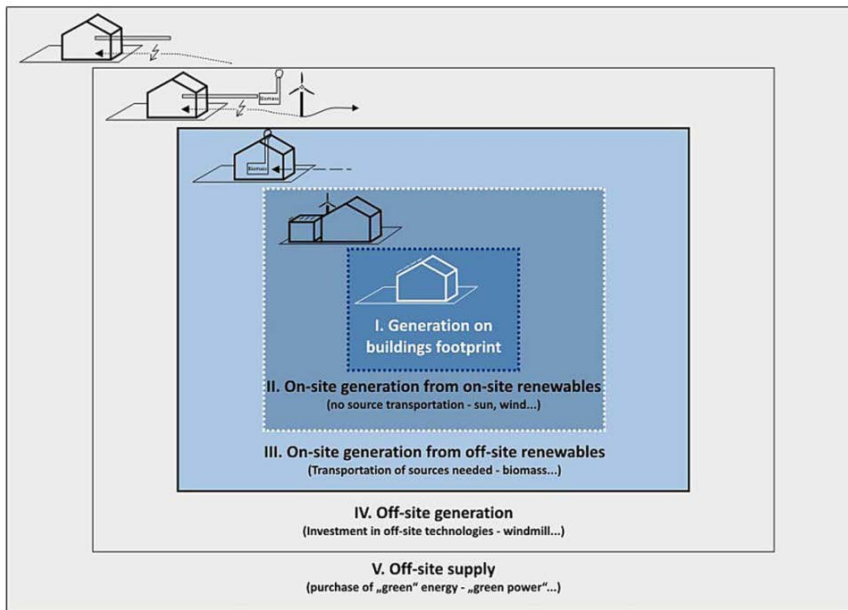


# CO<sub>2</sub>-regnskap for områder

## - Revidert ZEB-definisjon 2012 -

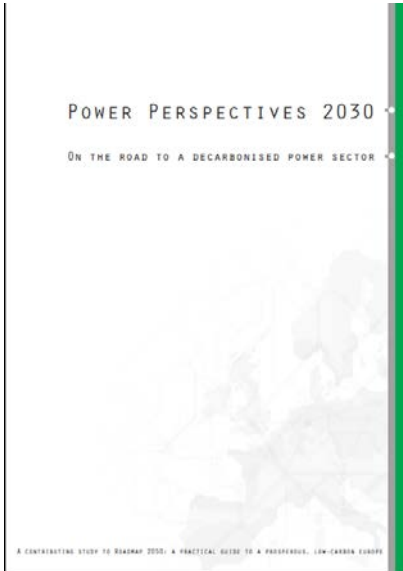


# ZEB-DEFINISJON — HVA OG HVORFOR

- Lage en transparent og etterprøvbar ZEB-definisjon for ZEB-bygg og ZEB-utbyggingsområder.
- Denne definisjonen skal brukes ved prosjektering, beregning og verifisering(etterprøving) av pilot-bygg/områder.
- Den skal også brukes til å utvikle og analysere ZEB-konsepter, systemer og løsninger.
- Denne reviderte definisjonen (2012-versjon), skal ta hensyn til utslipp i driftsfasen av bygget, men ikke utslipp forbundet med produksjon av materialer (embodied emission), oppføring og riving av bygget(byggene).
- En utvidet definisjon som også tar hensyn til utslipp fra materialer vil bli utviklet i 2013.

Arbeidsgruppe: Igor Sartori, Kristian Lien, Karen B. Lindberg, Marit Thyholt, Tor H. Dokka

# ZEB-DEFINISJON – UNDERLAG



CO<sub>2</sub> emissions in different scenarios of electricity generation in Europe

Ingeborg Graabak, Ni

January 2011

TR A7058



## Zero Energy Building – A review of definitions and calculation methodologies

A.J. Manzari<sup>a,\*</sup>, P. Heiselberg<sup>b</sup>, J.S. Bourrelle<sup>c</sup>, E. Musall<sup>d</sup>, K. Voss<sup>e</sup>, I. Saroni<sup>f</sup>, A. Napolitano<sup>g</sup>

<sup>a</sup>Department of Civil Engineering, Addis Ababa University, Suburban Addis Ababa, Ethiopia

<sup>b</sup>Department of Architecture, Design, Theory and Technology, Norwegian University of Science and Technology, 7030 Trondheim, Norway

<sup>c</sup>Department of Architecture, Building Physics and Thermal Services, Ghent University, Coupure links 359, B-9000 Ghent, Belgium

<sup>d</sup>ENVI Building and Information, Ltd, Bristow, N. 114 5th, Norway

<sup>e</sup>ENVI Research Institute for Renewable Energy, Tolk Street 11, 3070 Brixton, Italy

### ARTICLE INFO

Article history:  
Received 18 October 2010  
Accepted 14 December 2010

Keywords:  
Zero Energy Building  
Zero Energy Building  
Zero Energy Building  
Energy calculation methodologies

### ABSTRACT

The concept of Zero Energy Building (ZEB) has gained wide international attention during last few years and is now seen as the future target for the design of buildings. However, before being fully implemented in the national building codes and international standards, the ZEB concept requires clear and consistent definitions and a commonly agreed energy calculation methodology. The most important issues that should be given special attention before developing a new ZEB definition are: (1) the energy of the balance, (2) the balancing period, (3) the type of energy use included in the balance, (4) the type of energy balance, (5) the accepted renewable energy supply options, (6) the connection to the energy infrastructure, and (7) the requirements for the energy efficiency, the indoor climate and in case of net consumed ZEB for the building, grid interaction. This paper focuses on the review of the result of existing ZEB definitions and the various approaches towards possible ZEB calculation methodologies, it presents and discusses possible answers to the aforementioned issues in order to facilitate the development of a consistent ZEB definition and a robust energy calculation methodology.

© 2011 Elsevier B.V. All rights reserved.

### 1. Introduction

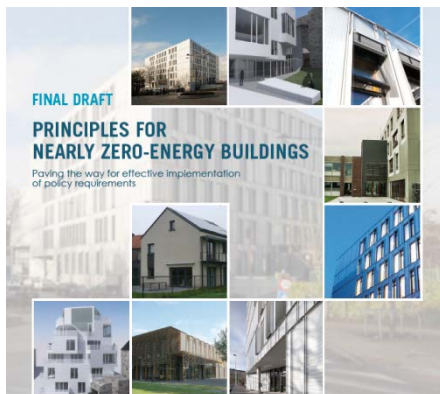
The Zero Energy Building (ZEB) concept is no longer perceived as a concept of a remote future, but as a realistic solution for the mitigation of CO<sub>2</sub> emissions and/or the reduction of energy use in the building sector. The increasing number of ZEB demonstration projects [1, 7] and research interests in the field [8–11] internationally highlights the growing attention given to ZEBs. Goals for the implementation of ZEBs are discussed and proposed at the international level, e.g. in the USA within the Energy Independence and Security Act of 2007 (EISA 2007) and, at the European level within the recast of the Directive on Energy Performance of Buildings (EPBD) adopted in May 2010. The EISA 2007 authorizes the Net-Zero Energy Commercial Building Initiative to support the goal of net zero energy for all new commercial buildings by 2020. It further specifies a zero energy target for 50% of U.S. commercial buildings by 2040 and net zero for all U.S. commercial buildings by 2050 [12]. The EPBD establishes the 'nearly zero energy building' as the building target from 2018 for all public owned or occupied by public authorities buildings and from 2020 for all new buildings, [13]. By setting these objectives, at the European level the nearby ZEBs should be reality in just eight years.

\* Corresponding author. Tel.: +91 9840 1001; fax: +91 9840 6532.  
E-mail address: amanzari@iitk.ac.in (A.J. Manzari).

