

# LavEByg

Højteknologisk netværk vedrørende integrerede lavenergiløsninger på bygningsområdet

Strategi:

**Lavenergi-enfamiliehuse og  
etageboliger**

# Strategiudvikling - metode

- Status for det aktuelle delområde:
  - F&U behov og muligheder + formidling
- Strategi for udvikling af delområdet:
  - Plan for indfrielse af visionen
  - F&U + formidlingsaktiviteter

# Strategiudvikling - metode

- Status
  1. Produktspecifik beskrivelse af delområde (produkter, funktioner og processer)
  2. Screening af teknologiudviklings- og forskningsmuligheder
  3. Koblinger ml. forskning og byggeerhvervets udfordringer
  4. Skitsering af byggeerhvervets behov og muligheder for F&U + uddannelse
  5. Fokusområder for F&U for vidensinstitutioner

# Lavenergiboliger i Danmark

- Seest, Kolding (enfamilie)
- Thyholm (enfamilie)
- Lemvig (enfamilie)
- Næstved, Rønnebækshave (“Villa” 1 2 plan med 8 boliger)
- Stenløse syd (enfamilie)
- Lystrup, Århus (enfamilie/rækkehuse)
- Herning, Dalgasparken (etageboliger)



# Lavenergikoncepter i udlandet

## Passivhuskonceptet:

- Energibehov til rumopv.:  $<15 \text{ kWh/m}^2 \text{ pr. år}$
- Totalt energibehov:  $<120 \text{ kWh/m}^2 \text{ pr. år}$
- Dimens. varmetab:  $<10 \text{ W/m}^2 \text{ boligareal}$

## Bemærk:

- Primært boliger, men også andre bygningstyper
- Passivhusstandarden er lidt bedre end lavenergibygningsklasse 1

# Lavenergikoncepter i udlandet

Passivhus-standard, opskrift:

- Reduceret varmetab ved forbedring af isolering og minimering af kuldebroer
- Vinduer med bedre energitilskud og med optimalt areal og orientering
- Forbedret lufttæthed af klimaskærmen
- Mekanisk ventilation med effektiv varmegenvinding og ventilatorer
- Kompakt bygningsdesign

# Lavenergikoncepter i udlandet

## Passivhus vs. typisk dansk hus anno 2006

Egenskab	Passivhus standard	Typisk dansk hus anno 2006
U-værdi ydervæg	$\leq 0,15$ ( $\leq 0,10$ )	0,20
U-værdi tag	$\leq 0,15$ ( $\leq 0,10$ )	0,15
U-værdi terrændæk	$\leq 0,15$ ( $\leq 0,10$ )	0,15
U-værdi vinduer/døre	$\leq 0,80$	1,50
Lufttæthed ved 50 Pa [ $h^{-1}$ ]	$\leq 0,6$	$\leq 2,8$ <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Baseret på lufttæthedskravet på 1,5 l/s/m<sup>2</sup>, en rumhøjde på 2,4 m og et netto/brutto arealforhold på 0,8.

# Enfamiliehuse - Byggesystemer

- Skalmurede porebetonelementer
- Skalmurede helvægselementer i letklinkerbeton
- Fuldmuret
- Massiv porebeton
- Træ- og stålskeletelementer
- Massivtræelementer
- Bjælkehuse

# Enfamiliehuse - kendetegn

- Længehus i ét plan
- Tunge byggesystemer
- Isolering er bedre i terrændæk og loft end i ydervæg
- Vinduer, døre og ovenlys med væsentligt større varmetab og mindre energitilskud end den øvrige klimaskærm
- Kuldebroer ved fundament (især ved døre og vinduer til gulv)
- Naturlig ventilation eller mekanisk ventilation med brugsvandsvarmepumpe
- Energiforsyning med fjernvarme, olie eller gas
- Varmeanlæg baseret på gulvvarme eller kombination af radiatorer og gulvvarme
- Varmt brugsvand baseret på VVB eller gennemstrømnings-VV
- Tendens til brug af energieffektive sparepumper med automatisk regulering

