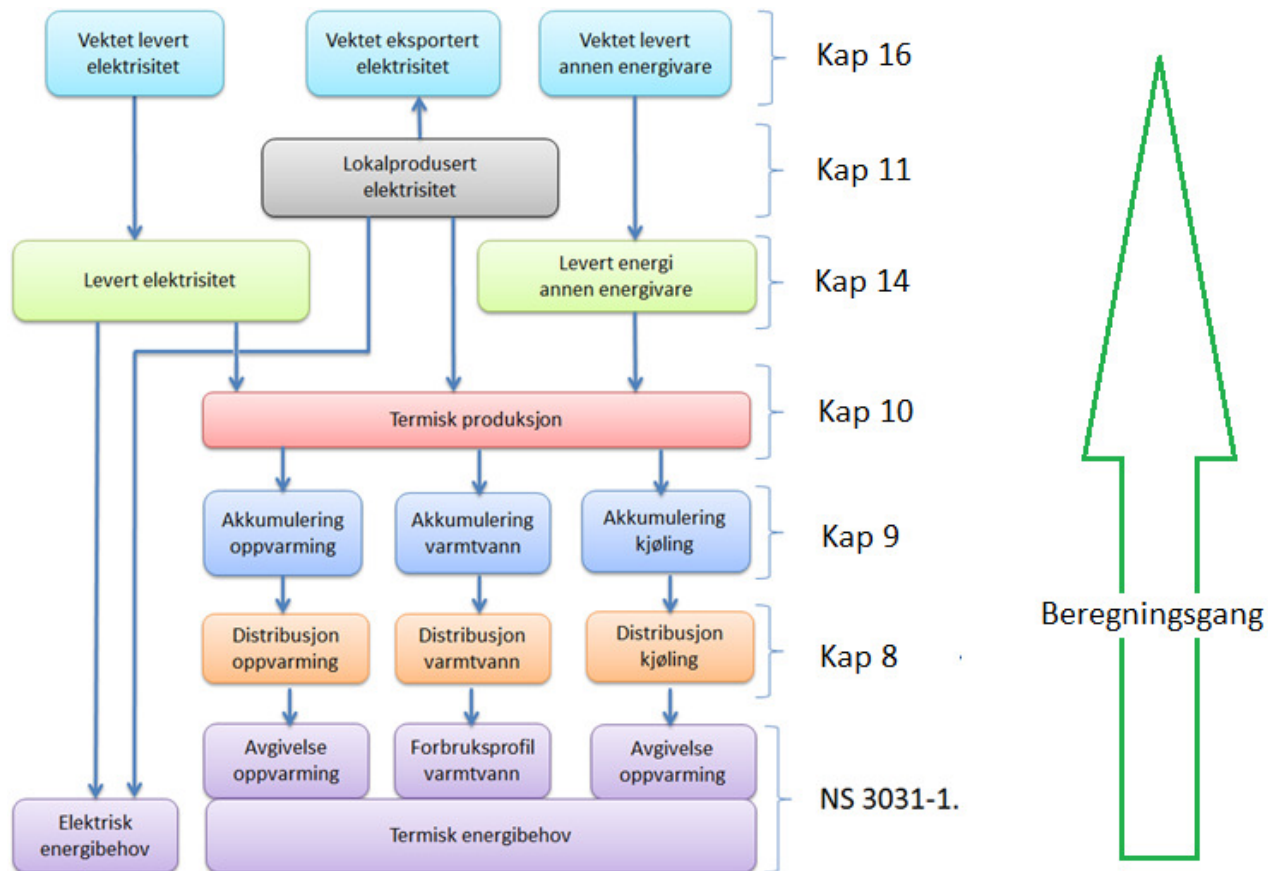


- Energibehov
- Levert energi fra energisentral
- Levert energi til bygget

- * Vektet levert energi kan være:
- Primærenergi
 - CO2-utslipp
 - Enerkipolitisk vektet levert energi
 - Energikostnad



Beregningsprosedyre del 2



Eksempel: 3600 m² Kontorbygg

- Basert på SINTEF-kassa -

- Fotavtrykk 20 x 60 m (innvendig yttervegg), 3 etasjer.
- Uoppvarmet kjeller hvor energisentral er plassert
- TEK10-SPEK:
 - $U_{yv} = 0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$
 - $U_g = 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$
 - $U_t = 0,13 \text{ W/m}^2\text{K}$
 - $U_{vin} = 1,20 \text{ W/m}^2\text{K}$
 - $N_{50} = 1,5 \text{ oms/t}$
 - $L'' = 10/3 \text{ m}^3/\text{hm}^2$
 - SFP: $2,0 \text{ kW/m}^3/\text{s}$
 - $H = 80 \%$
 - Lys: 8 W/m^2 (25 kWh/m²år)
 - Utstyr: 11 W/m^2 (34 kWh/m²år)
 - Romoppvarming: 40 W/m^2 , $T_{set} = 21/19 \text{ }^\circ\text{C}$

«Gammelt netto energibudsjett»