0378-7788/\$ – see front matter © 2011 Elsevier B.V. All rights reserved.  
doi:10.1016/j.enb.2010.12.022

Despite the clear international goals and the international attention given to the ZEBs, two major challenges need to be met before full integration of the ZEB concept into national building codes and/or international standards. This includes, in particular, the adaptation of a common and quantitative definition and the development of a supporting methodology for computing the energy balance. In the existing literature the Zero Energy Building concept is described with a wide range of terms and expressions and a number of distinct approaches towards ZEB definitions can be distinguished. The lack of a commonly agreed ZEB definition is already widely discussed on the international level [8]. The need for a robust calculation methodology has gained attention with the growing number of ZEB projects and thus the interest in how the 'zero' balance is computed. Some countries are on their way to embrace the ZEBs in their national building codes, however no standardized calculation procedure yet exists and most of the calculations are just voluntary proposals developed for a particular ZEB case.

As mentioned, the ZEB concept is the future international goal, however in order to progress with this aim there is a genuine demand for a commonly agreed framework for definition and calculation methodology. This paper first gives an overview of existing ZEB definitions, with highlighting the most important aspects which should be discussed before developing new ZEB definitions. Secondly, it presents various approaches towards possible ZEB calculation methodologies. And finally, the paper attempts to



Erfaringer fra pilotbygg+++

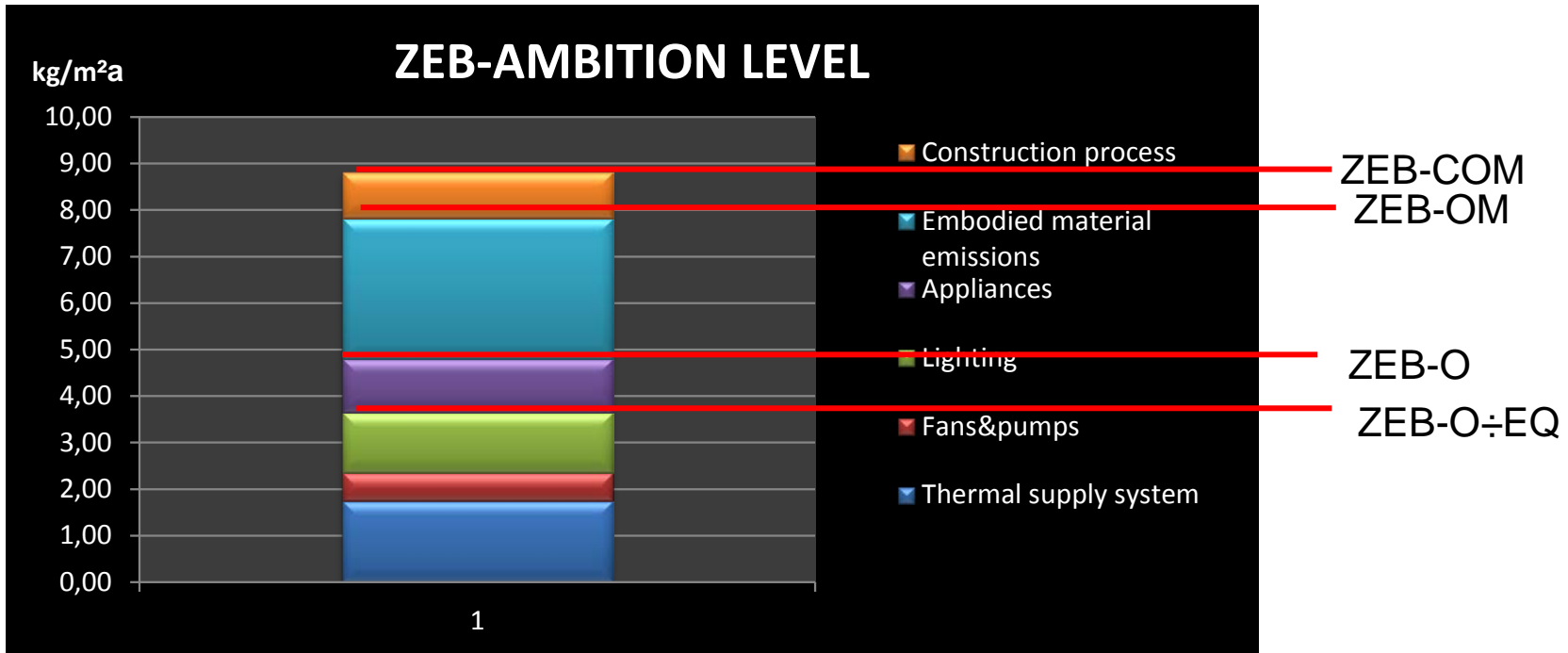
EN

EN

# KRITERIER ZEB-DEFINISJON:

1. Ambisjonsnivå
2. Beregningsforutsetning
3. Systemgrenser
4. CO2-faktorer (vektingsfaktorer)
5. Energikvalitet
6. Mismatch produksjon og behov
7. Minimumskrav energieffektivitet
8. Krav til inneklima
9. Verifisering (etterprøving)

# 1. Ambisjonsnivå



## ZEB-COM

Endelig ZEB-ambisjon, der utslipp fra konstruksjonsprosess, materialer og drift er tatt hensyn til.

## ZEB-OM

Ambisjon der både utslipp ved både drift og materialer tas med, men der utslipp fra konstruksjonsprosessen holdes utenfor.

## ZEB-O

Ambisjon der utslipp fra all drift tas hensyn til, men der utslipp fra materialer og konstruksjonsprosess holdes utenfor.

## ZEB-O÷EQ

Som ZEB-O men der man trekker fra/ikke tar hensyn til energibruk til utstyr (som definert i NS3031).

## 2. ZEB-DEF: Beregningsforutsetninger

- Beregninger skal gjøres i henhold til NS 3031 (i praksis med validert dynamiske simuleringer)
- Men må modifiseres for å ta hensyn til eksport til grid, kan gjøres ihht. EN-13790, men det jobbes også med det i SN/K34
- Bruke normalisert bruk og driftstider fra NS 3031
- Nett ZEB energibalanse over et år, med bruk av "normalisert" klimadata for klimastedet



Norsk Standard  
NS 3031:2007

ICS 01.040.91; 91.120.10  
Språk: Norsk

Beregning av bygningers energiytelse  
Metode og data

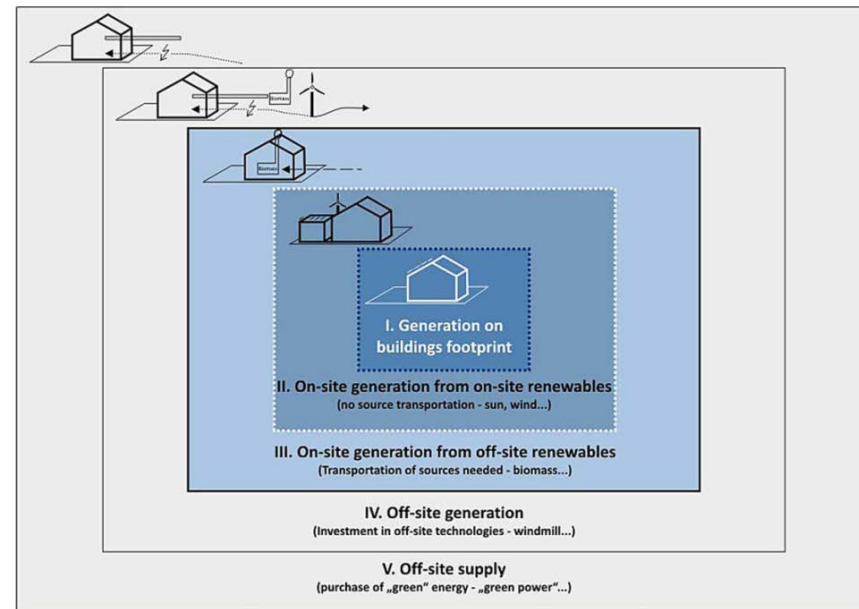
Calculation of energy performance of buildings  
Method and data