# Lavenergibygninger klasse 2

## Forsøgshuse - formål

- Vise der kan bygges typiske enfamiliehuse, som
- opfylder de nye skærpede energikrav i 2006
  - uden væsentlige byggetekniske problemer
  - med en fornuftig totaløkonomi

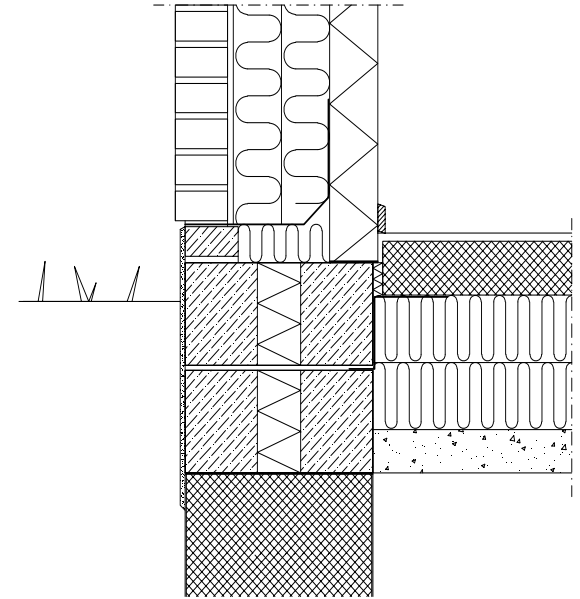
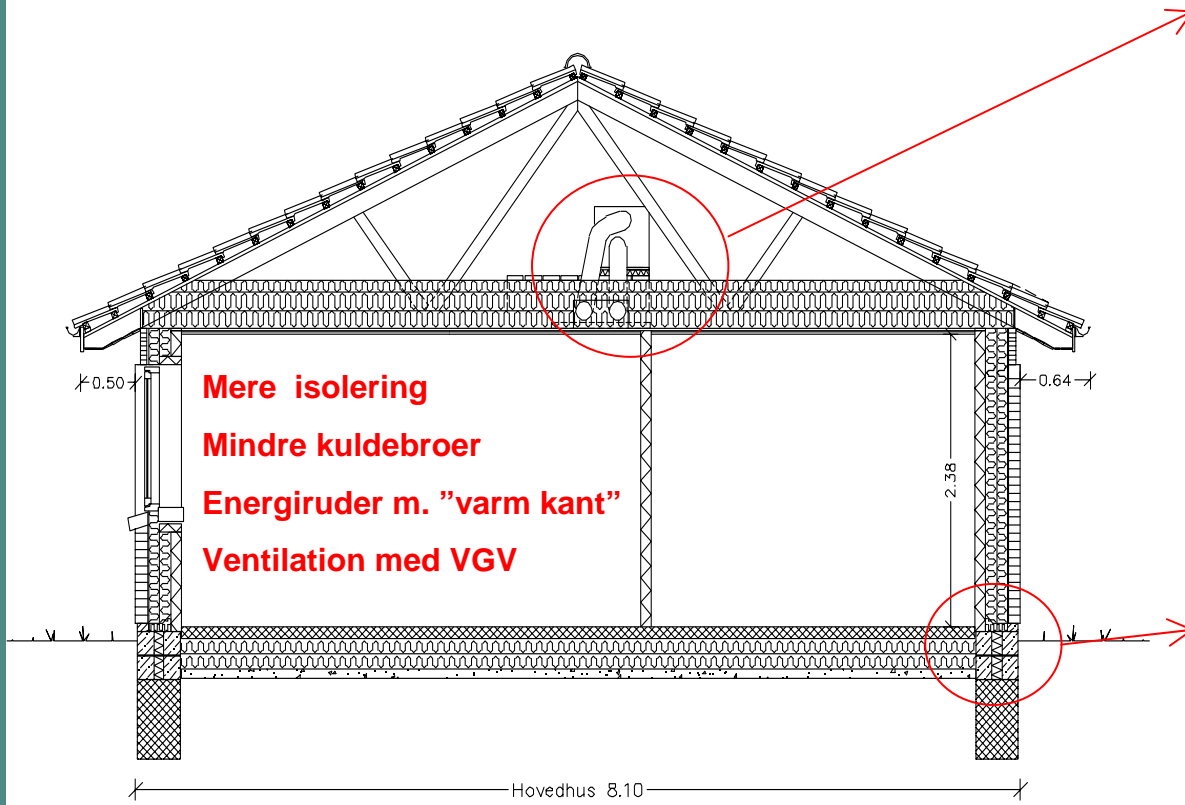
Stimulere udviklingen af lavenergi huse