Energipost	Energibehov	Spesifikt energibehov
1a Romoppvarming	113580 kWh	31,6 kWh/m ²
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	42471 kWh	11,8 kWh/m ²
2 Varmtvann (tappevann)	18040 kWh	5,0 kWh/m ²
3a Vifter	77608 kWh	21,6 kWh/m ²
3b Pumper	0 kWh	0,0 kWh/m ²
4 Belysning	90202 kWh	25,1 kWh/m ²
5 Teknisk utstyr	124050 kWh	34,5 kWh/m ²
6a Romkjøling	0 kWh	0,0 kWh/m ²
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	67799 kWh	18,8 kWh/m ²
Totalt netto energibehov, sum 1-6	533750 kWh	148,3 kWh/m ²

Varme- og kjøleløsning - avgivelse

- Lavtemperatur radiatoranlegg, 45/35 °C, mengderegulert, koblet til SD-anlegg: $T_{set} = 21 + 0,2 = 21,2$ °C
- Sentral ventilasjonskjøling, 12/16 °C kjølebatteri. Tilluftstemp: 18 °C. (*ingen settpunkt-endring*)

System		$\Delta\theta_{str}$	$\Delta\theta_{ctr}$	$\Delta\theta_{rad}$	$\Delta\theta_{hydr}$	$\Delta\theta_{roomaut}$	$\Delta\theta_{int,inc}$
Oppvarmingsystemer	Radiator, 80/60, PI, mengderegulert anlegg etter differansetrykk, romregulator uten kobling til SD	0,9	0,7	0	0,2	0	1,8
	Radiator, 60/40, PI, mengderegulert anlegg etter differansetrykk, romregulator uten kobling til SD	0,5	0,7	0	0,2	0	1,4
	Radiator, 80/60, PI, mengderegulert anlegg etter differansetrykk, romregulator koblet til SD	0,9	0,7	0	0,2	-0,9	0,9
	Radiator, 80/60, PI, mengderegulert anlegg etter belastning, romregulator koblet til SD	0,9	0,7	0	0	-0,9	0,7
	Radiator, 60/40, PI, mengderegulert anlegg etter belastning, romregulator koblet til SD	0,5	0,7	0	0	-0,9	0,3
	Radiator, 45/35, PI, mengderegulert anlegg etter belastning, romregulator koblet til SD	0,4	0,7	0	0	-0,9	0,2
	Gulvvarme, P/PI, konstantmengde, romregulator ikke koblet til SD	0	1,4	0	0,2	0	1,6

Varme- og kjøleløsning

- Distribusjon oppvarming: Normalt distribusjonssystem: 0,35 lm/m², godt isolert: $U' = 0,20$ W/mK, 25 % i uoppvarmet kjeller.
- Distribusjon varmtvann (65 °C) :
 - Åpent system; normal lengde: 0,04 m/m², 6 tappinger per dag per tappested.
 - Lukket sirkulasjon; Normal lengde: 0,04 m/m², godt isolert: 0,20 W/mK, 40 % i uoppvarmet
- Kjøling (12/16 kjølebatteri): Korte rørstrekk: 0,05 lm/m², godt isolert: 0,3 W/mK, 25 % i uoppvarmet kjeller.

Tabell H.1 – Typiske verdier for løpemeter distribusjonsrør per kvadratmeter oppvarmet bruksareal

Type distribusjonssystem	Løpemeter rør per BRA m/m ²
Komplisert distribusjonssystem, lange strekk	0,45
Normalt distribusjonssystem	0,35
Distribusjonssystem med korte føringer	0,25
Forenklet vannbårent system, sentral varmeavgivelse	0,10

Varme- og kjøleløsning

- Akkumulering oppvarming: 1800 l, Spesifikt tap: 6,6 W/K. (beregnet fra tabellverdier).
- Akkumulering VV: 1950 l (satt for akk. av sol, 65 l per kvm. solfanger). Spesifikt tap: 6,8 W/K.
- Akkumulering kjøling: 1440 l, spesifikt tap: 3,9 W/K.

$$V = a \cdot A_{BRA} \quad [\text{liter}] \quad (I.13)$$

$$H_S = \alpha + \beta \cdot V^{0,4} \quad [\text{W/K}] \quad (I.14)$$

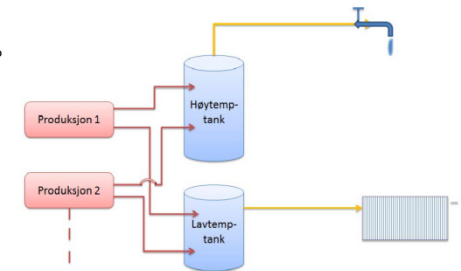
Veiledende verdier for koeffisienten a for henholdsvis varmtvanns-, oppvarmings- og kjøletanker er gitt i tabell K.1. Veiledende verdier for koeffisientene α og β i ligning (I.14) er gitt i tabell I.2.

