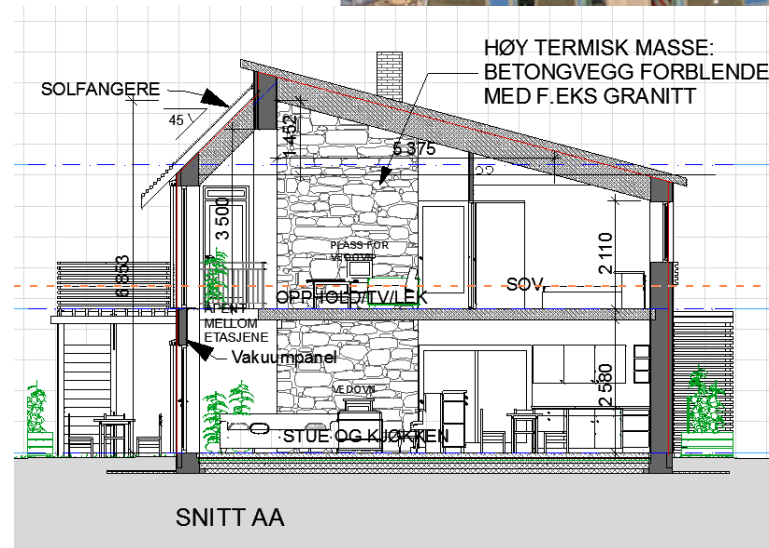


BEREGNING OG DOKUMENTASJON AV SOMMERKOMFORT



Tor Helge Dokka
SINTEF Byggforsk
Centre of Zero Emission Buildings



INNHOOLD

- Från verkligheten – good and bad
- Hvilke klimadata skal vi bruke ved vurderingen?
- Viktigste parametre/design for termisk komfort sommer
- Ventilasjon – naturlig ventilasjonstyper
- Solskjerming
- Termisk masse
- Kontroll internlaster
- Praktisk soning av bygget
- Eksempel på beregning av sommer komfort

EKSEMPEL PÅ PASSIVHUS MED OVEROPPVARMINGSPROBLEMER

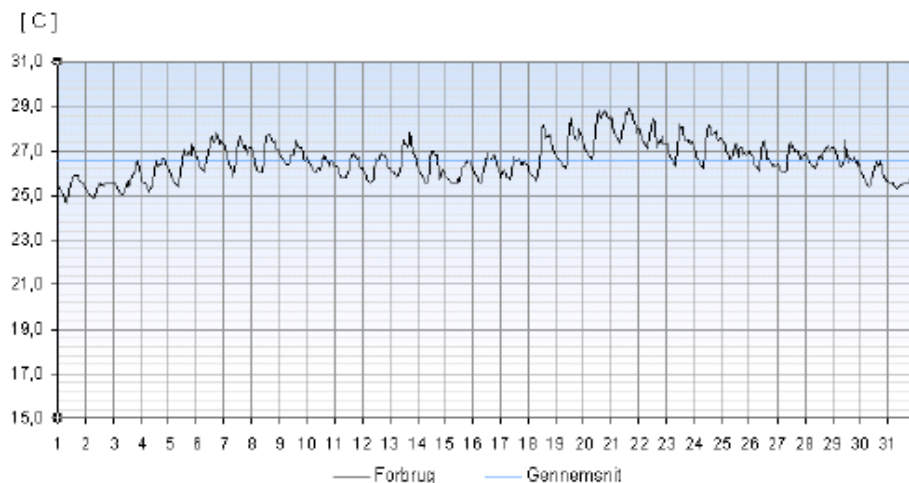


Komforthusene i Vejle:

- Store glassflater med solrik orientering
- Mye "fast solavskjerming"
- Mulighet for gjennomlufting ?

Kilde: C.Brunsgaard, T.S. Larsen, P.Heiselberg, M.A. Knudstrup, "Kvantitativ og kvalitativ evaluering af indeklimaet i Komfort Husene.", Proceedings PassivhusNorden 2010, Aalborg Universitet.

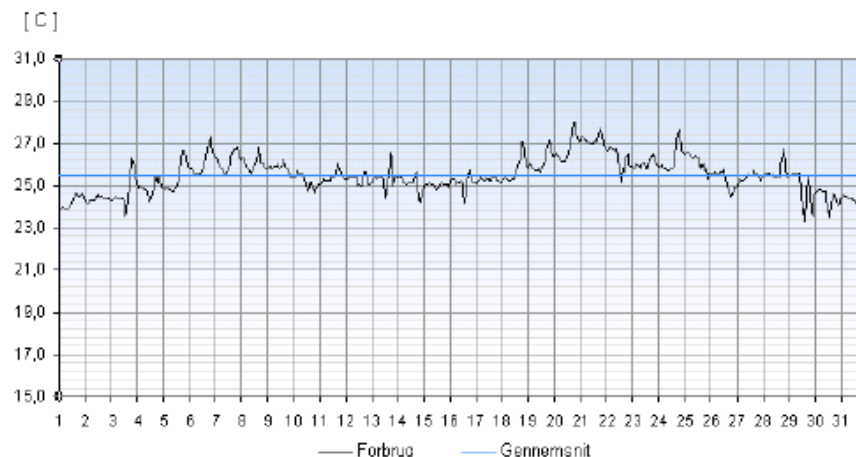
KOMFORTHUSENE



Figur 3. Temperatur kurve for august i stuen i case 7.

Helt uakseptable temperaturforhold i både stue og soverom.

(Har ikke opplysninger om naturlig ventilasjon).



Figur 4. Temperatur kurve for august i soveværelse i case 7.

Kilde: C.Brunsgaard, T.S. Larsen, P.Heiselberg, M.A. Knudstrup, "Kvantitativ og kvalitativ evaluering af indeklimaet i Komfort Husene.", Proceedings PassivhusNorden 2010, Aalborg Universitet.

Villa Malmborg, Lidköping.



Kilde: "Passive houses in Sweden -From design to evaluation of four demonstration projects",
Phd thesis Ulla Jansson, Lund University

Villa Malmborg

- Ingen solskjerming mot øst (utilstrekkelig mot syd?)
- Ikke mulighet for utlufting i 2. etasje (fastvinduer)
- Lett bygningskonstruksjon

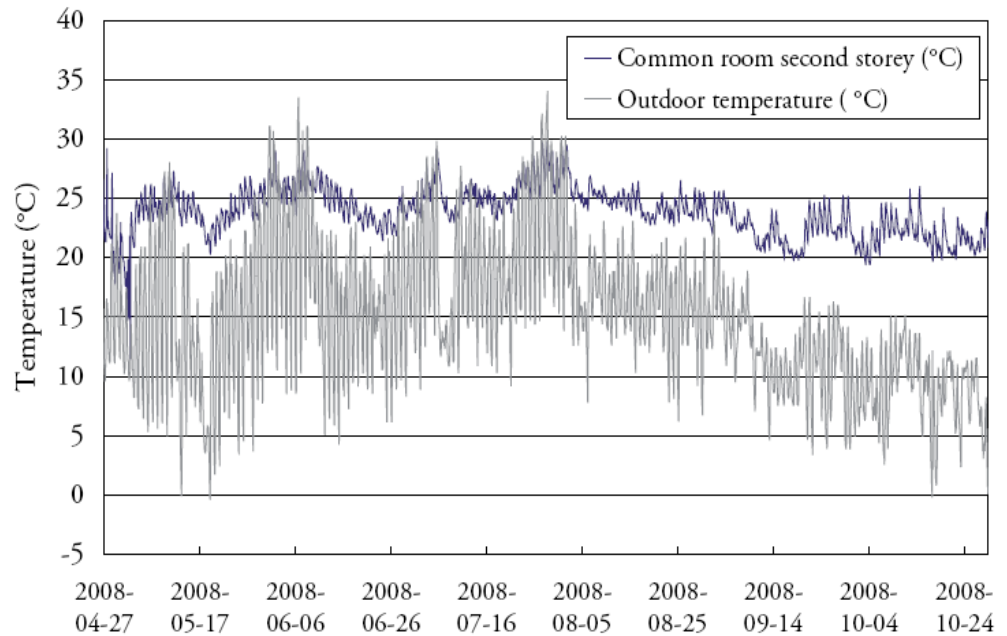


Figure 5.28 Indoor temperatures in common room and the outdoor temperature, May 2008 – October 2008.

“The tenants also express a feeling of being shut in when the windows could not be opened, which promotes both operable windows and these in combination with a solar shading system.”

