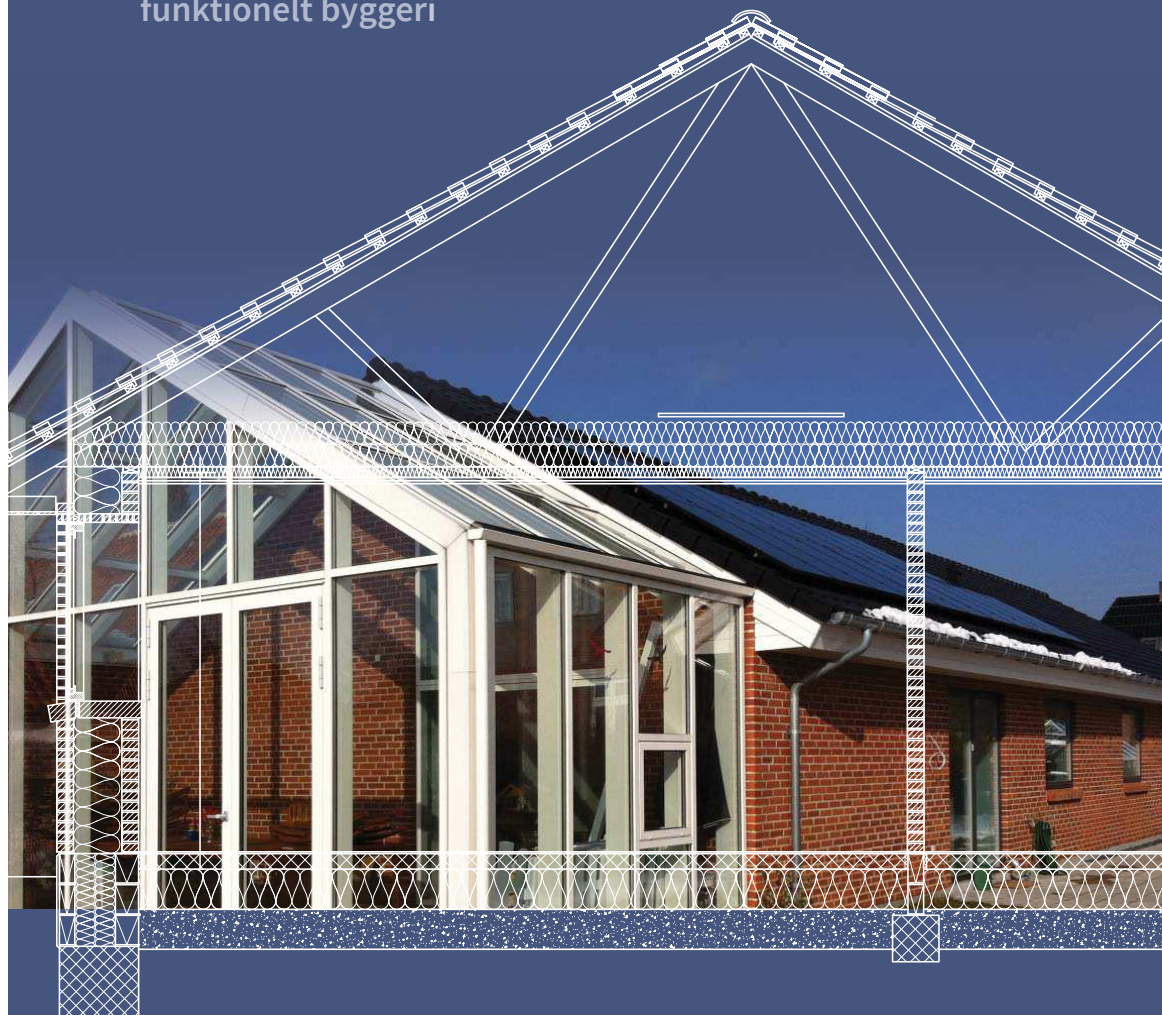


ENERGI- OG MILJØRIGTIGT BYGGERI I PRAKSIS

– fra planlægning til færdigt,
funktionelt byggeri



INDHOLD

Energi, miljø og indeklime · 3

Indledende overvejelser · 5

Valg af husentreprenør · 8

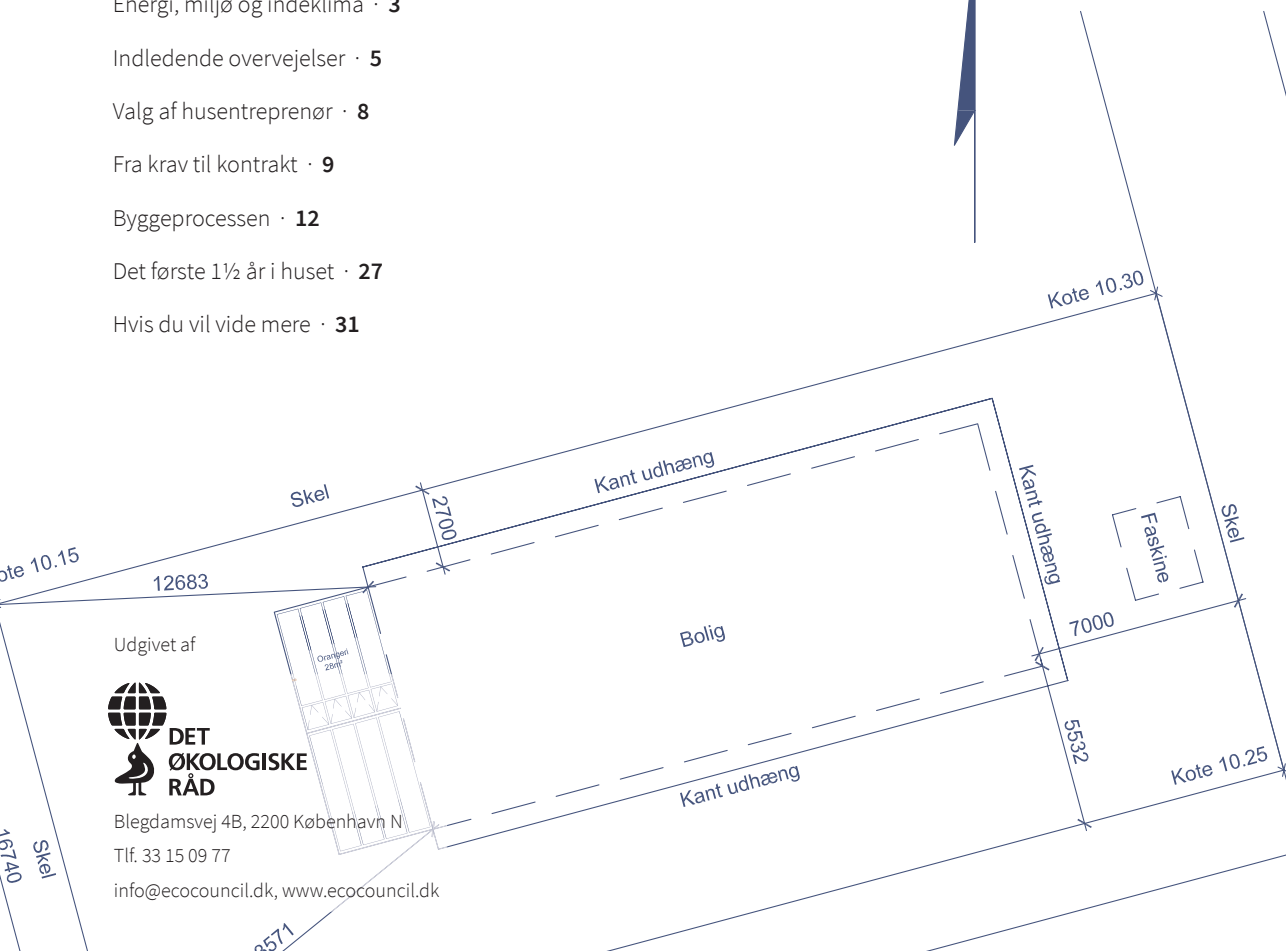
Fra krav til kontrakt · 9

Byggeprocessen · 12

Det første 1½ år i huset · 27

Hvis du vil vide mere · 31

N



Udgivet af



Blegdamsvej 4B, 2200 København N

Tlf. 33 15 09 77

info@ecocouncil.dk, www.ecocouncil.dk



ISBN: 978-87-92044-49-5

Tekst: Kåre Press-Kristensen, Det Økologiske Råd.

Layout: DesignKonsortiet, Hanne Koch.

Tryk: Svanemærket, KLS

Udgave: 1. udgave, 1. oplag, Maj 2013.

Hæftet og den tilknyttede film kan læses og downloades fra

Det Økologiske Råds hjemmeside:

www.ecocouncil.dk under *Byggeri og bolig*.

Hæftet er gratis og kan bestilles hos Det Økologiske Råd mod betaling af porto og ekspedition.

Citering, kopiering og øvrig anvendelse af hæftet er meget ønskelig og kan frit foretages med angivelse af kilde.

Hæftet er støttet af COWIfonden, Energifonden og Ministeriet for Børn og Undervisning (Tips- og lottomidlerne).