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

# 3.a. SYSTEMGRENSER – El-produksjon

## EL-PRODUKSJON:

- Som en første tilnærming her foreslår vi at produksjon av el for et bygg skal være på tomten til bygget, eller tomten til et ZEB-utbyggingsområde.
- Dvs. nivå 3: "On-site generation from off-site renewables" (eks. biogass til CHP)



# 3.b. SYSTEMGRENSER – Termisk-produksjon

## TERMISK PRODUKSJON

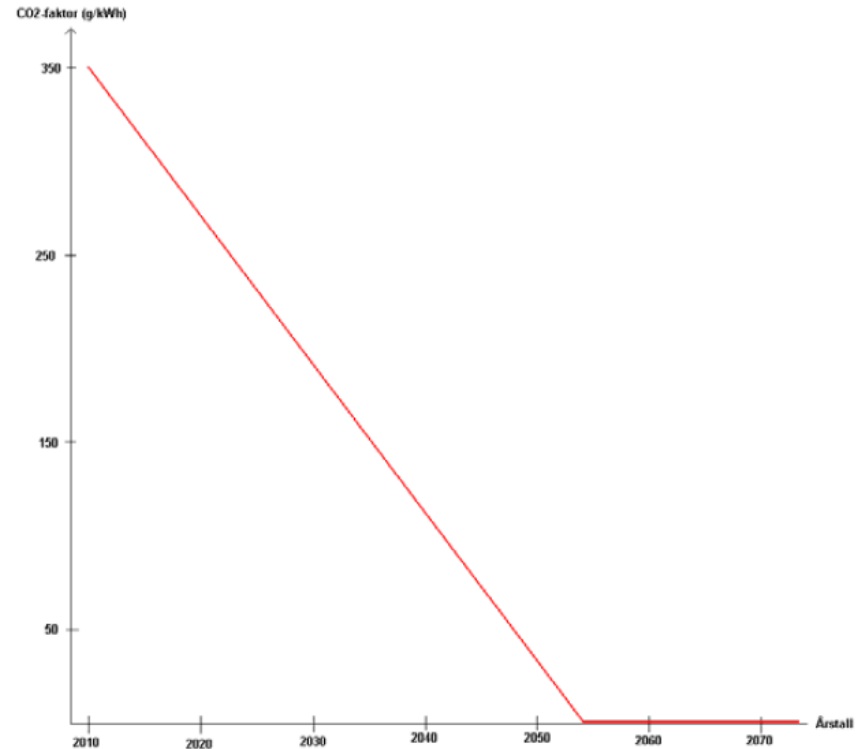
- Kan velges om produksjonsenheten(energisentralen) er innenfor eller utenfor satt systemgrense.
- Må være konsistent med å ta hensyn til systemtap i fjernvarme-/nærvarmeanlegg, og bruker de samme CO<sub>2EQ</sub>-faktorene i begge tilfeller\* .
- Gir mulighet for både nærvarmeløsninger på tomt, og import/eksport til fjernvarmeverk.

\* Må også være konsistent med hensyn til embodied emissions, dvs. at dette tas høyde for både når energisentral er både på og utenfor tomt/systemgrense. Men dette blir først aktuelt i neste versjon av definisjonen, som også skal omfatte materialer.



## 4.a. CO<sub>2</sub>-EQ -faktor Elektrisitet

- Norge er integrert del av et felles europeisk el-nett
- Baser på simuleringer\* som viser det er mulig med 90 % reduksjon av CO<sub>2</sub>-utslipp innen 2050.
- Dette er "verifisert" av EUs "*A roadmap for moving to a competitive low carbon economy in 2050*".
- Snitt over 60 år: Ca. 130 g/kWh



\* I. Graabak, N. Feilberg, "CO<sub>2</sub> emissions in different scenarios of electricity generation in Europe." TR A7058, SINTEF Energy Research, January 2011. *Preliminary report.*

# 4.b. CO<sub>2</sub>-EQ faktorerer

Energivare	CO <sub>2</sub> -EQ faktor (g/kWh)
Olje <sup>1</sup> (fossil)	288
Gass <sup>2</sup> (fossil)	252
Avfallsforbrenning <sup>3</sup>	184
Flis <sup>4</sup>	4
Bio-pellets <sup>5</sup>	7
Bio-etanol <sup>6</sup>	86
Bio-olje <sup>7</sup>	50
Bio-diesel <sup>8</sup>	50
Biogass <sup>9</sup>	25

## CO<sub>2</sub> emissions from Biofuels and District Heating

*in Zero Emission Buildings (ZEB).*

*Kristian M. Lien, CEOTO AS,  
January 2012*

### Summary

CO<sub>2</sub> emissions from Biofuels and District Heating may be viewed in many different ways, depending on the system boundaries applied. Recently, new notions such as *Carbon Debt* and *Carbon Payback time* have been introduced into the Norwegian debate on greenhouse gas emissions, challenging the established view that Biofuels are carbon neutral.

This paper provides a discussion of these new concepts, and point out that they are primarily a reflection of how the temporal system boundaries for CO<sub>2</sub> emissions from biofuels are viewed: In a *Tipping Point* perspective<sup>1</sup> on greenhouse gas emissions it is possible that CO<sub>2</sub> emissions from biofuels may have a non-zero short term climate effect, even though biofuels will be carbon neutral on the order of a century. But if the short horizon tipping point perspective is applied, one should to be consistent also re-evaluate the short term perspective on all greenhouse gases. We point out that methane emissions, e.g. from the petroleum sector, in a tipping point perspective would add on the order of 10 mill. tons of CO<sub>2</sub> equivalents to the Norwegian annual greenhouse emission.

We point to the new notion of a *Global Warming Potential (GWP)* index for biofuels, a new framework for calculation of the climate effects of biofuels on both shorter and longer terms. The *GWP* index also includes the natural absorption of CO<sub>2</sub> – anthropogenic or biogenic, into the oceans. This ocean absorption effect is neglected by present *Carbon Payback time* calculations for biofuels, also those recently presented by Norwegian authorities, yielding calculated payback times that appear to be on the order of twice the value of payback times where ocean absorption is included.

Finally we introduce the notion of the *Albedo* effect on biofuel emissions. Harvesting of biofuels alters the surface properties of the harvested area, and this affects the energy balance of the area. This effect is particularly high where biomass harvesting results in snow covered white plains instead of dark energy absorbing forests. We point to recent publications that indicate that the *Albedo* effect may overshadow the effects of CO<sub>2</sub> emissions from biofuels.

This paper does not provides a comprehensive review of all climate effects of biofuels. We have e.g. decided not to include present discussions in the scientific communities regarding the effects that forests have on aerosol formation (i.e. terpene emissions) and thereby indirectly on cloud formation. We have also decided to leave out the new and emerging discussions on how forests may contribute to long term soil carbon sequestration (i.e. glomalin production).