Tabell I.1 – Veiledende verdier for koeffisienten a i ligning (I.13)

Bygningskategori	Oppvarming	Varmtvann	Kjøling
Småhus	0,4	1	0
Boligblokk ^a	0,3	0,9	0
Barnehage	0,45	0,3	0,10
Kontorbygning	0,5	0,15	0,40

Tabell I.2 – Veiledende verdier for koeffisientene α og β i ligning (I.14)

Isoleringsgrad	α	β
Godt isolerte tanker	0,22	0,11
Normalt isolerte tanker	0,37	0,19
Dårlig isolerte tanker	0,58	0,30



Brutto distribusjons- akkumuleringstap

BRUTTO DISTRIBUTJONS- OG AKKUMULERINGSTAP	kWh/år	kWh/m ² år
1.a Oppvarming -distribusjon	33237	9,2
1.b Oppvarming - akkumulering	2193	0,6
2.a. Varmt tappevann - distribusjon	9496	2,6
2.b. Varmt tappevann - akkumulering	5736	1,6
Tap varmesystem, sum 1-2	50662	14,1
3. a. Kjøling -distribusjon	460	0,1
3. b Kjøling -akkumulering	8	0,0
Tap kjølesystem, sum 3	468	0

Av 14,1 kWh/m²år går 7,6 kWh/m²år inn som et uregulerbart varmetilskudd i oppvarmede bygget, resten er tap i uoppvarmet kjeller.

Energipost	Distribusjon- og akkumuleringstap kWh/år	Spesifikt distribusjon- og akkumuleringstap kWh/(m ² år)
1a Distribusjonstap oppvarmingssystem		
1b Akkumuleringstap oppvarmingssystem		
2a Distribusjonstap varmtvannssystem		
2b Akkumuleringstap varmtvannssystem		
Tap varmesystem, sum 1 – 2		
3a Distribusjonstap kjølesystem		
3b Akkumuleringstap kjølesystem		
Tap kjølesystem, sum 3		
Totalt tap distribusjons- og akkumuleringssystem, sum 1 – 3		

Energibudsjett termiske og elektrisk energibehov etter NS3031:2015

ENERGIBEHOV	kWh/år	kWh/m ² år
1. a Romoppvarming	103825	29
1. b Ventilasjonsvarme	38300	11
2.a. Varmt tappevann	18787	5
2.b. Hotfill hvitevarer	0	0
3.a Romkjøling	0	0
3.b Ventilasjonskjøling	67801	19
Termisk energibehov, sum 1-3	228713	64
4. a. Vifter	77633	22
4. b Pumper	10776	3
5. Belysning	90202	25
6 El-spesifikt utstyr	122524	34
Elektrisk energibehov, sum 4-6	301135	84
SUM ENERGIBEHOV 1-6	529848	147

OBS1: Økning i settpunkttemp (0,2 K) øker energibehovet fra 148 til 150, men varmetilskuddet fra varmesystemet reduserer det ned igjen til 147 kWh/m²år.

OBS2! Dette er et godt designet, isolert og utført vannbårent system, i mange nye bygg er det betydelig dårligere løsninger som hadde gitt et annet svar.

Energipost	Energibehov kWh/år	Spesifikt energibehov kWh/(m ² ·år)
1a Romoppvarming		
1b Ventilasjonsvarme		
2a Varmtvann		
2b Hotfill hvitevarer		
3a Romkjøling		
3b Ventilasjonskjøling		
4a Vifter		
4b Pumper		
5 Belysning		
6 Teknisk utstyr		
Totalt energibehov, sum 1 - 6		

Tilført energi fra energisentral etter NS3031:2015

LEVERT ENERGI FRA ENERGISENTRAL	kWh/år	kWh/m ² år
1. Oppvarming	177555	49
2. Varmt tappevann	34019	9
3. Kjøling	68269	19
Termisk energibehov, sum 1-3	279843	78
4. Vifter & pumper	88409	25
5. Belysning	90202	25
6. El-spesifikt utstyr	122524	34
Elektrisk energibehov, sum 4-6	301135	84
SUM 1-6	580978	161

OBS! Relativt stor forskjell mellom energibehov og levert energi fra energisentral, på tross av godt designet vannbårent anlegg.

Energi-post		Avgitt energi fra energisentral kWh/år	Spesifikk avgitt energi fra energisentral kWh/(m ² ·år)
1	Oppvarming		
2	Varmt tappevann		
3	Kjøling		
Avgitt termisk energi, sum 1 – 3			
4	Vifter og pumper		
5	Belysning		
6	El-spesifikt utstyr		
Avgitt elektrisk energi, sum 4 – 6			
Totalt avgitt energi fra energisentral, sum 1 – 6			