ENERGI, MILJØ OG INDEKLIMA

Boligmassen står for en væsentlig del af landets energi- og ressourceforbrug og udgør en markant miljøbelastning. I den enkelte bolig kan radon, kemikalier og brænderøg samtidig give sundhedsskadelig forurening af indeklimaet. Ved nybyggeri og ved energi- og miljørenovering af eksisterende boliger bør alle disse forhold nøje overvejes.

De danske boliger bruger knap 200 PJ energi årligt. Omkring 85 % bruges til opvarmning og varmt vand, og omkring 15 % til elapparater. Boligerne står derved for næsten en tredjedel af landets samlede energiforbrug (inkl. transportsektoren). Særlig enfamiliehuse bidrager til energiforbruget og den dertil tilknyttede luftforurening (Boks 1).

Omkring 65 % af vandet fra landets vandværker bruges i boligerne. En gennemsnitlig dansker bruger omkring 40.000 liter drikkevand årligt, dvs. ca. 110 liter dagligt. Kun omkring 1 % af vandet drikkes, mens hele 25-30 % af drikkevandet hældes direkte i toiletet som toiletskyl. Særligt på Sjælland og omkring landets større byer på Fyn og i Jylland ligger vandindvindingen på et niveau, der ikke er bæredygtigt.

På et typisk parcelhus med carport falder årligt omkring 100 m³ regn. I mange ældre byer ledes dette forholdsvis rene tagvand forsat direkte til kloaksystemet. Renseanlæggene skal derved bruge energi på at rense store mængder rimelig rent tagvand. Under skybrud er tagvandet med til at overbelaste kloaksystemet og renseanlæg, så kældre, vejarealer og naturen oversvømmes med spildevand.

Radon er en radioaktiv luftart, der trænger ind i boliger gennem utætheder i fundamentet. Radon er ansvarlig for halvdelen af den samlede radioaktive bestråling af den danske befolkning. Radon er den næsthøypigste årsag til lungekræft efter rygning. Hos børn øger radon risikoen for akut leukæmi. De sidste 10 års målinger viser, at grænseværdien for radon overskrides i mange ældre villaer, men også i nye villaer ses overskridelser pga. sjusk med radonsikring og utætheder i fundamentet.

Afdampning af kemikalier i boliger er et problem, der får stigende opmærksomhed. Da vi opholder os størstedelen af vores liv i bygninger og særligt i boligen

Rent drikkevand hældes direkte i toiletet.