<sup>1</sup> i.e. if we expect to reach CO<sub>2</sub> levels representing threshold that will lead to irreversible climate changes in a matter of decades rather than centuries

# 5. ENERGIKVALITET

Eksport av energi fra tomt:

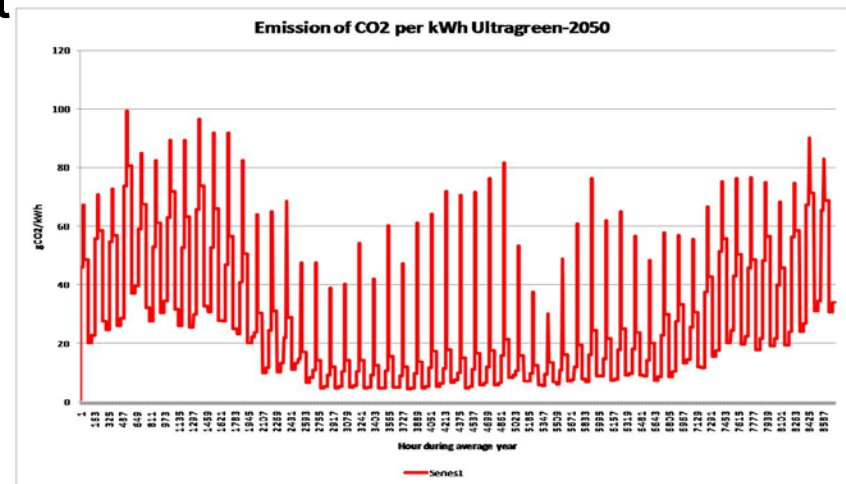
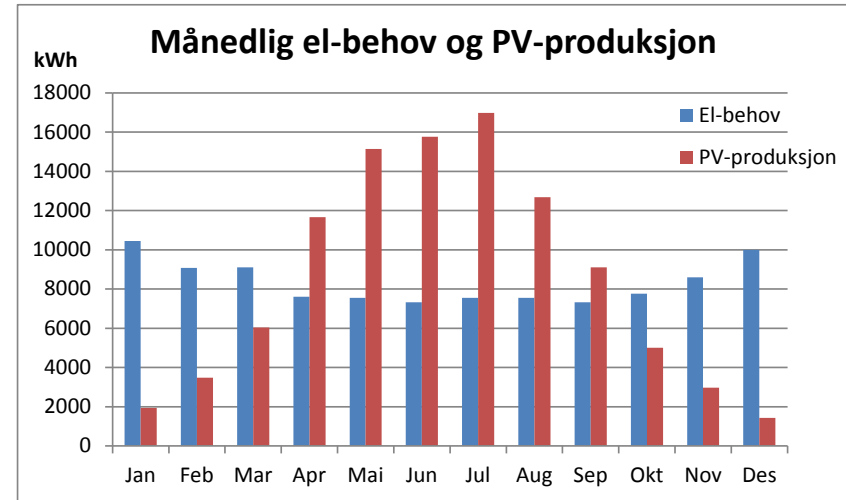
- Fornybar elektrisitet produsert på bygget/tomten kan eksporteres til grid/elnett eller nærliggende bygg(utenfor tomt), og da fullt ut beregnes å "offsette" klimagassutslipp fra energibruk og utslipp fra materialer,
- Eksportert fornybar varme på bygget og tomten kan også eksporteres til eventuelt fjernvarmenett/nærliggende bygg(utenfor tomt), men i CO<sub>2</sub>-balansen for bygget skal eksportert varme aldri regnes større enn importert varme regnet over året (Importert varme  $\geq$  Eksporter varme).

Argumenter:

- El kan brukes til alle formål, det kan ikke varme
- Elektrisitet kan langtransporteres(regionalt, nasjonalt og internasjonal handelsvare), det kan ikke varme.
- Stor varmeeksport til nærliggende bygg kan låse bygg(energy-lock-in) til lav energistandard i lang tid.

# 6.a. Temporær energi match karakteristikk

- To problemstillinger:
  1. Load matching:  
Mismatch mellom behov og produksjon
  2. Grid interaksjon:  
Mismatch mellom eksport til energigrid og energisystemets "behov/belastning".



# 6.b. Temporær energi match karakteristikk - forslag

- Det skal brukes symmetriske (like) CO2-faktorer ved eksport og import av energi. Dette gjelder både elektrisitet og termisk energi\*.
- "Load mismatch index" (se lign.) for hver måned og for året beregnes for alle prosjekter (pilotprosjekter, konseptanalyser, o.l.). Men det settes ikke kvantifiserbart krav til denne faktoren\*\*.
- Det brukes for designformål konstante CO2-faktorer over året
- Men det skal for utvalgte pilotprosjekter beregnes månedsvise CO2-faktorer basert på simuleringer av det europeiske el-nettet\*\*.

$$f_{\text{load},i} = \frac{1}{N} \times \sum_{\text{year}} \min \left[ 1, \frac{g_i(t)}{l_i(t)} \right]$$

\* Dette er basert på forutsetningen at *en* eksportert kilowattime til energigriden, reduserer den sentrale produksjonen med *en* kilowattime (og tilhørende CO2-utslipp).

\*\* Denne indeksen sier hvor mye av den lokalt fornybare produksjonen som eksporteres til nettet.

\*\*\* Kan baseres på rapporten: \* I. Graabak, N. Feilberg, "CO2 emissions in different scenarios of electricity generation in Europe."

# 7. Minimumskrav energieffektivitet

## MINIMUMSKRAV:

- Det foreslås å legge passivhusnivå til grunn som minimumskrav til energieffektivitet.
- Med passivhusnivå menes bygg som tilfredstiller krav satt i NS 3700 (boliger) og 3701 (yrkesbygg).
- Disse standardene setter krav til maksimalt oppvarmingsbehov, kjølebehov og energibehov til belysning (yrkesbygg). Videre settes det krav til maksimalt varmetapstall og komponentkrav for vinduer/dører, kuldebroer, luftlekkasjetall og vifteeffekt (SFP)

## ARGUMENT:

- Minstekrav til energieffektivitet sikrer at byggene oppføres med robuste og langlivede energiltak som minimerer energibehovet.



## 8. Krav til inneklima

- Max lufthastighet vinter: 15 cm/s
- Max operativ temperatur dim. sommer : 26 ° C
- Min operativ temperatur dim. vinter: 20 ° C
- Max CO2-nivå vinter (temp under 22 ° C): 1000 ppm
- Minimum gulvtemperatur: 19 °C
- Minimum gjennomsnittlig dagslysfaktor: 2 %
- .....
- Kommentar: Det lages kriterietabell for dette ut fra ISO7730 og andre Europeiske Standarder.

# 9. Verifisering

Kan snakkes om fire nivåer av verifisering av ZEB-bygg:

1. Verifisering av årlig energi- og CO<sub>2</sub>-balanse. Dette forutsetter måling av levert (og eksportert) energi til bygget/området for ulike energivarer. CO<sub>2</sub>-balansen beregnes ut fra gitte CO<sub>2</sub>-faktorer.
2. Verifisering på energipostnivå. Dvs. sammenligne simulert og målt energibruk ned på energipostnivå (oppvarming, varmtvann, vifter, belysning, ...) ihht. NS3031.
3. Verifisering/evaluering av energi mismatch. Måling av mismatch mellom produksjon og behov, dvs. eksportert og importert energi på times-, måneds- og årsbasis.
4. Verifisering av at satte inneklimateparametre oppnås. Måling av f.eks. temperaturer, lufthastigheter, CO<sub>2</sub>-nivå, støynivå, lysnivåer (naturlig/kunstig), etc. Må gjøres ved både sommer og vintersituasjon.