Kilde: “Passive houses in Sweden -From design to evaluation of four demonstration projects”, Phd thesis Ulla Jansson, Lund University

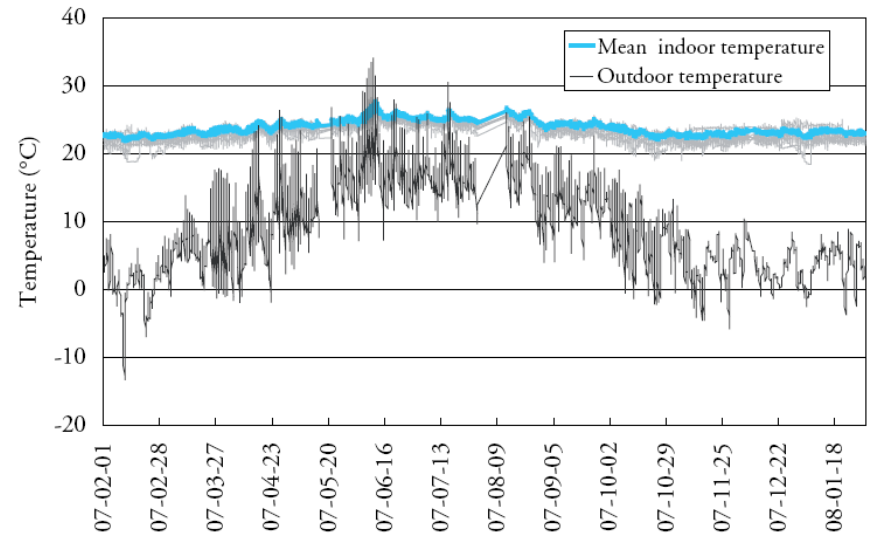
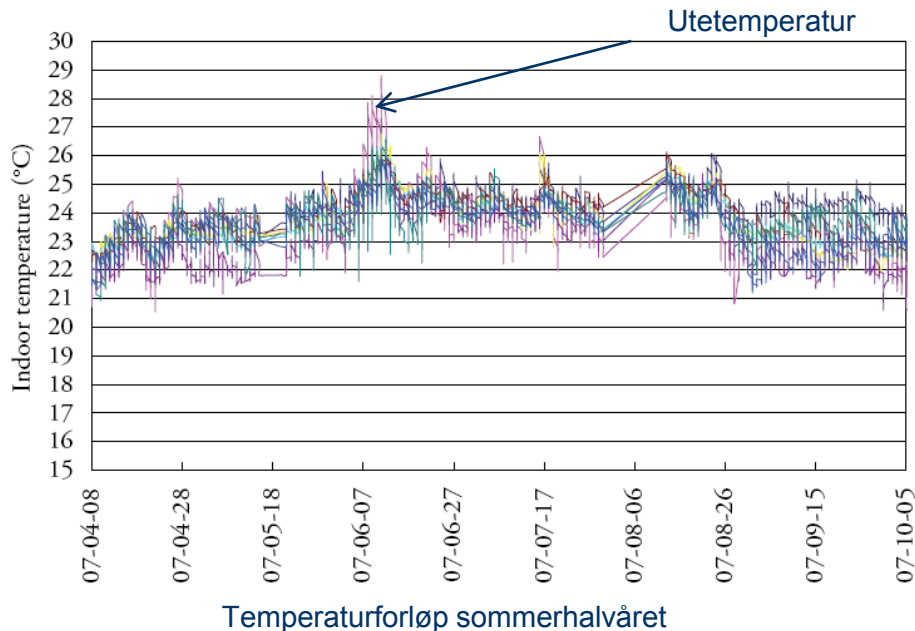
EKSEMPEL PÅ GOD SOLKONTROLL: OXTORGET I VÄRNAMO



Kilde: "Passive houses in Sweden -From design to evaluation of four demonstration projects",
Phd thesis Ulla Jansson, Lund University

OXTORGET I VÄRNAMO

- God solkontroll
- Vindusløsning og planløsning med mulighet for gjennomlufting
- Bæresystem i betong: Bra med termisk masse

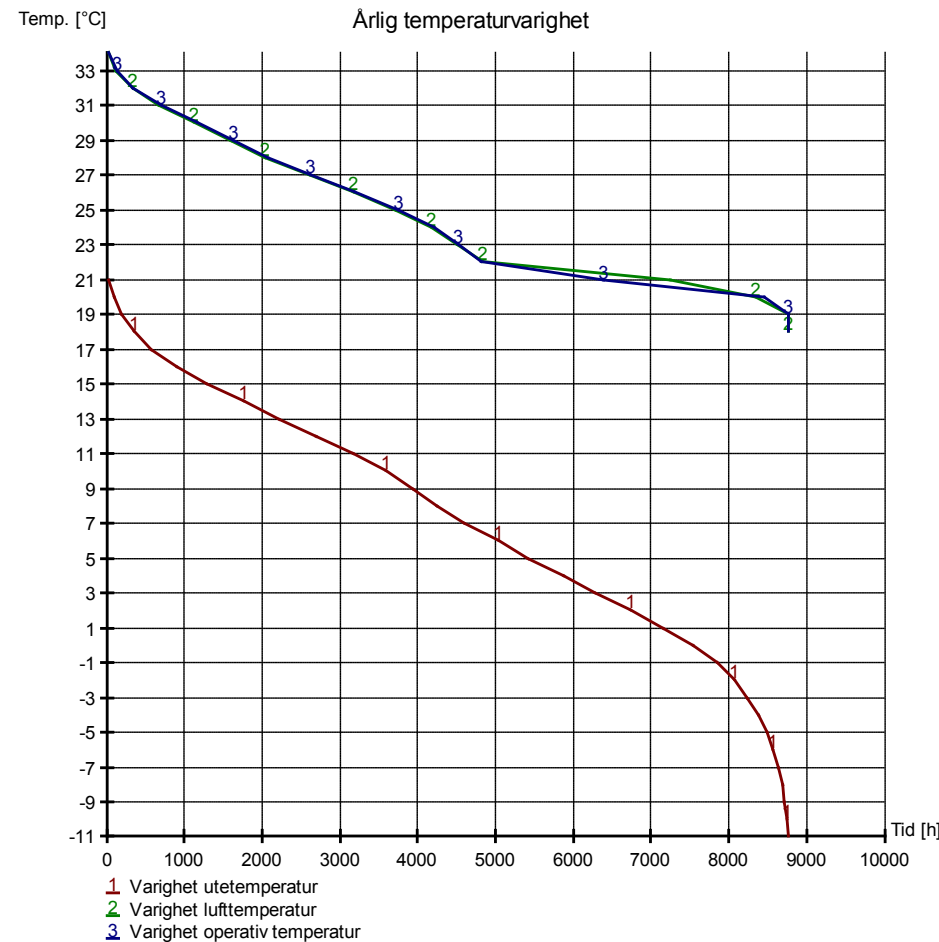


3.27 Indoor and outdoor temperature during 070201 - 080201.

Kilde: "Passive houses in Sweden -From design to evaluation of four demonstration projects",
Phd thesis Ulla Jansson, Lund University

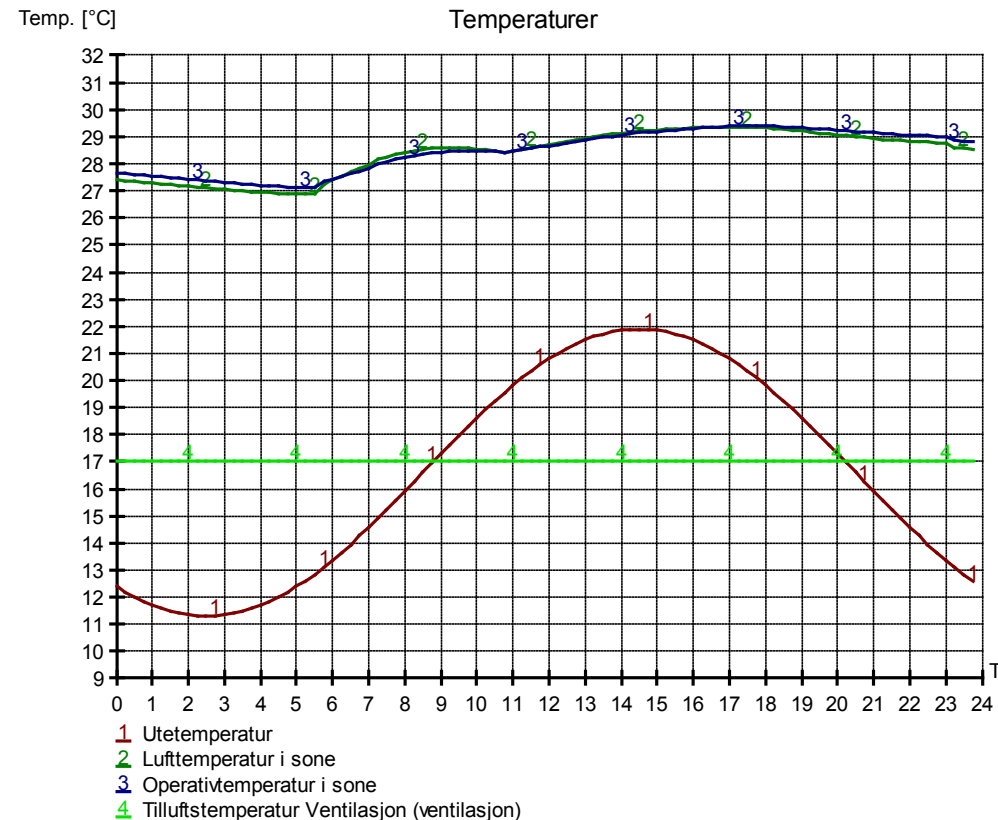
VÆRDATA – HVA BØR VI BRUKE ?