# Forsøgshuse - oversigt

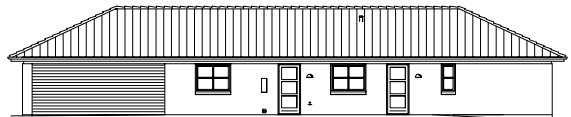
Hus	Beliggenhed	Opvarmet etageareal [m <sup>2</sup> ]	Byggesystem
A	Snekkersten	135	Skalmuret porebeton
B	Lemvig	145	Ydervægselement i stålskelet
C	Hillerød	153	Skalmuret træskeletelement
D	Thyholm	88	Fuldmuret
E	Brøndby	133	Skalmuret porebetonelement
F	ikke opført	175	Helvægselement, letklinkerb.



# Tværsnit hus A



# Betydning af kompakt bygningsgeometri



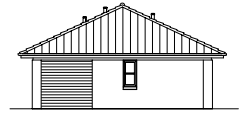
Facade mod Øst



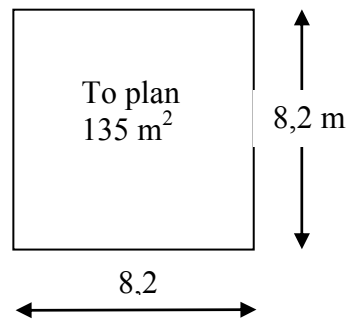
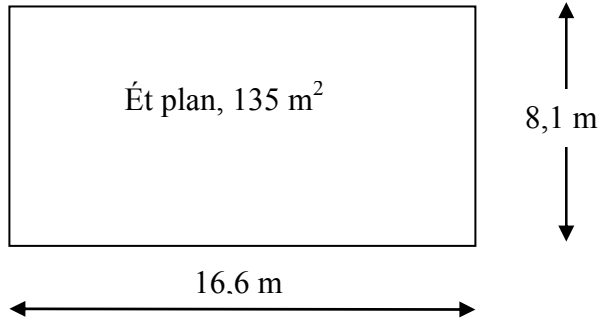
Gavl mod Nord



Facade mod Vest



Gavl mod Syd



Etagehøjde: 2,8 m  
Murtykkelse: 0,41 m  
Areal af vinduer og døre: 30,7 m<sup>2</sup>

Klimaskærmsareal, ekskl. vinduer og døre:

Ét plan: 357 m<sup>2</sup>

To plan: 275 m<sup>2</sup>

Svarer til reduktion på 23 % (+fundament reduceret med 34 %)

Energibehov (Be06 beregning):