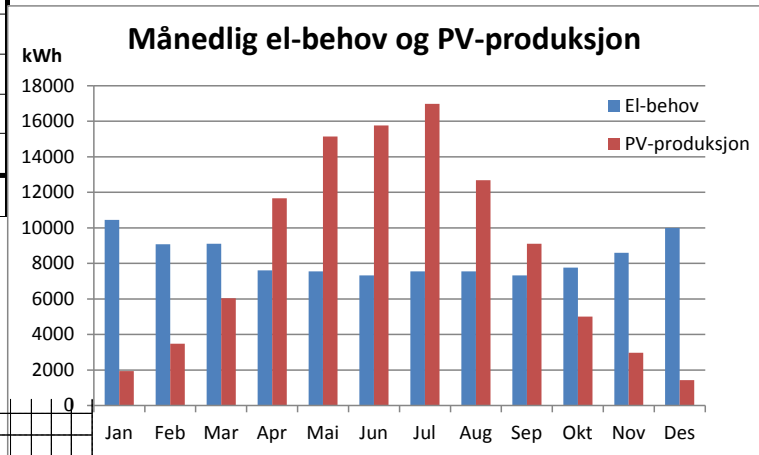
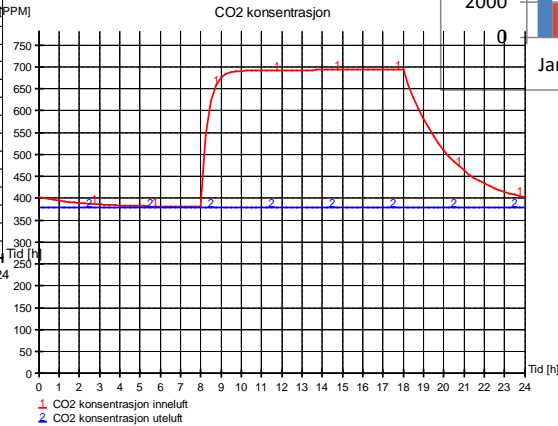
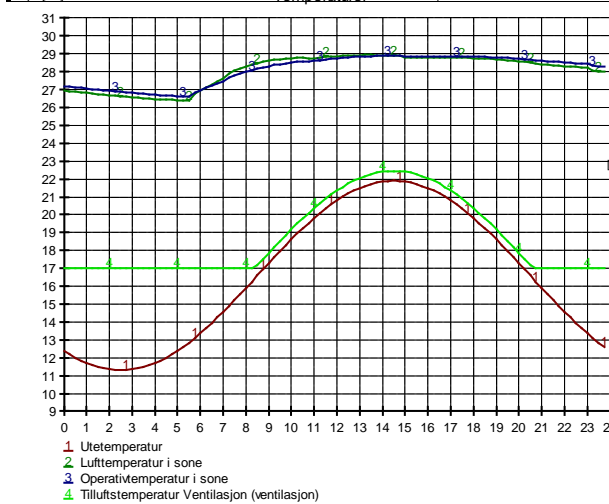
**Forslag: Alle ZEB-piloter bør verifiseres etter 1. De fleste ZEB-piloter (eller et utvalg av bygg i et område) bør verifiseres ihht. 2. Et utvalg av pilotbygg bør verifisere ihht. 3 og 4.**



# 9. Verifisering

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

Energivare	Levert energi [kWh/år]	Spesifikk levert energi [kWh/(m <sup>2</sup> ·år)]
1 Elektrisitet <sup>a</sup>		
2 Olje		
3 Gass		
4 Fjernvarme		
5 Biobrensel		
6 Annen energivare <sup>b, i</sup>		
<b>Totalt levert energi, sum 1 - 6</b>		

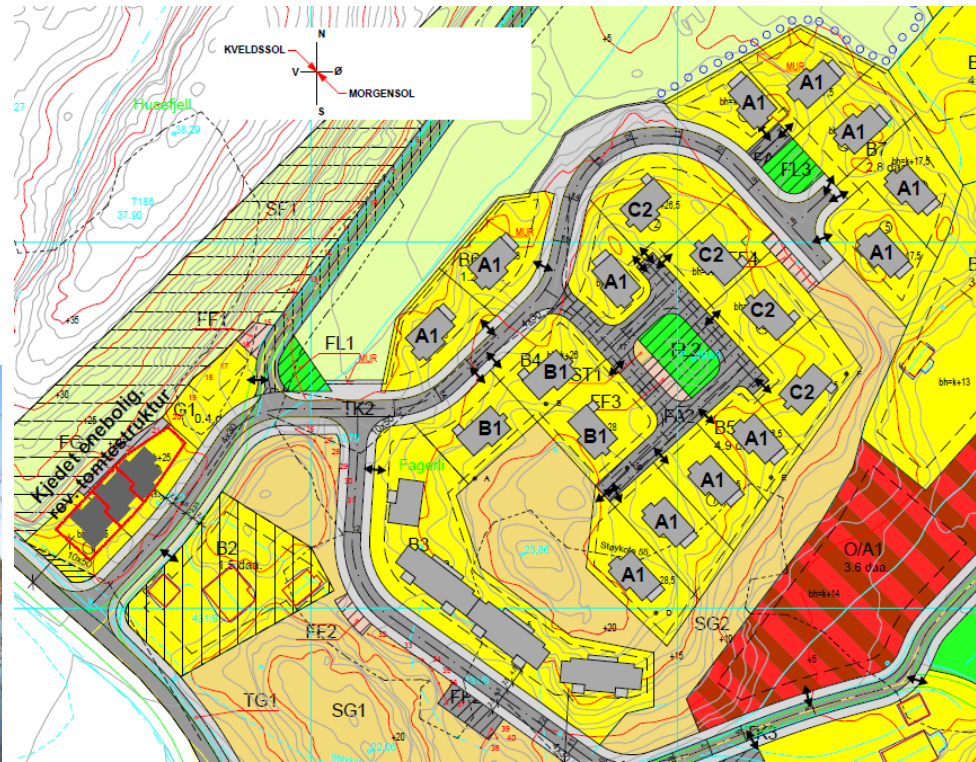


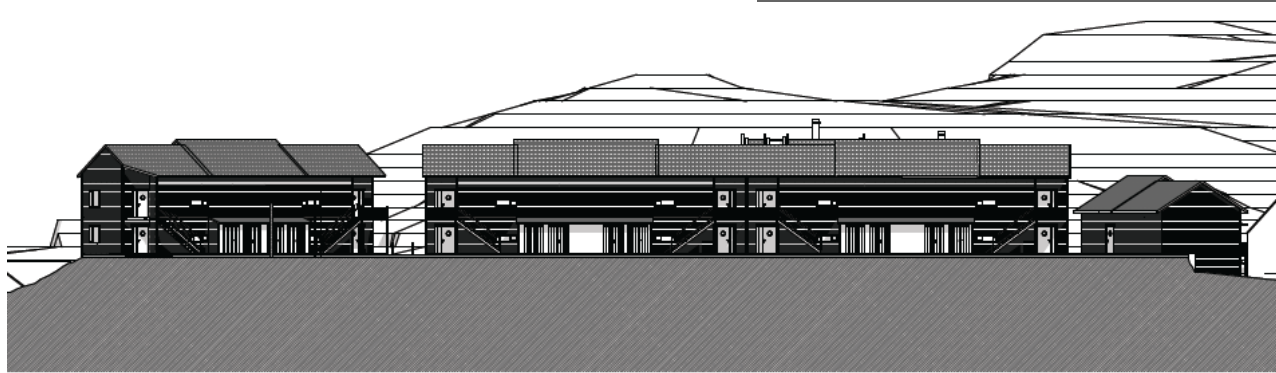
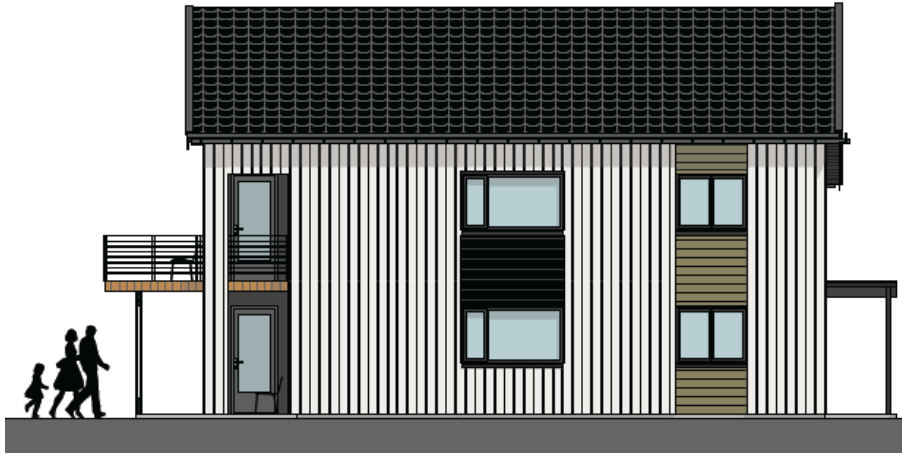
- 1 Utetemperatur
- 2 Lufttemperatur i sone
- 3 Operativtemperatur i sone
- 4 Tilluftstemperatur Ventilasjon (ventilasjon)