Kort om soning – og energi vs. effektbehovs&inneklimavurderinger

- Energi:
 - Dele opp i tre soner:
 - Sydfløy
 - Nordfløy
 - Atrium



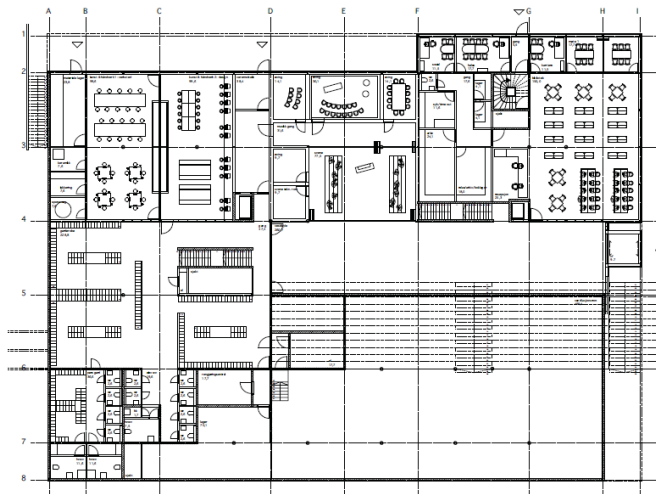
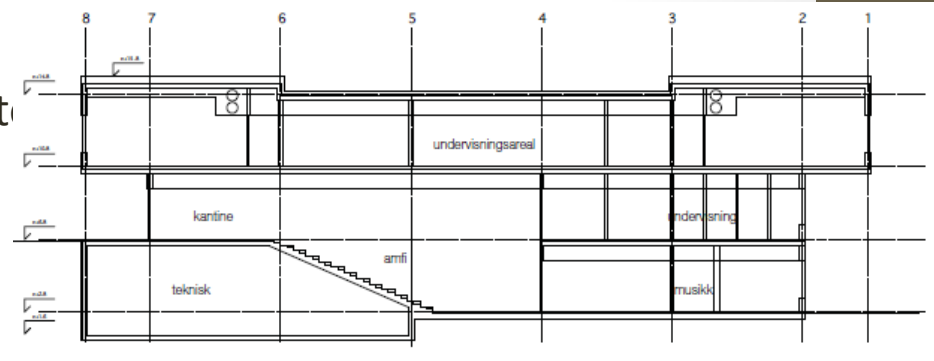
Kort om soning – og energi vs. effektbehovs&inneklimatevurderinger



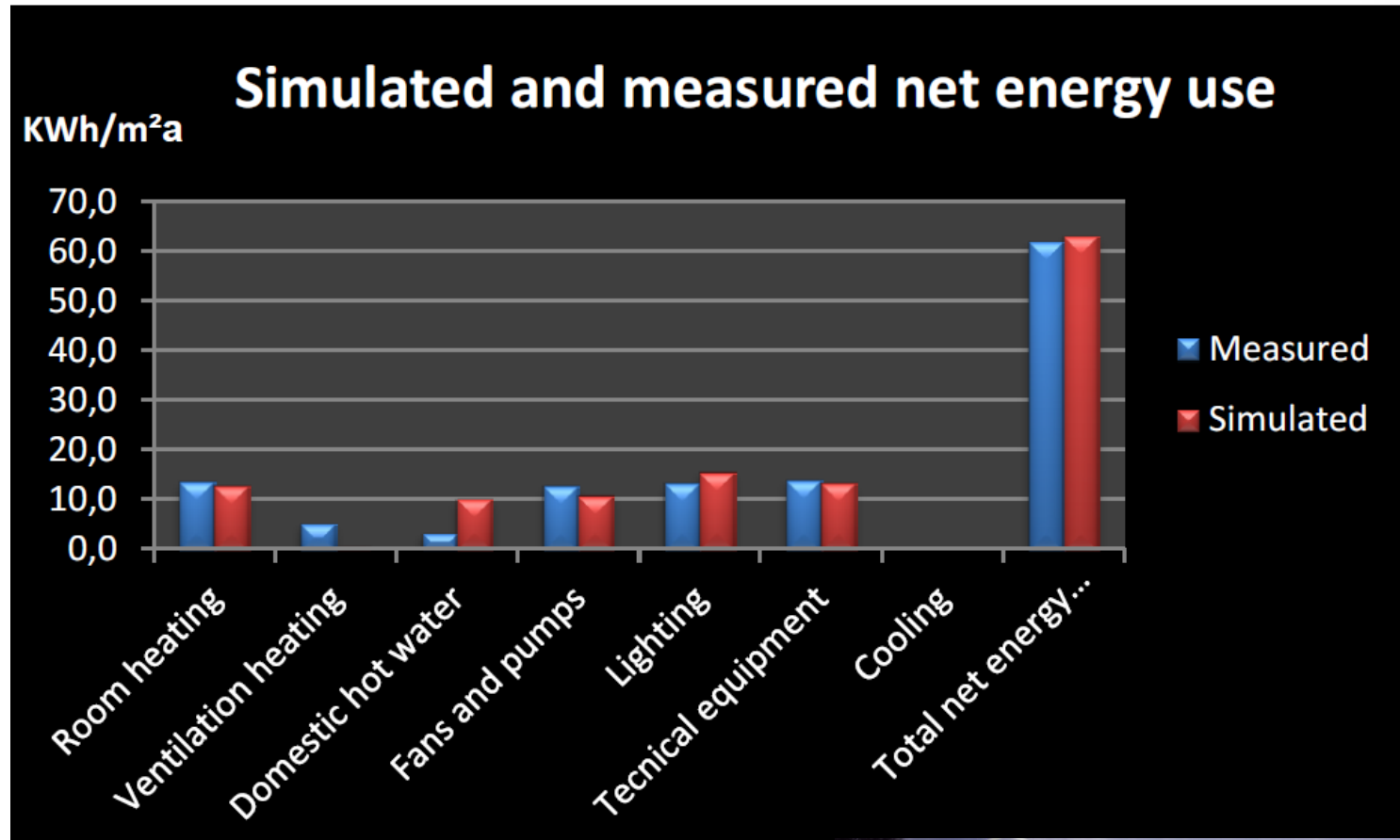
Effektbehov/inneklima: Kontorlandskap, cellekontor syd, atrium, kontor mot atrium, atrium, internt møterom.