Ét plan: 59,4 kWh/m<sup>2</sup> pr. år

To plan: 52,2 kWh/m<sup>2</sup> pr. år

Svarer til reduktion på 12 %

# Be06-beregninger: Forudsætninger

- Klimaskærm: som bygget
- Ventilation:
  - Mekanisk balanceret ventilation med varmegenvinding
  - Mekanisk ventilation, vinter:  $q_m = 0,30 \text{ l/s/m}^2$
  - Infiltration, vinter:  $q_n = 0,09 \text{ l/s/m}^2$  ( $Q_{50} = 1,5 \text{ h}^{-1} \sim 0,8 \text{ l/s/m}^2$ )
  - Temperaturvirkningsgrad:  $\eta_{vgv} = 0,85$
  - SEL:  $0,8 \text{ kJ/m}^3$
  - Mekanisk ventilation, sommer:  $q_{m,s} = 0$  (automatisk styring!)
  - Naturlig ventilation, sommer:  $q_{n,s} = 0,90 \text{ l/s/m}^2$
  - ÷ Varmetab fra vent. kanaler + aggregat (indenfor klimaskærmen)
- Varmeforsyning og –fordeling:
  - Forsyning: fjernvarme (indirekte i hus A og B, direkte i hus D og E)
  - Fordeling: gulvvarmeanlæg
  - Pumpe:  $P_{nom} = 25 \text{ W}$ ,  $F_p = 0,4$  (f.eks. Grundfos Alpha Pro)
  - Varmetab VVB:  $1,3 \text{ W/K}$  (100 liter)
  - ÷ Varmetab fra varmerør indenfor klimaskærmen (udetemp. styring)

# Be06-beregninger: Krav til klimaskærm

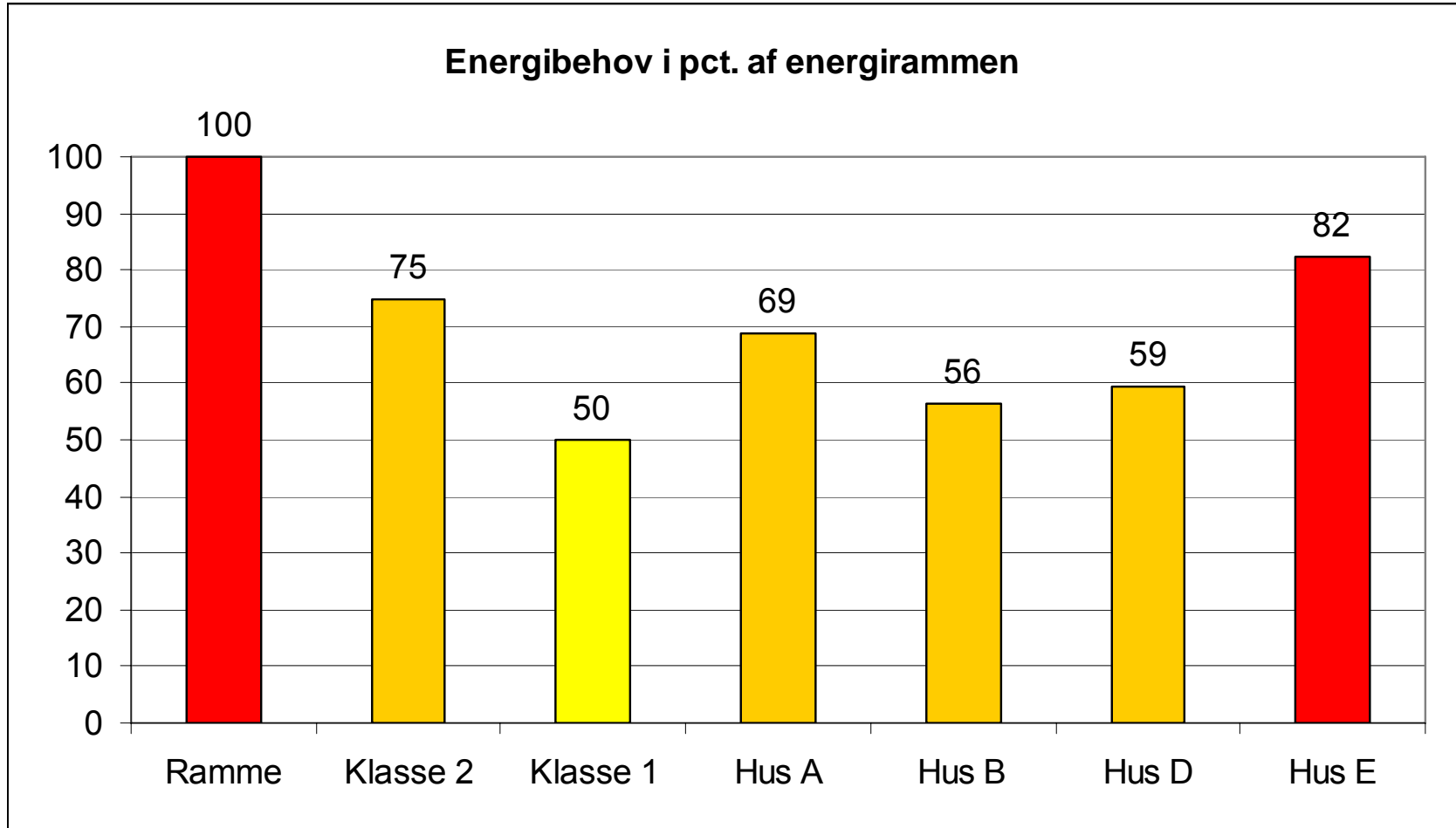
- For bygninger op til 3 etager må det dimensionerende transmissionstab ikke overstige 6 W/m<sup>2</sup> klimaskærm ekskl. vinduer og døre.
- Dette transmissionstab for de enkelte huse fremgår af tabellen. Kravet er opfyldt.