- 1 CO2 konsentrasjon inneluft
- 2 CO2 konsentrasjon uteluft

# Eksempel: Skarpnes, Arendal

- 42 boliger, 22 eneboliger og 20 leiligheter
- Ca. 5000 kvm BRA
- Ambisjonsnivå: ZEB-O
- Byggestart oktober 2012

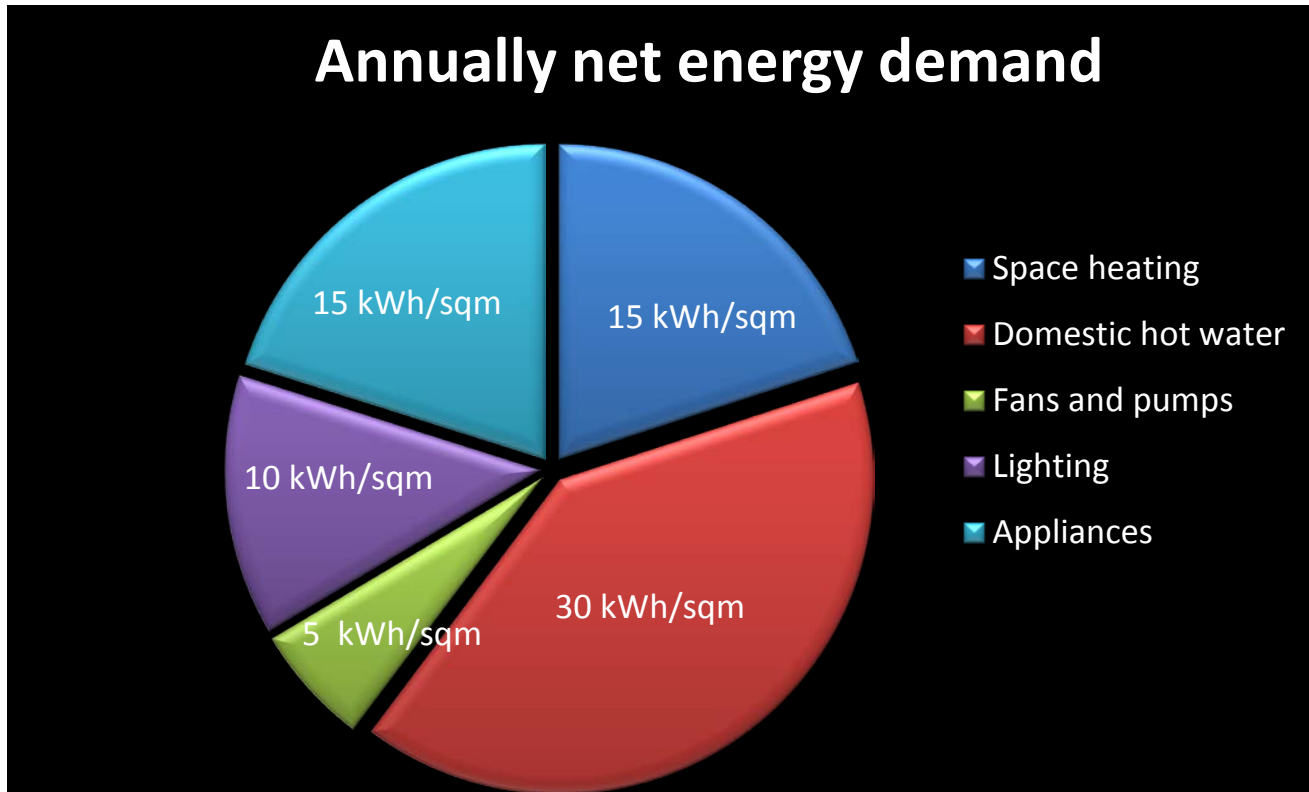




# Analysemetode

1. Beregne netto energibehov
2. Beregne termisk- og elektrisk behov, for måned og år.
3. Designe og analysere termisk energiforsyning.
4. Beregne brutto levert energi og CO<sub>2</sub>-utslipp.
5. Designe lokal elproduksjon, regne ut CO<sub>2</sub>-balanse
6. Beregne mismatch behov og produksjon
7. Kontrollere minstekrav energieffektivitet og inneklima

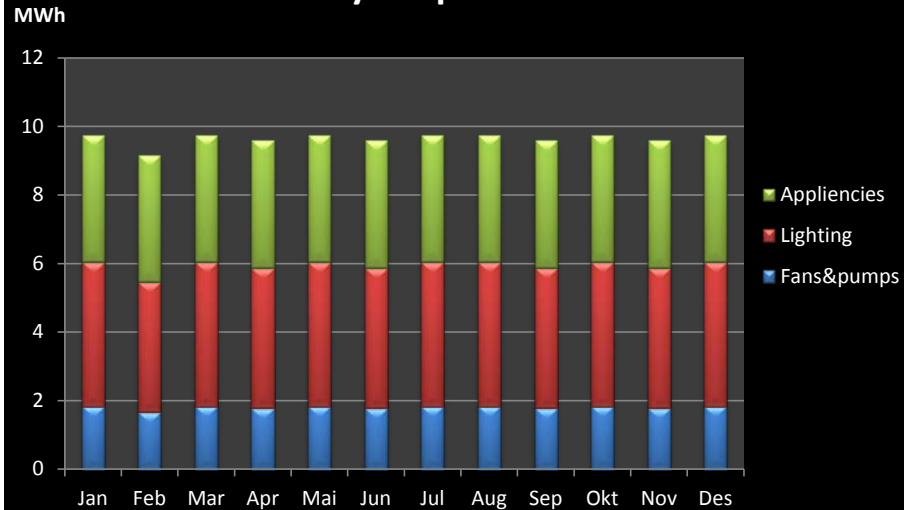
# 1. Energibudsjett



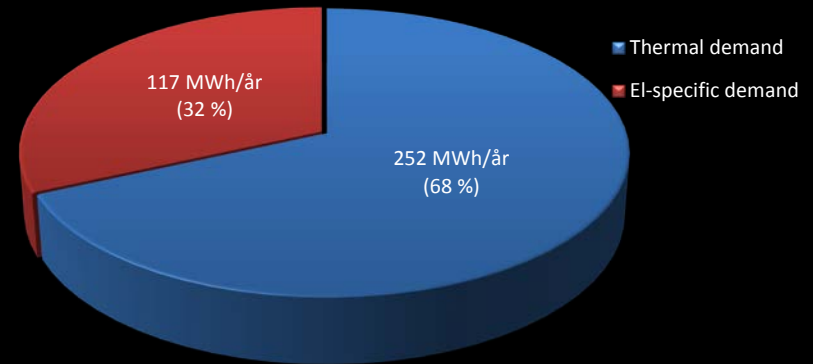
Det skal brukes hotfill oppvaskmaskin, vaskemaskin og tørketrommel, som er regnet å utgjøre 6 kWh/m<sup>2</sup>år av de 15 for utstyr. Det termiske behovet er da  $30 + 15 + 6 = 51$  kWh/m<sup>2</sup>år, mens det el-spesifikke da er  $5 + 10 + 9 = 24$  kWh/m<sup>2</sup>år.