Marienlyst school – key information

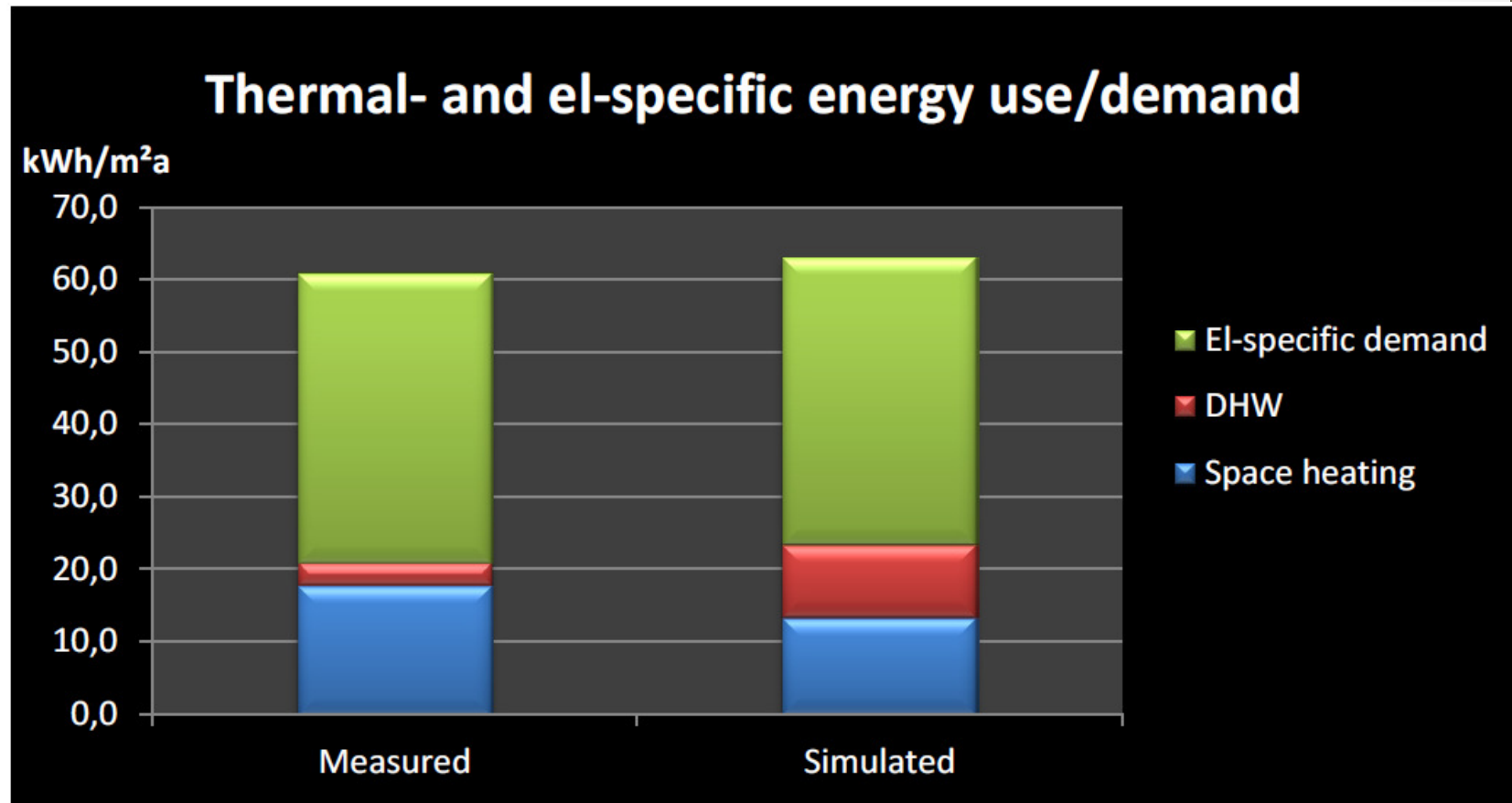
- Drammen (40 km west of Oslo)
- Marienlyst is a lower secondary school (8 to 10th grade)
- Square meters: 6485 m²
- Approx. 550 pupils
- 2-3 Storeys
- "Deep" floor plan
- Slab on ground (large inertia)
- Compact wooden roof construction(Lettak)
- Concrete sub structure, wooden walls