- Nærliggende å bruke årsdata (timesverdier)
- Kan da få ut varighetskurve over simulert innetemperatur (opp mot forskriftskrav)
- **Problem 1:** Finnes ikke gode årsdata for noen steder i Norge (heller ikke Oslo).
- **Problem 1:** Meteorologdata finnes, men kan ikke stoles på ved vurdering av termisk komfort
- **Problem 2:** Veldig vanskelig (umulig?) å simulere naturlig ventilasjonsstrategier realistisk over året .
- **Problem 3:** Veldig vanskelig å simulere/forutsi realistisk solskjermingsstyring over året.
- **Konklusjon:** Kan brukes som en røff indikasjon, men ikke som et beslutningsgrunnlag per i dag.



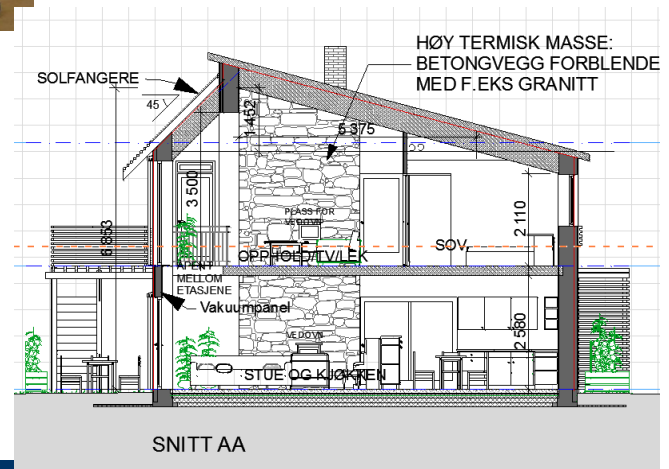
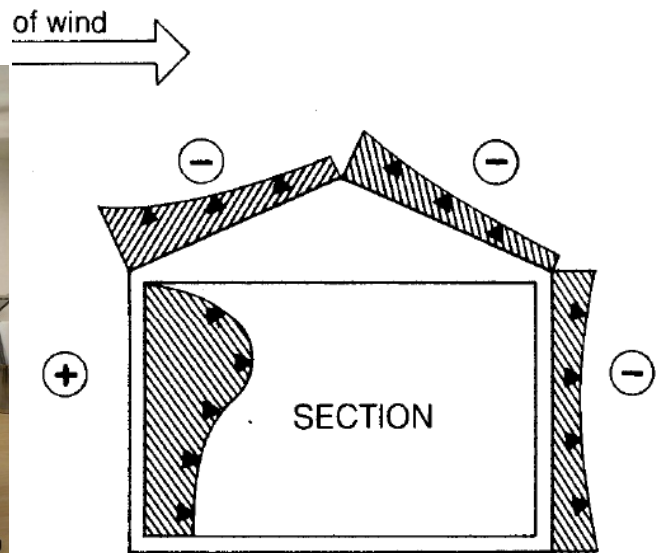
VÆRDATA – HVA BØR VI BRUKE ?

- Bruk av dimensjonerende utetemperatur sommer (DUTs).
- Finnes som N50 og N20 for mange norske klimasteder (met, M21)
- **Problem 1:** Må syntetiseres til temperaturvariasjon over døgnet, og til en "fiktiv varmebølge" (3-5 døgn)
- **Problem 2:** Gir ikke en direkte svar på hvor mange timer som innetemperaturen overstiger 26 grader (operativ temp).
- Erfaring tilsier allikevel at dette er en passe konservativ og relativt robust vurdering av termisk komfort.
- **Konklusjon:** Anbefales brukt så lenge ikke bedre årsdata foreligger



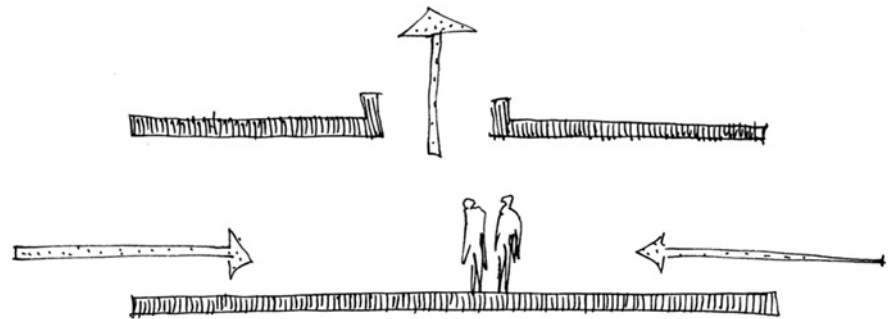
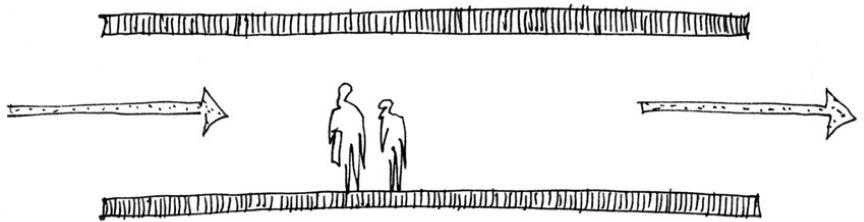
VIKTIGSTE FAKTORER FOR SOMMERKOMFORT (I BOLIGER)

- EFFEKTIV VINDUSLUFTING
- SOLKONTROLL
- TERMISK MASSE
- KONTROLL INTERNE VARMELASTER



NATURLIG VENTILASJON

- I praksis tre muligheter:
 - Kryssventilering
 - Oppdriftsventilering
 - Ensidig vinduslufting
- Eller en rotete kombinasjon av de tre :o).



KRYSSVENTILASJON

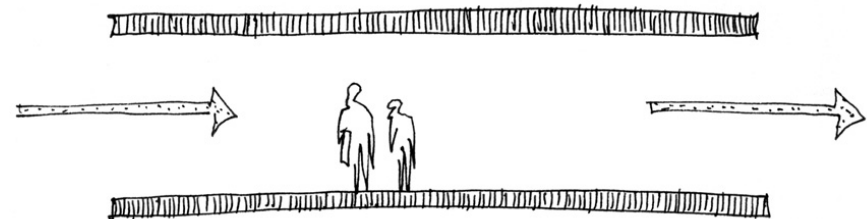
- $Q_{\text{wind}} = K \times A \times V$, where

Q_{wind} = volume of airflow (m^3/h)

A = area of smaller opening (m^2)

V = outdoor wind speed (m/h)

K = coefficient of effectiveness
(0,3-0,8)



Eksempel: 80 kvm leilighet kryssventilert med to 1 kvm store åpninger på le- og loside av leilighet. Vindhastighet 1,5 m/s. $K = 0,4$ (vindretning ca. 45 grader på åpning). Resultat: $2160 \text{ m}^3/\text{h} = 27 \text{ m}^3/\text{hm}^2$.

Lik et luftskifte på 11 omsetninger i timen.

OPPDRIFTSVENTILASJON

■ $Q_{stack} = C_d \cdot A \cdot [2gh(T_i - T_o)/T_i]^{1/2}$

Q_{stack} = volume of ventilation rate (m^3/s)

$C_d = 0.65$, a discharge coefficient.

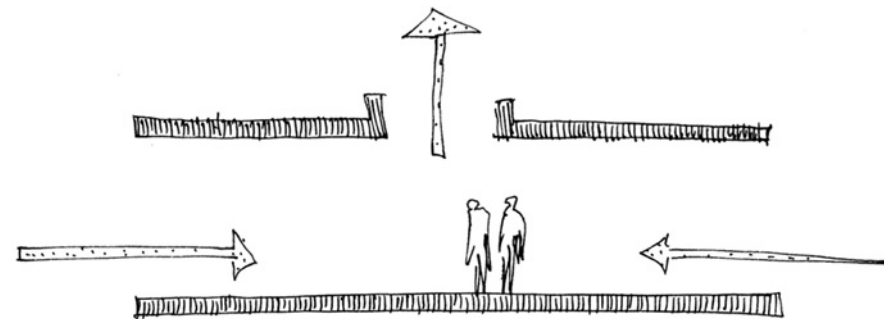
A = free area of inlet opening (m^2), which equals area of outlet opening.

$g = 9.8$ (m/s^2). the acceleration due to gravity

h = vertical distance between inlet and outlet midpoints (m)

T_i = average temperature of indoor air (K), note that $27^\circ C = 300$ K.

T_o = average temperature of outdoor air (K)



Eksempel: 140 kvm enebolig ventilert to 0,8 kvm store åpninger med 6 meter høydeforskjell. 22 grader inne og 16 grader ute.

Resultat: $2900 m^3/h = 21 m^3/hm^2$.

Lik et luftskifte på 8 omsetninger i timen.