## 2. Termisk og elektrisk behov

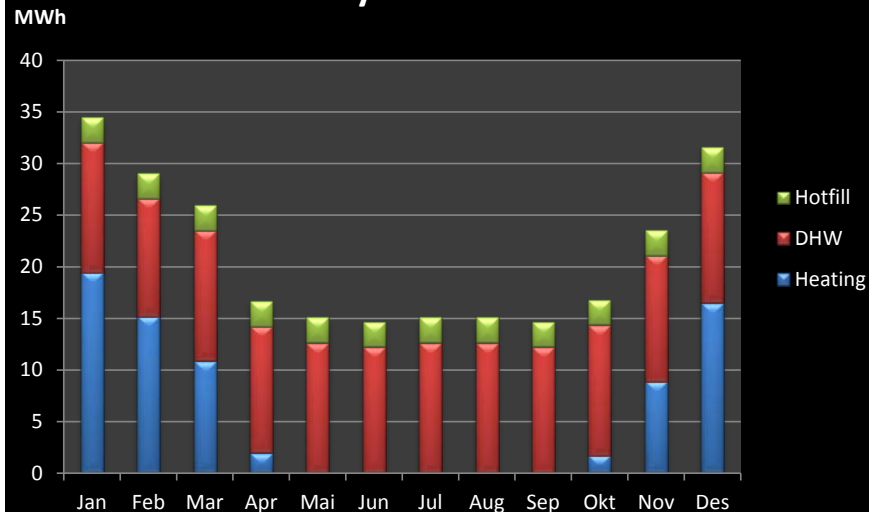
### Monthly el-specific demand



### Energy demand

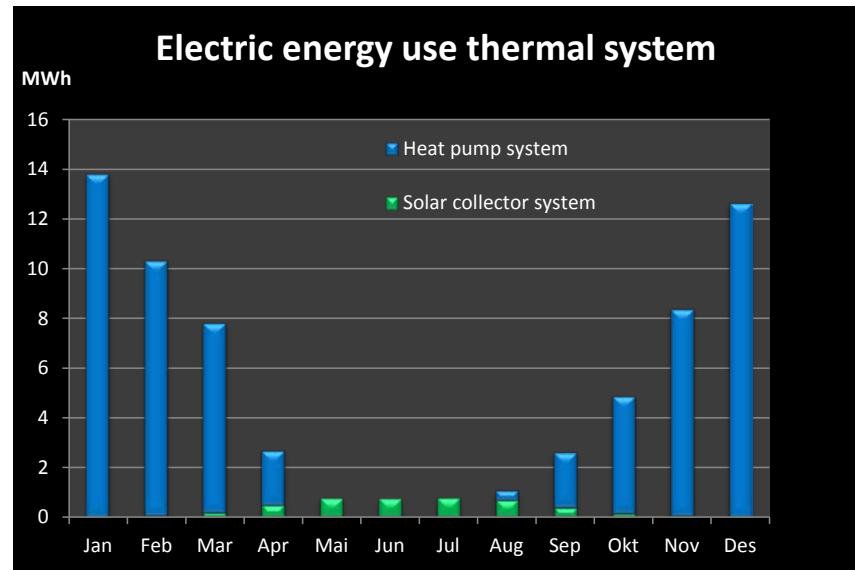
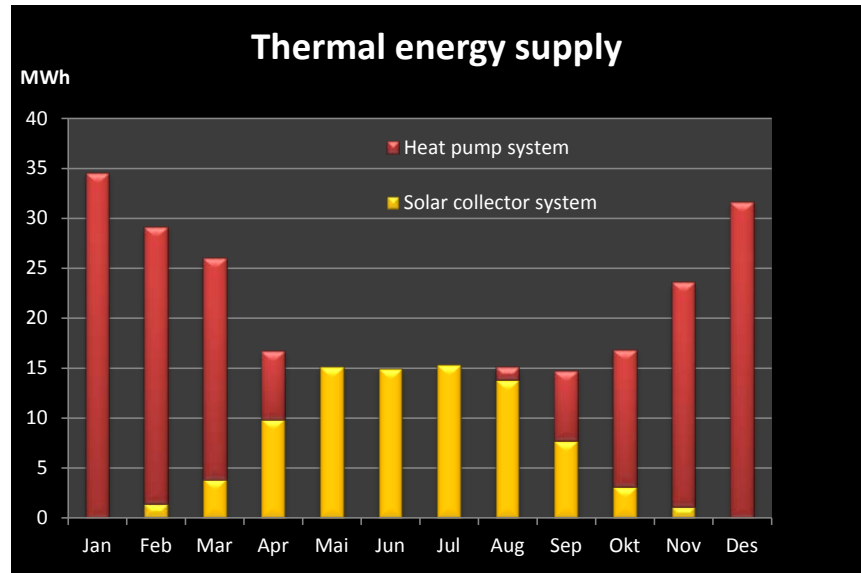


### Monthly thermal demand



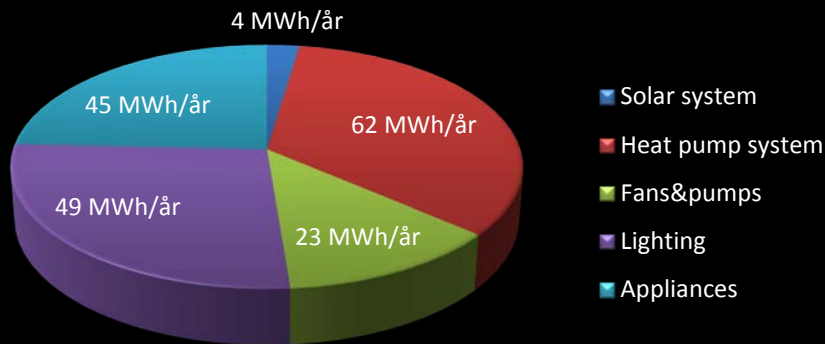
# 3. Termisk energiforsyning

- Lokalt termisk energiforsynings-system, dvs. innenfor systemgrensene (tomt), basert på kombinert solfanger- og varmepumpesystem.
- Solfangere dimensjonert for å dekke alt termisk behov de tre mest solrike månedene.
- Varmepumpesystem fases gradvis inn for å dekke resterende varmebehov.
- Kombinert solfanger-VP-system er beregnet å ha en års-system varmfaktor på 3,8.