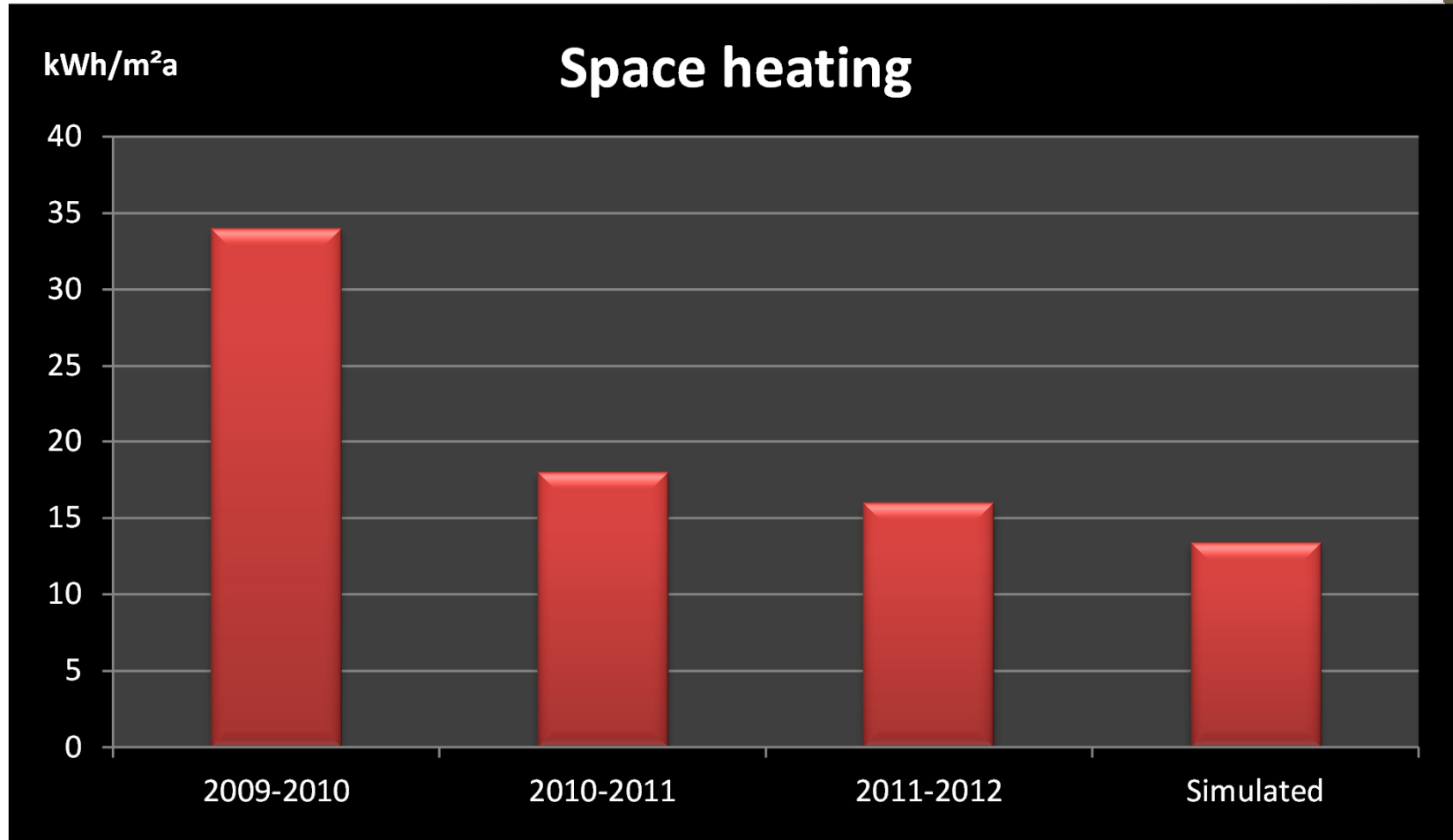
Comparison measured – simulated energy use