ENSIDIG VINDUSLUFTING

$$L_{nat} = 1800 \cdot A_{op} v_{airing} f_o$$

$$v_{airing} = \sqrt{0.01 + 0.0035 \cdot h_{op} \cdot abs(T_{room}^* - T_{ext}) + 0.001 \cdot v^2}$$

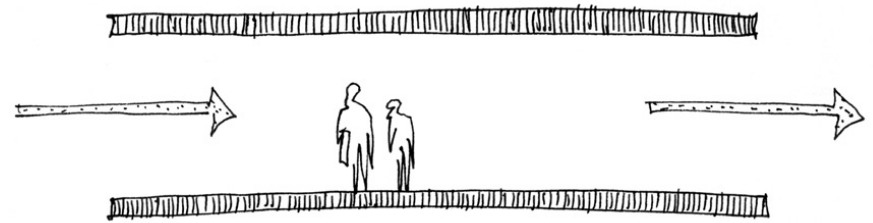
A_{op}	Mean opening area of window (or door) (m ²)
h_{op}	Height of opening (m)
	Room air temperature from last time step (°C)
T_{ext}	External air temperature (°C)
V	Wind speed for location at a height of 10 meters (m/s)
f_o	Percentage of the time the window (or door) is open in the operation time/working hours



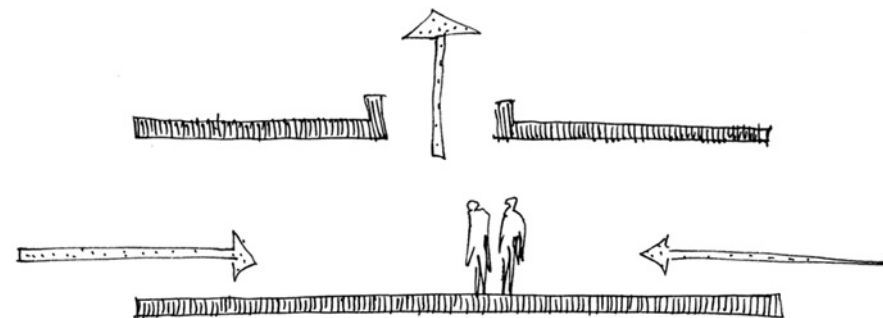
Eksempel: 80 kvm leilighet ventilert med to vinduer med 1 kvm store åpninger, 1,2 meter åpningshøyde. Vindhastighet 1,5 m/s. 22 grader inne 16 grader ute. Resultat: $V_{airing} = 0,19$ m/s. Luftmengde: $697 \text{ m}^3/\text{h} = 9 \text{ m}^3/\text{hm}^2$.
Lik et luftskifte på 3 omsetninger i timen.

KONKLUSJON NATURLIG VENT

- Blir fort store luftmengder-
/luftskifter ved moderate
temperaturforskjeller,
vindhastigheter og
åpningsarealer.
- Men ensidig ventilasjon kan det
bli kritisk i tilfeller da det er
relativt vindstille og nesten
isotermt inne-ute (dim. sommer)
- **Anbefaling:** Sørg for mulighet til
krysslufting eller effektiv
oppdriftsventilasjon, da får du lett
5 oms per time i lufting (tilsvarer
et lekkasjetall på ca 70 oms/t).



OG/ELLER:



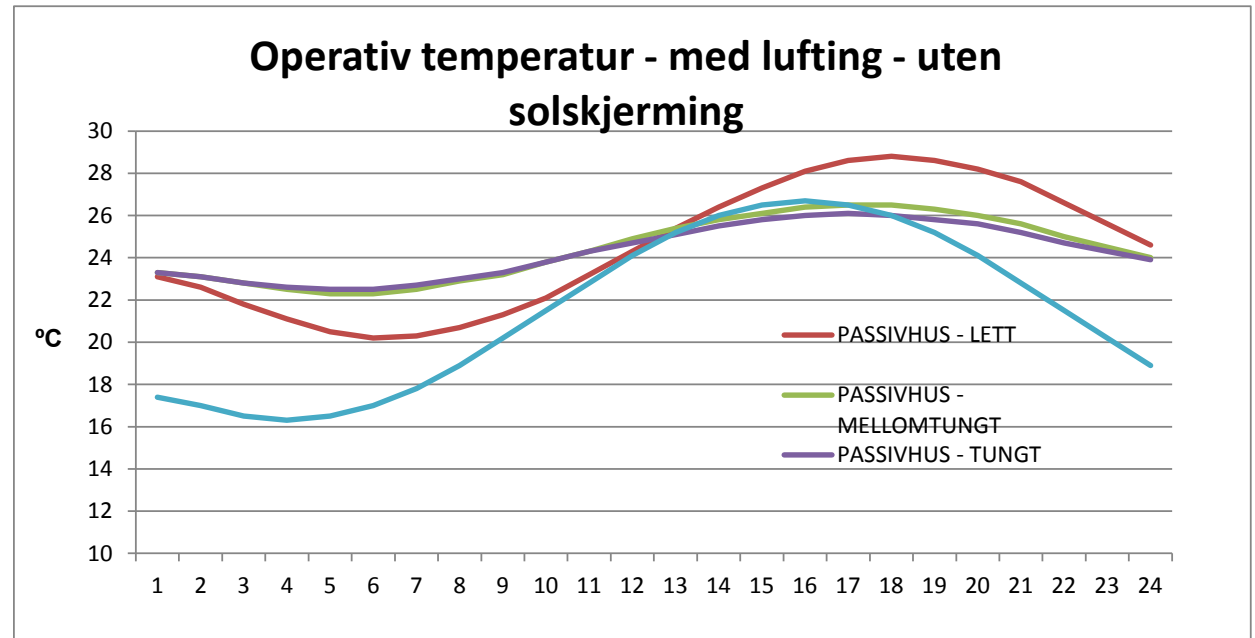
SOLKONTROLL

Glass + avskjerming	g-verdi	Lystransmisjon
3-lags energivinduer	0,40 - 0,50	60-70 %
3-lags solreflekterende	0,25 - 0,35	45 – 55 %
3-lags + innvendig avskjerming	0,30 - 0,50	45 – 55 %
3-lags + utvendig persienner (80 mm)	0,05 – 0,10	60 – 70 %
3-lags + markiser e.l.	0,08 – 0,15	60 – 70 %
3 lags + naturlig avskjerming (bygg, trær,....)	0,05 – 0,50	20 – 70 %

Anbefalinger:

- Utnytt naturlig avskjerming, men vær obs på dagslys
- Solreflekterende glass er en nødløsning, begrenns bruken
- Innvendig avskjerming er lite effektivt, mer for blanding/unngå innsyn
- 3 lags energivinduer + utvendig avskjerming er den beste løsning for energi og lysforhold. Men dyrest og mest vedlikehold.

TERMISK MASSE



	Normalisert varmekap
Veldig lett bygg (tre)	15- 25 Wh/m ² K
Mellom tungt bygg (innslag av eksp betong)	50 – 70 Wh/m ² K
Tungt bygg (eksponert betong i et.skillere)	90 – 110 Wh/m ² K
Meget tungt bygg ("betongbygg")	130-160 Wh/m ² K

Å gå fra lett til mellomtungt gjør det største utslaget.

KONTROLL INTERNLASTER

- Å gå fra standard belysning eller utstyr til State-of-the-Art kan bety opp til en faktor 10 i avgitt varme!



Halogen: 35 W per spot



LED: 3-4 W per spot



Plasma: ca. 400-500 W
LED-smart TV : 60- 70 W

EKSEMPEL: SKARPNES

- Enebolig på 154 m², to plan
- Mye "naturlig avskjerming"
- Moderat vindusareal på solutsatte fasader