Hus	Hus	Hus	Hus
A	B	D	E
4,2	3,3	4,1	4,5

# Be06-beregninger: Energibehov

	Hus A	Hus B	Hus D	Hus E
Energibehov [kWh/m <sup>2</sup> pr. år]				
Rumopvarmning (ydelse)	36,6	26,8	29,0	43,0
Varmt brugsvand (ydelse)	16,1	15,9	17,7	16,1
Årsvirkningsgrad [-]	0,99	1,00	1,00	0,99
Samlet varmebehov (indfyret)	53,1	42,7	46,6	59,5
El-behov i varmeanlæg	0,6	0,6	1,0	0,7
El-behov i kedelanlæg/FV-veksler	0,3	0,0	0,0	0,3
El-behov i VBV-anlæg	0,0	0,0	0,0	0,0
El-behov i ventilationsanlæg	1,6	1,5	1,4	1,5
Overtemperaturer i rum	0,0	0,0	3,8	5,4
Samlet energibehov (faktor 2,5 på el)	59,4	47,9	56,4	71,1
Energiramme	86,3	85,2	95,0	86,5
<b>Procent af energiramme</b>	<b>69</b>	<b>56</b>	<b>59</b>	<b>82</b>

# Be06-beregninger: Energibehov



# Målte energibehov vs energiramme

Hus	A	B	E
Energiramme [kWh/m <sup>2</sup> /år]	86	85	87
Målt [kWh/m <sup>2</sup> /år]	77	93	80
Andel af energiramme [%]	89	110	93
Korrektion for ude- og indeklime m.m. [kWh/m <sup>2</sup> /år]	65	57	71
Andel af energiramme [%]	75	66	82

# Forsøgshuse - Konklusion

- Husene opfylder energirammen
  - De fleste endda lavenergibygninger klasse 2
- Byggeteknik er konventionel
- Brugsegenskaber bedre
- Økonomi er god
  - Anlægsudgifter øget med ca. 5%

Basis for videregående krav

# Lavenergibygninger klasse 1

- Danske lavenergihuse opført i 1970'erne i Lyngby med 5000 kWh/år til varme
  - ‘vi har haft teknikken i 30 år’
- Passiv husene i Tyskland og Sverige og DK
  - ‘de andre begynder at bruge den’
- Nye danske typehuse udvikles til kl 1 nu
  - ‘brug den nu og gør det til en god forretning’

# Etageboliger

- Flerfamilieboliger, hvor boligenheder er adskilt af både lodrette og vandrette boligskel
- Kollegier
- Hoteller

# Behov og muligheder for F&U + vidensformidling

- Behov
- Muligheder
- Barrierer
- Konkrete aktiviteter
  
- Fordelt på enfamiliehuse og etageboliger

# Lavenergi-enfamiliehuse

- Behov:
  - Integreret design / partnering / energikoncept
  - Energispareprismetode til prioritering af løsninger
  - Fokus på indeklima og dagslys
  - Brug af vedvarende energi (varme+el)
  - Behovsstyring af energitilførsel/-forbrug
  - Integrering af formgivning af hus samt disponering og placering af installationer
  - Værdidebat – hvad er det gode lavenergihus
  - Commissioning (samordnet idriftsættelse af bygningsinstallationer) - rutiner, procedure
  - “Diagram”-energiforbrug (følsomhedskurver)
  - 3D skitseringsværktøjer, løsningsrum mv.