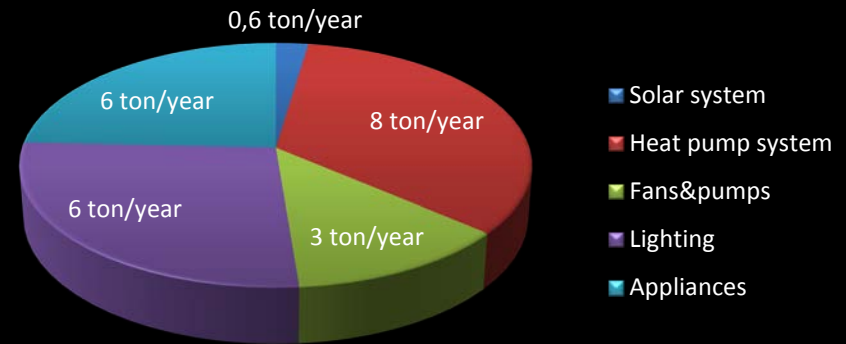


# 4. Levert energi og CO2-utslipp

## Gross delivered electricity



## Gross CO2-emissions

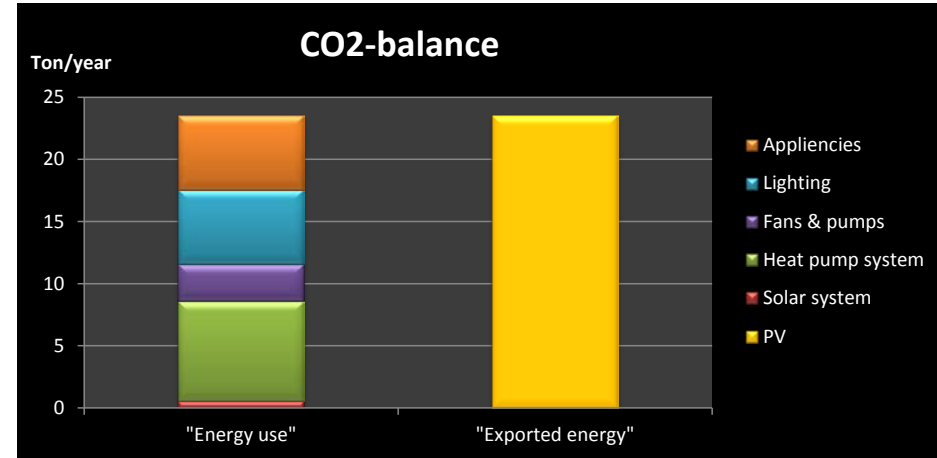


- Med solfanger-varmepumpesystem vil all energibruk være elektrisitet.
- Levert spesifikk elektrisitet er totalt å 37 kWh/m<sup>2</sup>år. (ikke tatt hensyn til solstrøm-produksjon)
- Med antagelse om konstant energibruk i byggets levetid(60 år) vil CO2-faktor for elektrisitet være på ca. 130 g/kWh.
- Dette gir et totalt CO2-utslipp på 4,8 kg/m<sup>2</sup>år. (ikke tatt hensyn til solstrøm-produksjon)

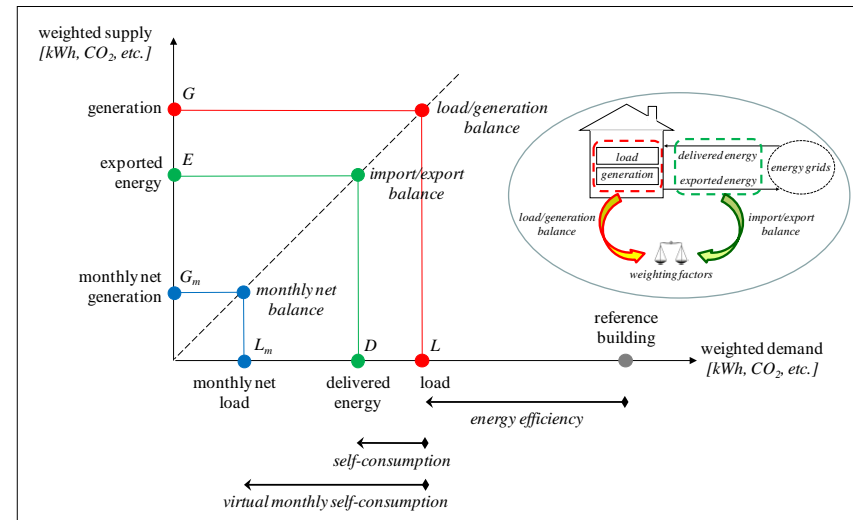


# 5. Design av lokal fornybar el-produksjon og beregning av nullutslipps-balanse

- CO2-utslipp for hele området blir på ca 24 000 kg/år. (4,8 x 5000)
- Lokal fornybar el-produksjon for å balansere dette utslippet blir: 183 500 kWh/år (24 000/0,13)
- Men anslått års-systemvirkningsgrad for solceller på 15 %, og en årlig solfluks på 954 kWh/m<sup>2</sup>år, får man ut 154 kWh per kvm per år.
- Nødvendig solcelleareal for å gå i CO2-balanse blir da: 1282 kvm (183 500/154).
- Dette tilsvarer 31 kvm PV per bolig.
- For enebolig på 154 kvm BRA trenges 40 kvm PV.

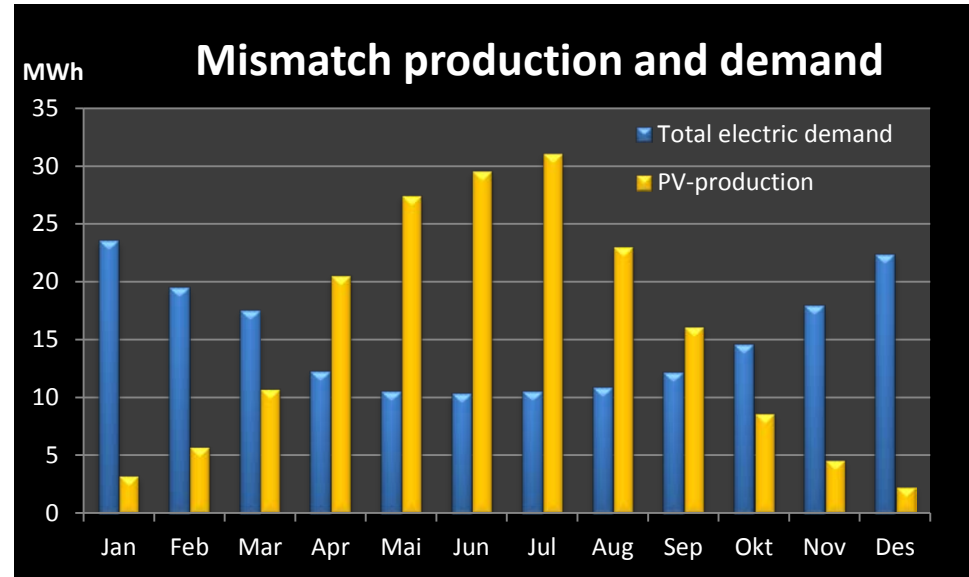


Merk: Utrykkene "energy use" og "exported energy" er bare foreløpig uttrykk som ikke er konsise med gjeldende standarder på området.



# 6. Mismatch produksjon og behov

- Sol-el dekker fra 10 til 100 % av el-behovet, med et årssnitt på 56 %.
- 44 % av sol-el-produksjonen må eksporteres til grid.
- Årlig er "selvforbruket" av sol-el på 102 MWh, som tilsvarer 20,6 kWh/m<sup>2</sup>år (BRA).
- Eksportert sol-el til grid er på 81 MWh, som tilsvarer 16,4 kWh/m<sup>2</sup>år (BRA).



$$f_{load,i} = \min\left(1; \frac{g_i}{l_i}\right) \quad X = \frac{\max\{0; g_i - l_i\}}{g_i}$$

g = sol-produksjon, l = el-behov

	Jan	Feb	Mars	April	Mai	Juni	Juli	Aug	Sept	Okt	Nov	Des	År
$f_{load,el}$ (%)	14	30	61	100	100	100	100	100	100	59	26	10	56
X (%)	0	0	0	40	62	65	66	53	24	0	0	0	44
Self consumption (MWh)	3,3	5,8	10,8	12,3	10,5	10,3	10,5	10,9	12,2	8,7	4,6	2,3	102
Exported to grid (MWh)	0	0	0	8,3	17,0	19,3	20,6	12,2	3,9	0	0	0	81