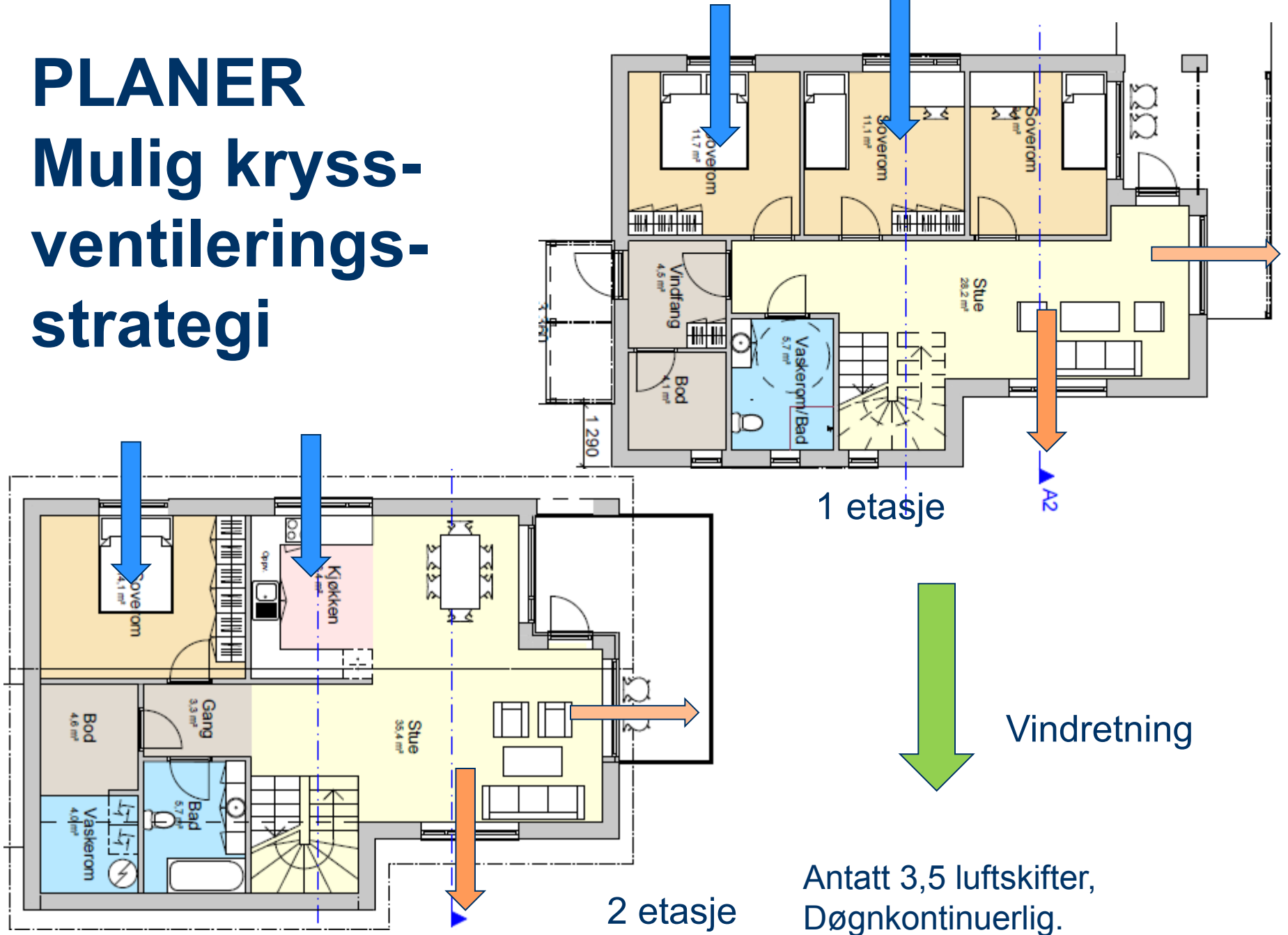


Syd-vest fasade

Nord-øst fasade

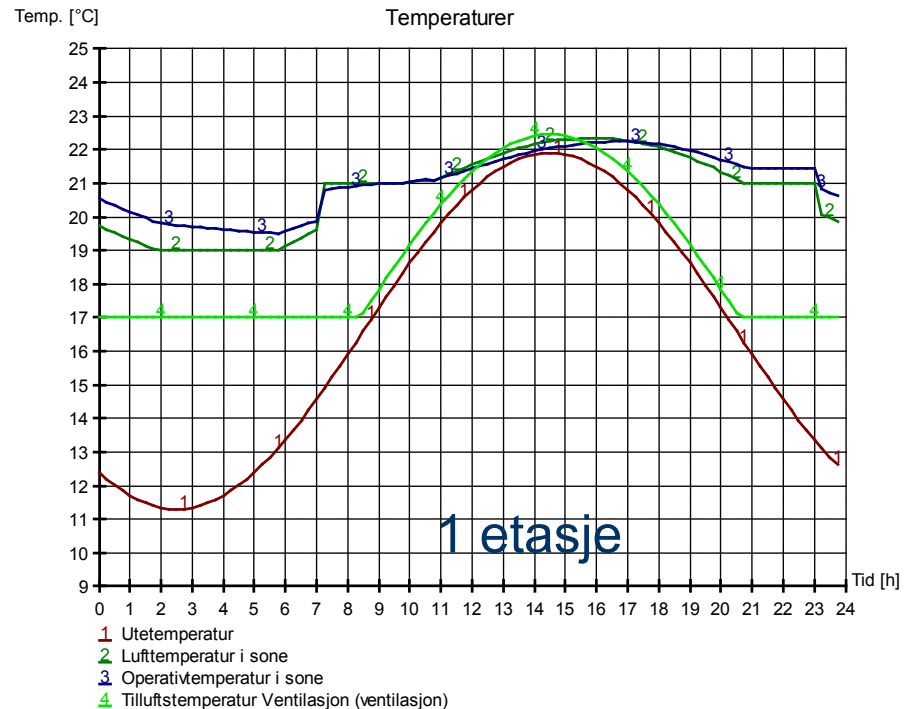
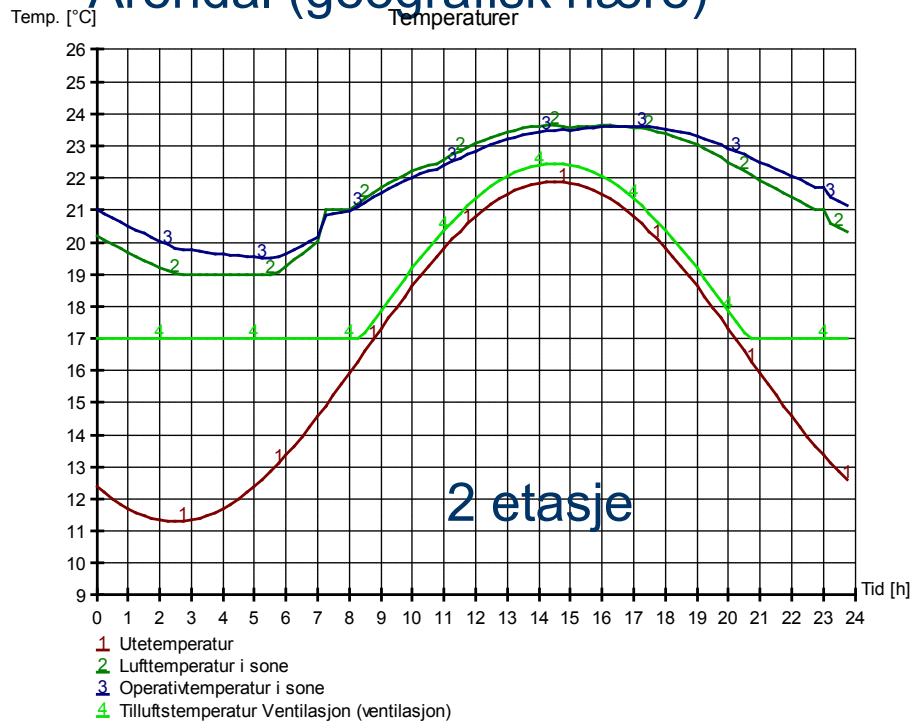
PLANER

Mulig kryss-ventileringsstrategi



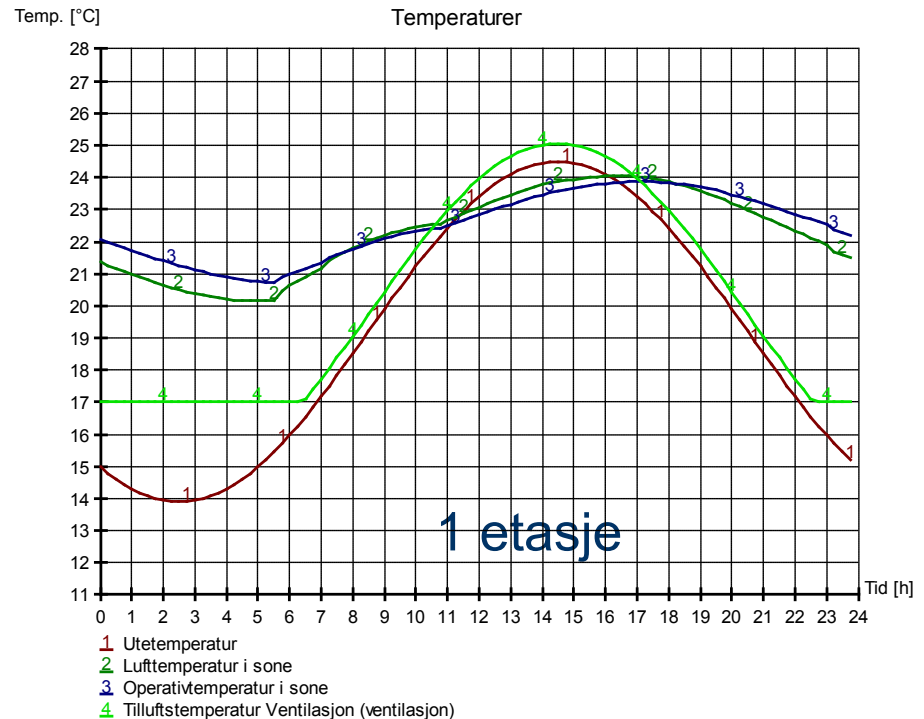
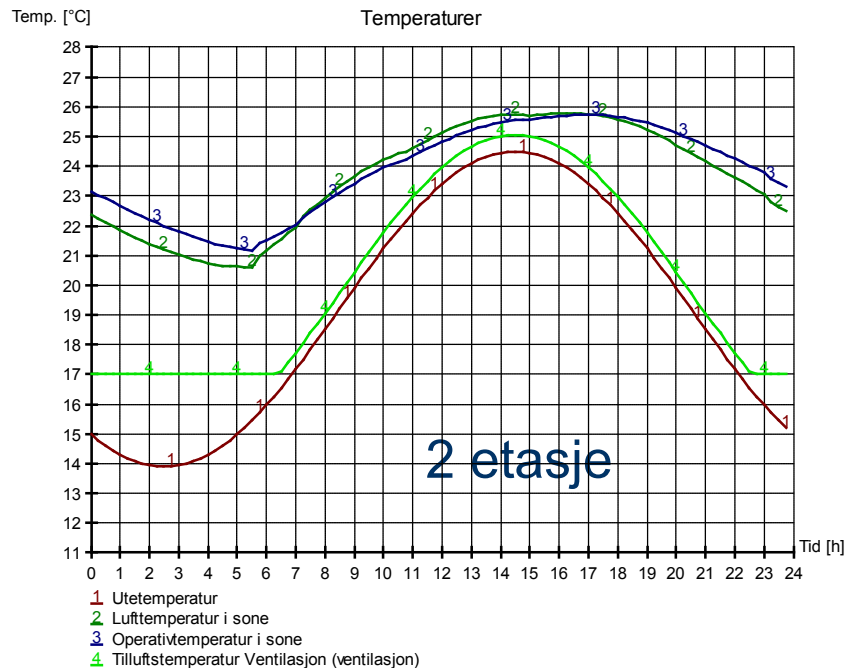
SIMULERING – KLIMA: TORUNGEN