# Lavenergi-enfamiliehuse

- Muligheder:
  - Adfærd som projekteringsparameter
  - Markedsføring af energimæssigt bedre huse
  - Måling - energisignatur
  - Udnyttelse af kompakt bygningsgeometri
  - Enfamiliehuse som totalprodukt
  - Regulering af solindfald (udvendigt, automatisk / manuel betjening)
  - Kvadratmeterforbrug
  - Langsigtede udviklingsmuligheder (bolig og kontor i samme bygning mm.)
  - Solenergi-integration (el, vbv, rumvarme, lagring)
  - Central facility management – standard brugerflader

# Lavenergi-enfamiliehuse

- Barrierer:
  - Manglende Commissioning
  - Stigende kvadratmeterforbrug, dårlig disponering
  - Adfærd i relation til opnåelse af lavere energiforbrug (påklædning, færre kvadratmetre, kompakte huse)
  - Beregningsprogrammer, -værktøjer
  - Brutto-m<sup>2</sup>
  - Manglende kompetencer i integreret design

# Lavenergi-enfamiliehus

- Konkrete aktiviteter:
  - Kortlægning af generelle barrierer og forslag til løsninger
  - Leverer vs. spare energi – optimale løsninger
  - Undersøgelse af betydningen af kompakte design af enfamiliehus
  - Integration af målinger af energiforbrug fordelt på relevante kategorier

# Lavenergi-etageboliger

- Behov:
  - Helhedsløsninger
  - Bedre facadeløsninger med fokus på dagslys
  - Bedre decentrale ventilationsløsninger med varmegenvinding, støjsvagthed og evt med forvarmning/køling
  - Produktion og distribution af varme og VBV

# Lavenergi-etageboliger

- Muligheder:
  - Udnyttelse af kompakt bygningsgeometri
  - Regulering af solindfald (udvendigt med automatisk / manuel betjening)

# Lavenergi-etageboliger

- Barrierer:
  - Udlejningsboliger – ejere har svagt incitament til at tænke lavenergi
  - Interaktion mellem boligenheder (temperatur, ventilation mv.)

# Lavenergi-etageboliger

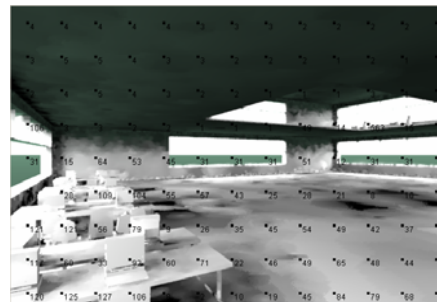
- Konkrete aktiviteter:
  - Som for enfamiliehuse.

# LavEByg

Højteknologisk netværk vedrørende integrerede lavenergiløsninger på bygningsområdet

Strategi:

Lavenergi-kontorer, skoler,  
institutioner og andre bygninger



Torsdag den 29. Juni 2006 på BYG.DTU

# Bygningstyper

- Kontorer
- Skoler
- Institutioner (dag- og døgninstitutioner)
- Andre bygninger
  - Industri
  - Landbrug
  - Haller
  - Sygehuse
  - Museer, teatre o.l.