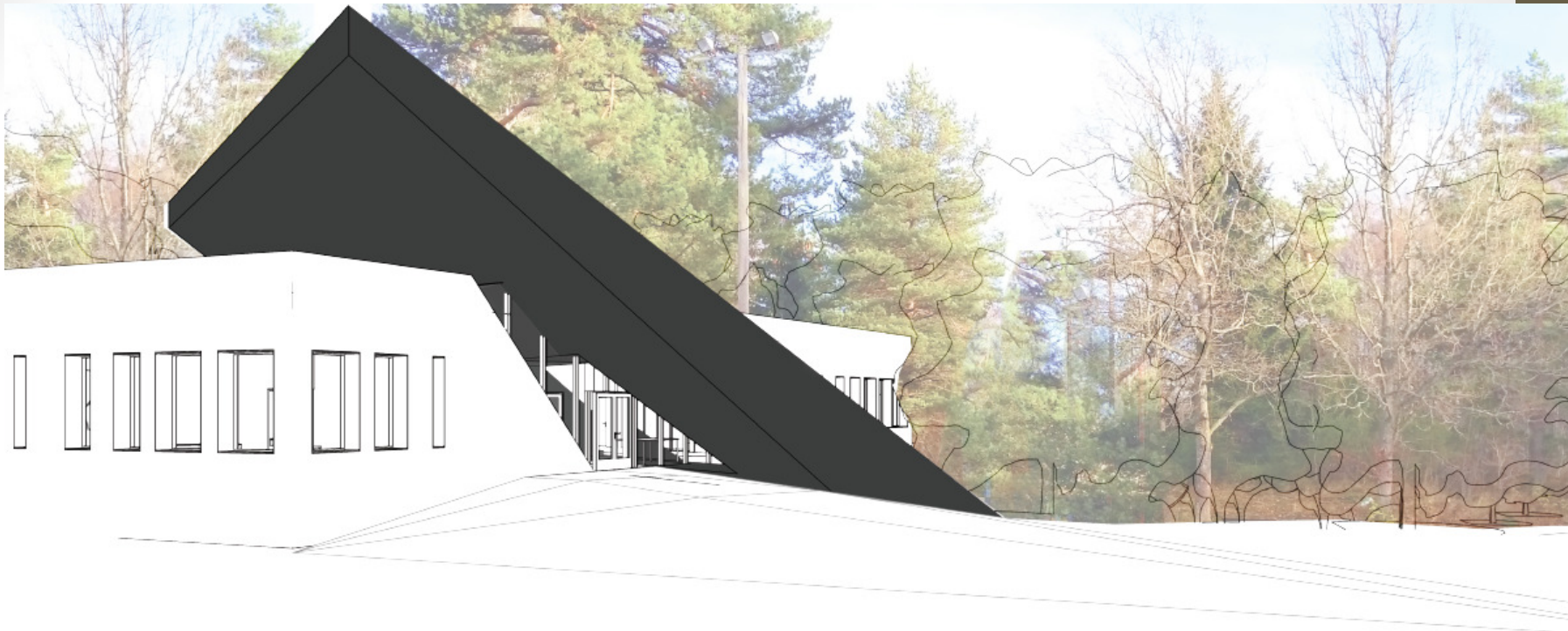


Thermal- and electric demand/measured



Space heating: 2009 - 2012

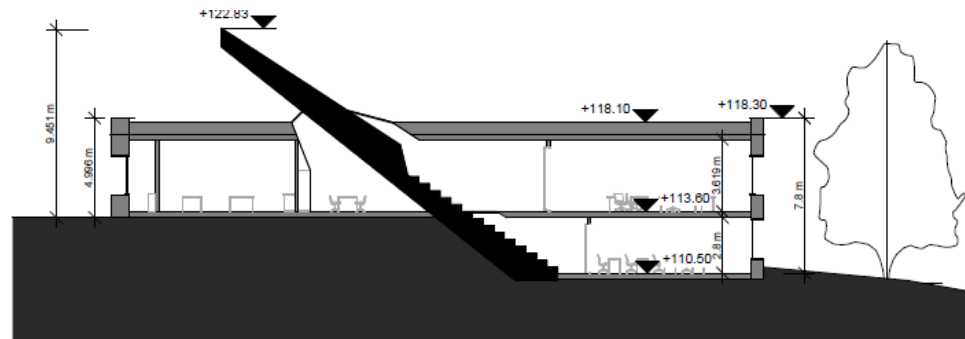
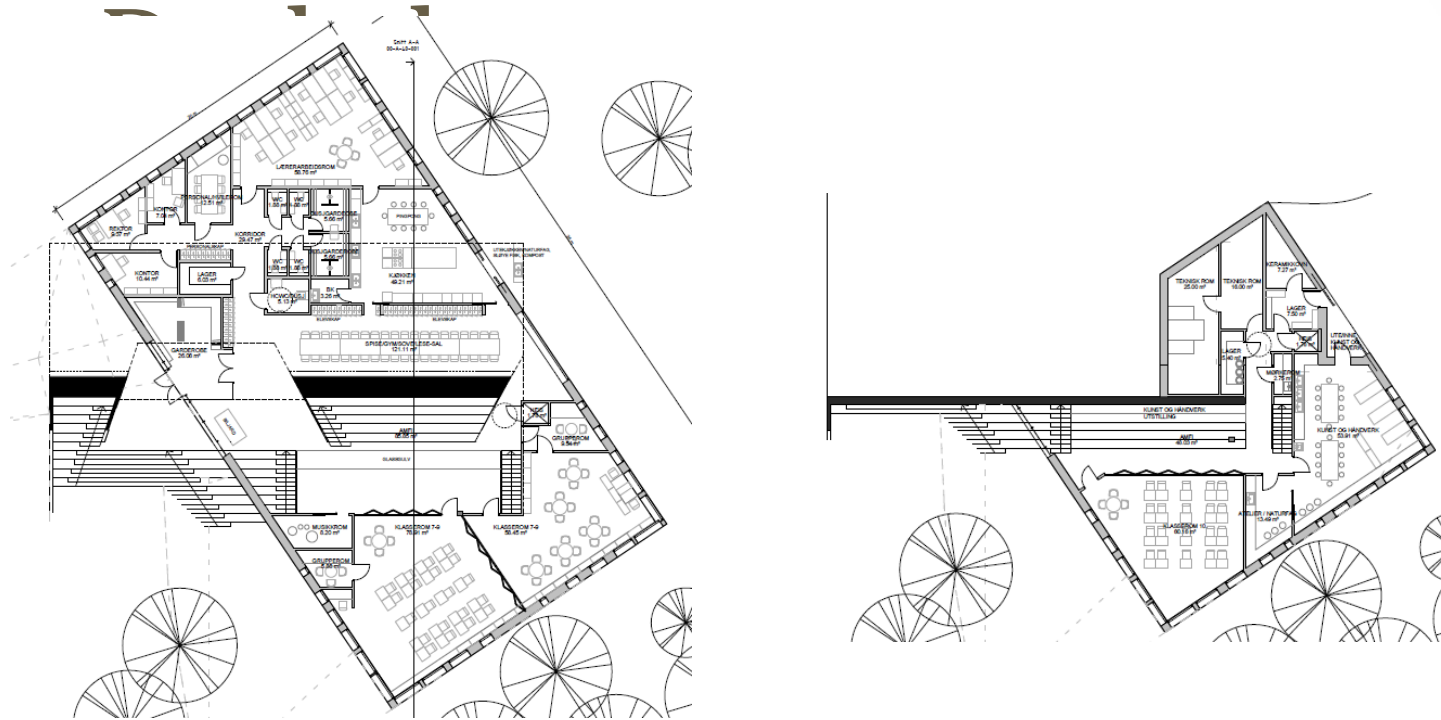