- Ingen solskjerming, bortsett fra 3 lags energiglass og naturlig avskjerming.
- Middels tungt (60 Wh/m²K)
- Torungen er fyr rett utenfor Arendal (geografisk nære)



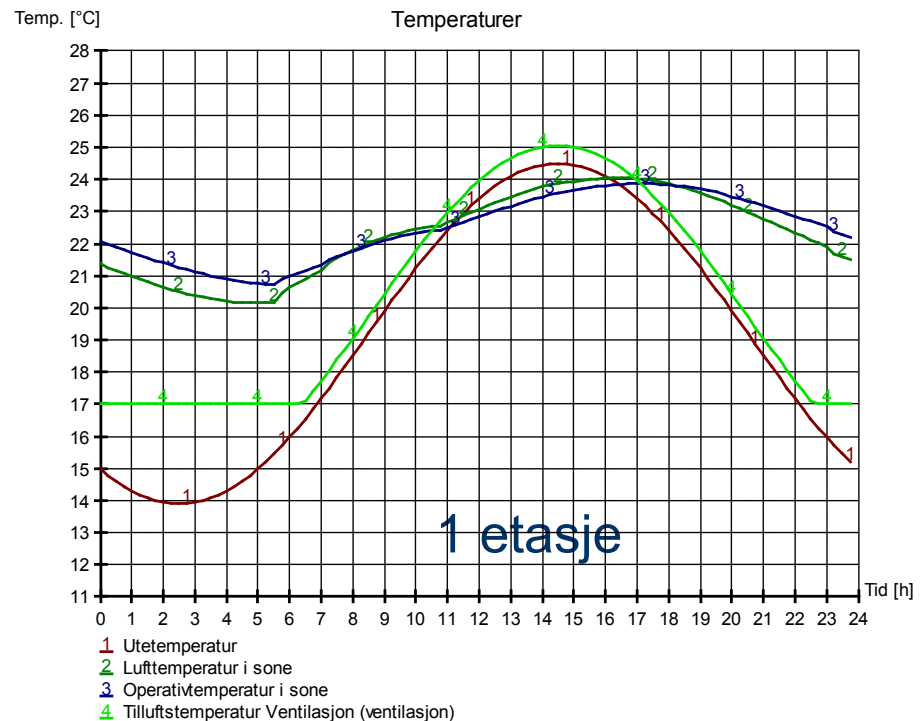
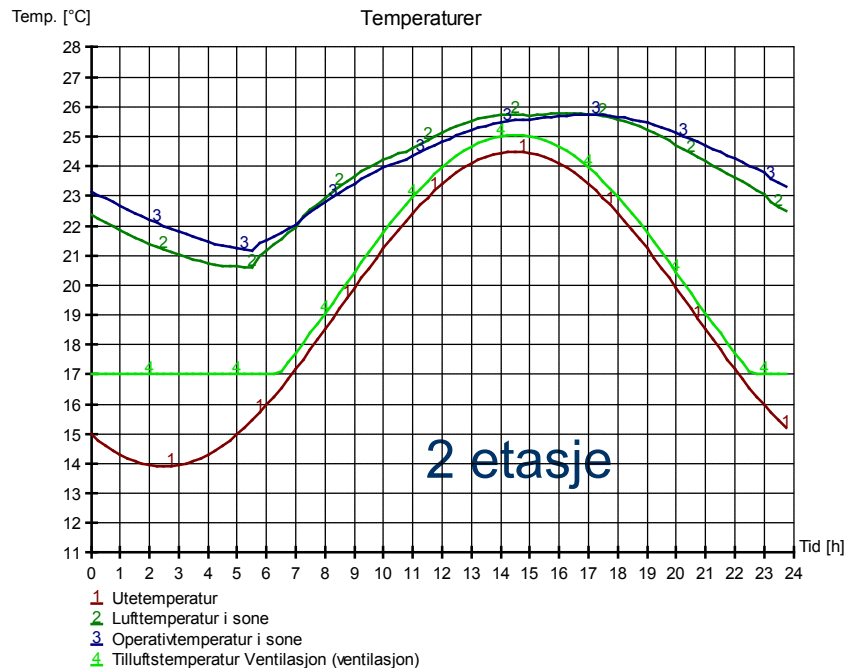
SIMULERING – KLIMA: KJEVIK

- Samme solskjerming og termiske masse
- Kjevik er nære Kristiansand, og relativt nær kysten. Trolig ganske likt Skarpnes.



SIMULERING – KLIMA: BYGLANDSFJORDEN

- Samme solskjerming og termiske masse
- Byglandsfjorden er typisk innlandsklima sørlandet, og dermed varmere enn helt ved kysten.



VURDERING SKARPNES

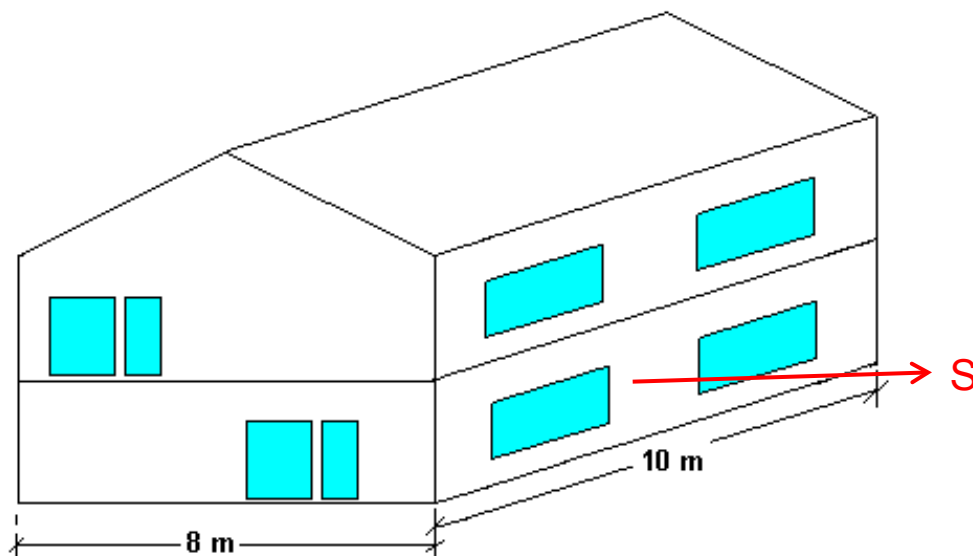
- Generelt lite behov for kunstig solskjerming, men utvendig solskjerming på stort vindu mot syd-øst bør vurderes. Resten løses enten med bygningsutspring, og/eller innvendig solavskjerming på mindre solutsatte vinduer.
- Begge etasjer har bra potensiale for krysslufting, også i soverom hvis dører står oppe. Har regnet med 3,5 luftskifter (50 oms/t i lekkasjetall) døgkontinuerlig, men kunne sikkert vært økt til 5 oms/t.
- Boligen har brukbart med termisk masse (60 Wh/m²K). Ytterligere termisk masse i form av leirplater har blitt vurdert, men forkastet. For dyrt, og for liten effekt.
- Det er vurdert at klimadata for Kjevik er det mest representative for Skarpnes. Torungen har trolig for lav DUTs, mens Byglandsfjorden er et for varmt klima. For Kjevik klima er simulert operativ temperatur under 26 grader også for 2 etasje.
- Boligene vil ha mulighet til å bruke geotermiske brønner til moderat kjøling av ventilasjonsluften om sommeren.
- **Med den opsjonen (geokjøling) anses prosjektet som robust når det gjelder termisk komfort sommer.**

FRA PH-KONFERANSEN 15.06.2011

Case: 2 etasjers enebolig på 160 m² BRA (TEK-modellen)