# Kontorer - kendetegn

- Normalt ikke standardbyggeri
- Typisk etagebyggeri
- Konstruktioner: betonelementer, betonsandwich, glasbånd/-facader
- Ingen krav om mekanisk ventilation
- Store varmetilskud internt og fra solindfald
- Store krav til temperaturniveauer pga mindre fleksibilitet mht påklædning
- Typisk behov for køling trods brug af aktive og/eller passive solafskærmende løsninger
- Projekteres ofte af større tværfaglige designteam

# Skoler og institutioner - kendetegn

- Skoler:
  - I særdeleshed ikke standardbyggeri
  - Opføres typisk i få etager
  - Som udgangspunkt krav om mekanisk ventilation
  - Stor fokus på indeklima og ventilation aht. motivation, koncentration og indlæring
- Institutioner:
  - Opføres af praktiske grunde typisk i én etage
  - Krav om mekanisk ventilation (opholdsrum)

# Andre bygninger - kendetegn

- Primært Industribygninger
- De øvrige bygningstyper opføres i lille antal
- Bygningenergiforbruget vedrører særligt VBV, belysning, ventilation
- Industribygninger - bygningshøje sandwichelem.

# Lavenergi-kontorer

- Behov 1:
  - Helhedsorienteret designproces (Integreret “partnering”)
  - Totaløkonomi i projekteringsfasen - over f.eks. 10 år
  - Commissioning
  - Udnyttelse af naturlig køling og energieffektiv mekanisk ventilation
  - Naturlig eller hybrid ventilation med varmegenvinding med fokus på ventilationsrate
  - Mere fokus på reelle ventilationsbehov mm. og anlæg der tilpasser sig behovet
  - Bedre styring af kunstlys og ventilation
  - Avanceret og integreret styring af varmetilskud og køling med simple brugerflader
  - Så vidt muligt undgå køling ved passive tiltag
  - Bearbejdning af kuldebroer, herunder i relation til bærende konstruktioner

# Lavenergi-kontorer

- Behov 2:
  - Hensyntagen til fleksibilitet i anvendelsen
  - Fokus på individuel styring (aht. tilfredshed)
  - Bedre værktøjer/programmer vedr. Integreret design, dobbeltfacader mv. – gode til formidling
  - Analyser af intern varme/kulde-fordeling og løsninger
  - Dagslys vs. begrænsning af transpararente arealer, dybere rum og tykkere facader
  - Effektive og driftssikre udvendige solafskærmninger (vedligeholdelseskontrakt)

# Lavenergi-kontorer

- Muligheder:
  - Personlig ventilation (behov, materialer)
  - Solceller til solafskærmning
  - Færre forureningskilder=reduceret ventilation
  - Bygningsintegrerede varme- og ventilationssystemer
  - Integration med boliger

# Lavenergi-kontorer

- Barrierer:
  - Den integrerede designproces – prioriteres ikke altid af alle parter, hvilket er nødvendigt
  - Store glasarealer-/facader – image og signalværdi
  - Dagslys er typisk dimensioneringsgivende mht bygningsform

# Lavenergi-kontorer

- Konkrete aktiviteter:
  - Udannelse i integreret design af alle parter
  - Demonstration af integreret design proces (forskellige byggerier, evaluering)
  - Udvikling af beregningsprogrammer til skitsering og visualisering i den tidlige designfase
  - Nye typer kølesystemer med belysning af indeklimaproblemer ifb. jordkøling/-forvarmning af ventilationsluft
  - Bygningsintegreret køle/varme lagring
  - Energirigtige facader

# Lavenergi-skoler og institutioner

- Behov:
  - Bedre indeklima med energieffektiv ventilation og tilstrækkelig varmegenvinding uden køling
  - Bedre produkter, projektering, drift og vedligehold vedr. ventilationsanlæg
  - Dagslys vs. kunstig belysning
  - Formidling og brug af eksisterende løsninger (fordele og ulemper)

# Lavenergi - øvrige bygninger

- Behov:
  - Opvarmede lager/industrihaller – er de overset energimæssigt?
  - Gode energimæssige løsninger til haller (benyttes fleksibelt)

# Lavenergibygninger – Generelt

## Konkrete aktiviteter:

- Udvikling af metode og program til totalberegning, måling og drift af bygninger
- Nyt system til løsning af byggebranchens F&U-behov
  - Fælles fond, bygherrebetalt
- Anvisninger på detaljer i udførelsen af lave. løsninger
- Videreudv. og demonstr. af energispareprismetode
- Principper for lavenergibygningers udformning
- Lufttæt klimaskærm - metoder og standardløsninger