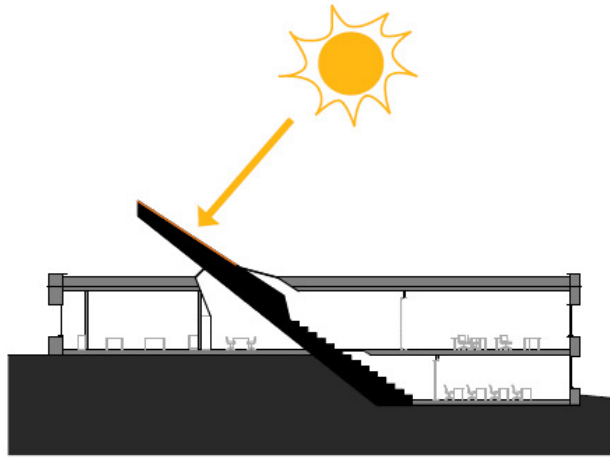
PH Montessori Ungdomsskole, Drøbak



Montessori Ungdomsskole,

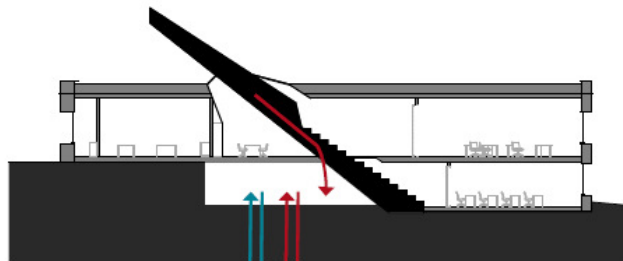


Energikonsept



Strøm

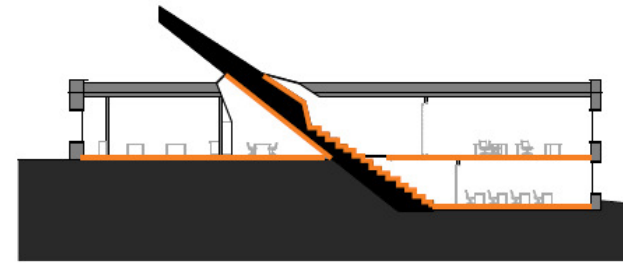
Skråveggen vender rett mot syd med 33 graders vinkel, og har således optimal vinkel for å høste energi med solceller. Energiforbruket dekkes av egen energiproduksjon. Solcellepanelene forsyner bygget med nok solenergi til å nå Powerhouse-ambisjonen.



Varme /kjøling

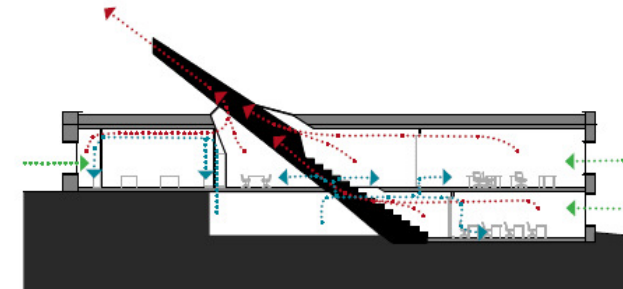
Energibrønner boret i fjell forsyner bygget med frikjøling om sommeren, og fungerer som energikilde for byggets varmepumpeanlegg om vinteren

Energikonsept



Termisk masse

Skråveggen samt dekkene sørger for termisk masse. Termisk masse lagrer varme / kulde og jøvner ut temperatursvingningene i bygget.



Luft

Ventilasjonssystemet er basert på en hybridmodell med naturlig - og fortrenningsventilasjon. Tilluft distribueres fra teknisk rom via skråveggen, og om sommeren sørger skråveggen for naturlig oppdrift av avkastluft. Vinterstid gjenvinnes varmen fra avkastluften. Vinduer i fasadene åpnes automatisk ved behov (window master).