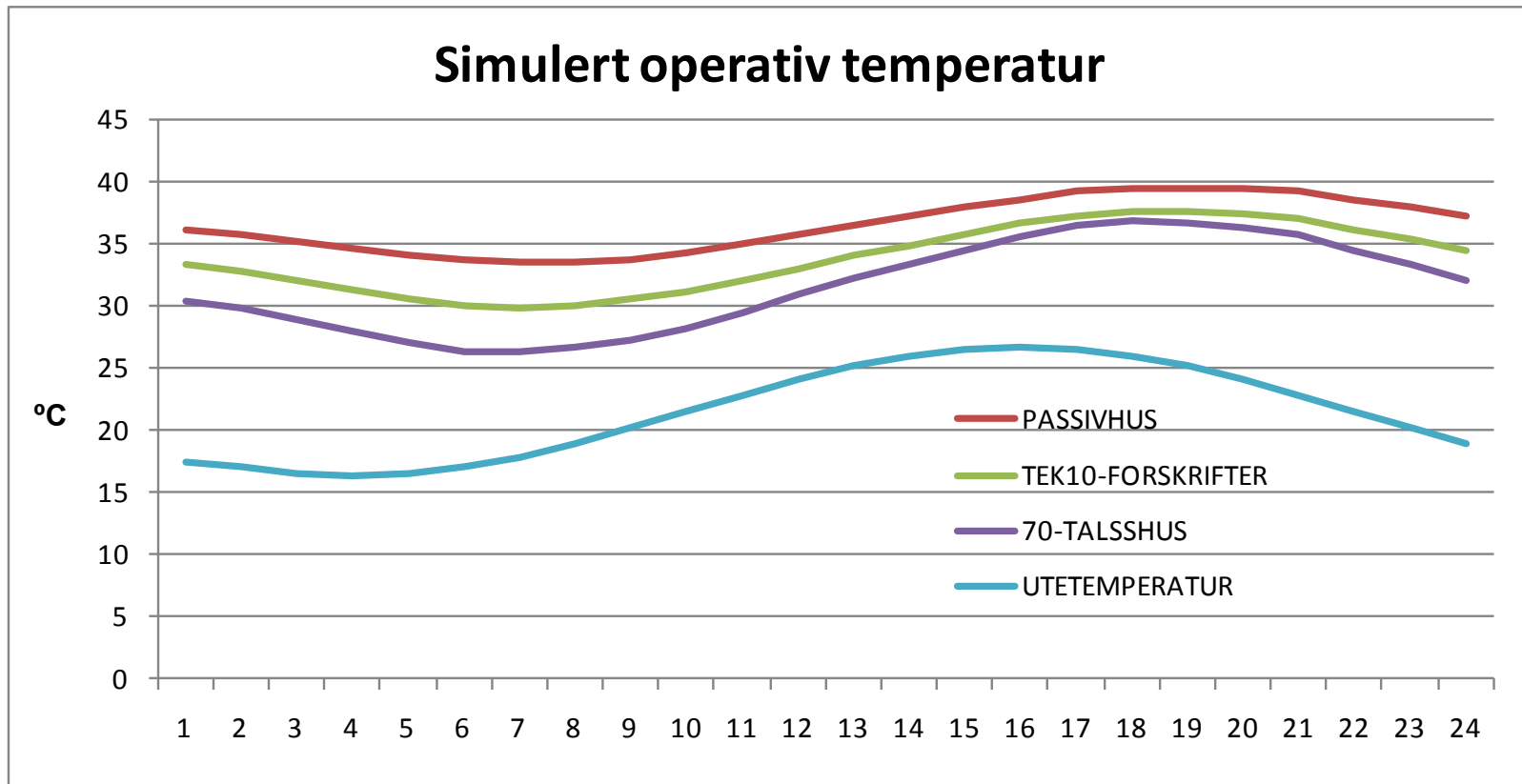
■ Vindusfordeling:

- 15 m² mot syd
- 5 m² mot nord
- 6 m² mot øst
- 5 m² mot vest

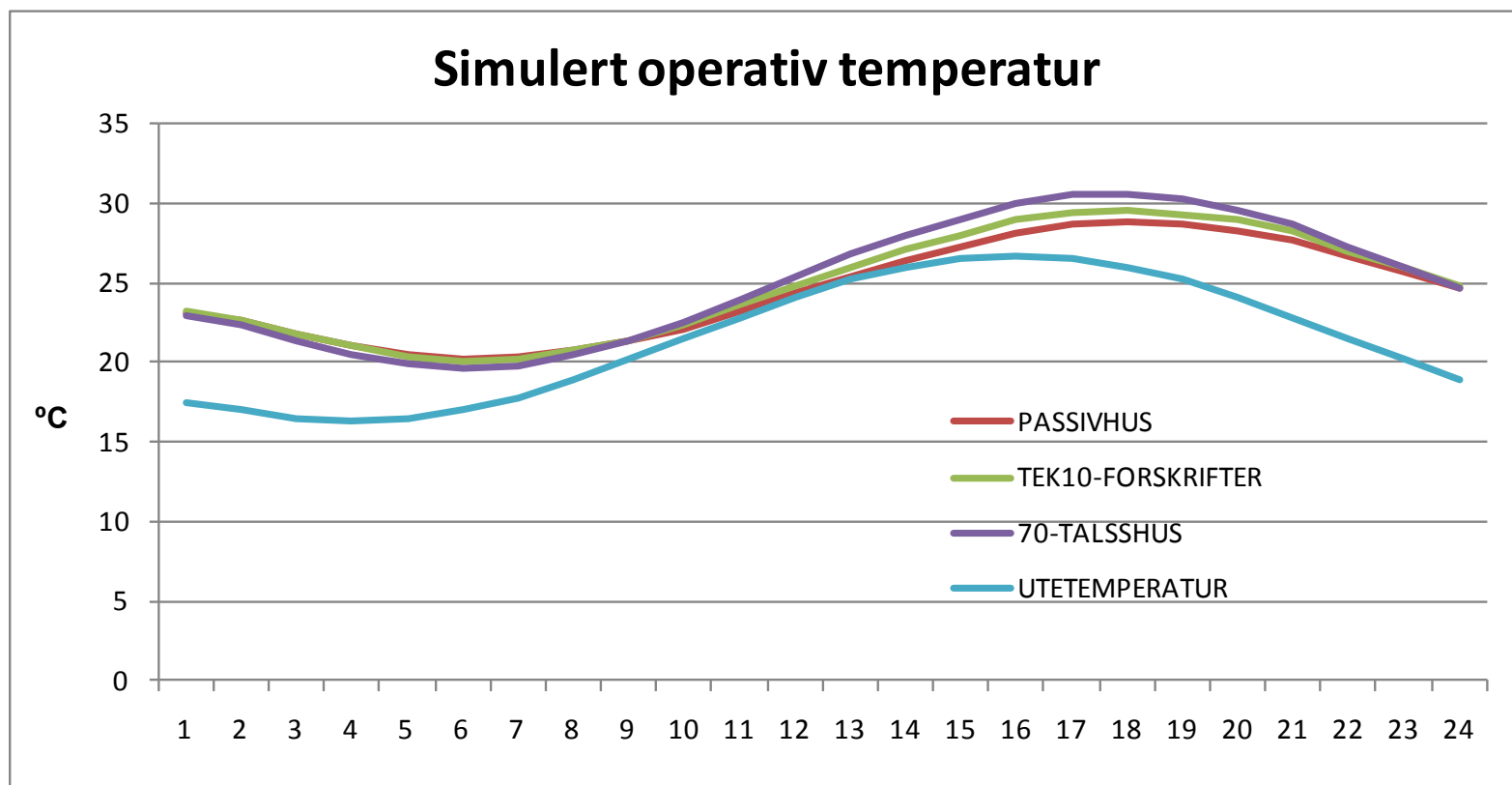


Komponent	PASSIVHUS	TEK10-FORSKRIFT	70-TALLSHUS
U-verdi yttervegg	0,10 W/m ² K	0,18 W/m ² K	0,28 W/m ² K
U-verdi yttertak	0,08 W/m ² K	0,13 W/m ² K	0,28 W/m ² K
U-verdi gulv	0,08 W/m ² K	0,15 W/m ² K	0,30 W/m ² K
U-verdi vindu/dør	0,70 W/m ² K	1,2 W/m ² K	2,7 W/m ² K
Lekkasjetall	0,6 W/m ² K	2,5 W/m ² K	5,0 W/m ² K
Normalisert kuldebroverdi	0,03 W/m ² K	0,03 W/m ² K	0,06 W/m ² K
Normalisert varmekapasitet	17 Wh/m ² K (meget lett)	17 Wh/m ² K (meget lett)	17 Wh/m ² K (meget lett)
Virkningsgrad gjenvinner	85 %	70 %	0 %
Beregnet oppvarmingsbehov	19,6 kWh/m ² år	60,1 kWh/m ² år	154,5 kWh/m ² år
Varmetapstall	0,45 W/m ² K	0,88 W/m ² K	1,69 W/m ² K

Simulering ute solskjerming, uten vinduslufting og lett bygg

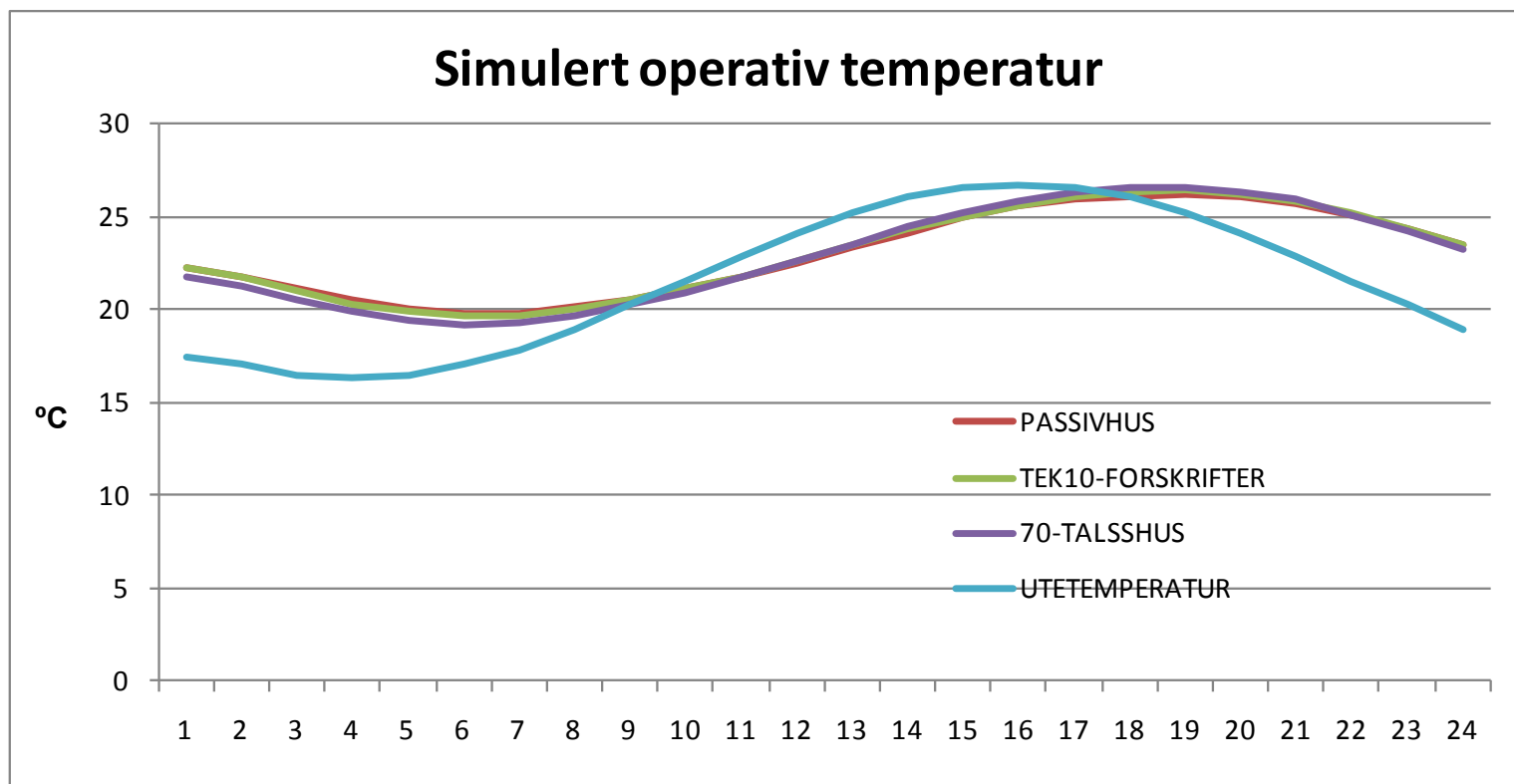


Simulering med vinduslufting, uten solskjerming og lett bygg



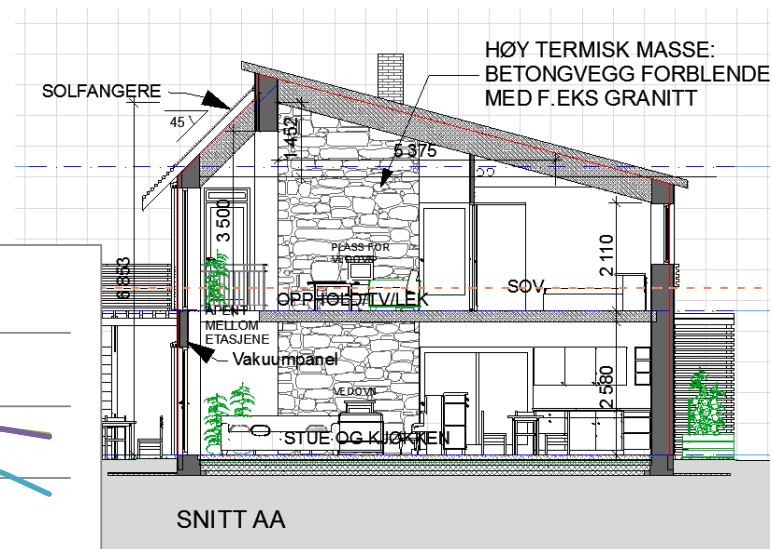
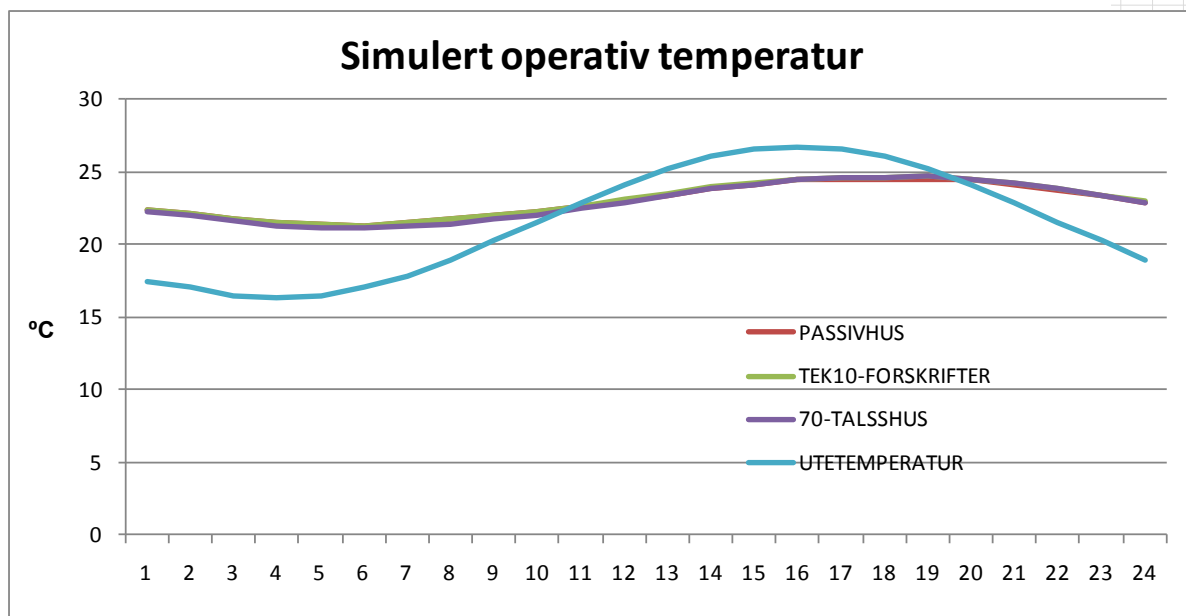
- Med et naturlig luftskifte på 4 omsetninger per time.
- OBS! Passivhus er bedre enn TEK10 og 70-TALLSHUSET.

Simulering med vinduslufting & solskjerming og lett bygg



- Med utvendige persienner på syd, øst og vest-fasade
- Utvendig solskjerming ”ruler” over vindusglasset, og gjør at PH, TEK10 og 70-TALLSHUSET er nesten like

Simulering med vinduslufting & solskjerming og mellomtungt bygg



Tegning: Fra Passivhuskurs NTNU 2011, Gruppe 6: Tina Mikalsen, Robert Paul Martinez, Benedicte Langseth, Eivind Kolstad, Arvid Kolloen og Randi Slåtten. Enebolig, Nesbru, Asker.

- Termisk masse øket fra 17 til 65 Wh/m²K, dvs. fra et meget lett til et mellomtungt bygg.

OPPSUMMERT

- SUPERISOLERING, MEGET GOD LUFTTETTHET og HØYEFFEKTIV VARMEGJENVINNING (Passivhuskonseptet) har i praksis INGEN innvirking på sommerkomfort i norsk klima.
- Følgende faktorer er viktigst for sommerkomforten:
 - EFFEKTIV VINDUSLUFTING
 - SOLKONTROLL
 - HELST LITT TERMISK MASSE (VARMELAGRENDE KONSTRUKSJONER)
- Kontroll på interne varmekilder er også viktig.
- MEN: Våren kommer tidligere i Passivhus, og høsten varer lengre. Dvs. sommersesongen er lengre enn i vanlig hus (og fyringssesongen er kortere).

	UTEN TILTAK	MED LUFTING	MED LUFTING & SOLSKJERMING	MED LUFT. & SOLSKJ. & TUNG KONSTRUK.
PASSIVHUS	39,6 °C	28,8 °C	26,2 °C	24,6 °C
TEK10-FORSKRIFT	37,7 °C	29,6 °C	26,4 °C	24,7 °C
70-TALLSHUS	36,8 °C	30,6 °C	26,6 °C	24,7 °C