BOKS 1 | Knap 75 % af boligernes el- og varmekonsum sker i enfamiliehuse, der udgør 60 % af boligmassen. Fjernvarme dækker ca. 25 % af energiforbruget i enfamiliehuse mod ca. 70 % i etagebyggeri. Enfamiliehuse står for henholdsvis 90 % og 85 % af boligernes samlede olie- og gasforbrug og dominerer boligernes andel af det samlede danske CO₂-udslip, hvoraf i alt ca. 15 % stammer fra energiforbruget i boliger. Enfamiliehuse står ligeledes for over 99 % af den danske brændefyring og dominerer derfor den nationale udledning af en række sundhedsskadelige stoffer herunder ca. 55 % af dioxinudslippet, 60 % af sodudslippet, 70 % af partikeludslippet og 80 % af tjærestofudslippet.





Fra skrot til energi- og miljørigtigt slot.



er det vigtig, at luften er ren. Særlig i nyopførte boliger kan kemikalieafdampning fra maling, køkkenelementer, gulv m.v. give markant luftforurening.

Sundhedsskadelig røg fra brændeovne forurener primært udendørs, men kan ligeledes forurene stueluften. Risikoen for dette øges ved mekanisk ventilation, der direkte kan modarbejde skorstenstrækket og sugе røgen ud i stuen. Ligeledes kan røgen fra huset eller naboejendomme suges ind gennem den mekaniske ventilation og forurene indeklimaet.

Mange byggematerialer indeholder miljøskadelige stoffer og byggeaffald kan udgøre et væsentligt miljøproblem, hvis det ikke håndteres korrekt. Ligeledes ses forsat brug af træ, der stammer fra illegal skovhugst i ulande.

Både ved nybyggeri og ved energi- og miljørenovering af eksisterende boliger kan der opnås store energi- og ressourcebesparelser samtidig med, at miljøbelastningen nedbringes og indeklimaet forbedres. Men det kræver planlægning og oftest en vedholdende bygherre at høste disse gevinster. Særligt i forbindelse med mindre byggerier, hvor bygherren ofte er en privatperson uden fagligt overblik, og byggetilsyn/rådgiver sjældent har afsat de fornødne ressourcer til en forudgående analyse og løbende opfølgning under byggeprocessen.

Dette hæfte omhandler opførelse og brug af et nyt parcelhus i 2011 med hovedfokus på en god stor familiebolig, energi- og ressourcebesparelser, minimering af boligens miljøbelastning og et sundt indeklima. Hæftet følger en families husbyggeri fra planlægningsfasen gennem byggefasen og frem til erfaringerne fra familiens første år i huset. Til hæftet er knyttet en lille inspirerende film, der viser faser i byggeprocessen og ikke mindst det færdige byggeri. Filmen findes på www.ecocouncil.dk under Byggeri og bolig.

Selv om hæftet omhandler nybyggeri af et parcelhus, er det meste af hæftet relevant i forbindelse med opførelse af etagebyggeri og ved renovering af eksisterende boliger.

Hæftet retter sig imod undervisningsinstitutioner (HTX, tekniske skoler, ingeniørhøjskoler m.v.), byggeriets parter (særlig private bygherrer, byggetilsyn/rådgivere, håndværkere og typehusfirmaer) og bygningssagkyndige i kommunerne. Men det kan også anvendes af folk, der overvejer renovering af boligen: Husejere, boligorganisationer, ejendomsmestre m.v. Undervisningsinstitutioner kan finde en undervisningsvejledning til og billederne fra hæftet på www.ecocouncil.dk under Byggeri og bolig.

INDLEDENDE OVERVEJELSER

Efter at Kåre Press-Kristensen og Rikke Bøgebo samt døtrene Agnete og Vera havde kigget på hus et par år, indså familien, at deres drøm om en energi- og miljørigtig bolig med et sundt indeklima kun kunne realiseres ved at starte på en frisk. Familien købte derfor et gammelt hus i foråret 2010 med henblik på nedrivning og nybyggeri på grunden.

Familien havde – udover krav til husets indretning - tre grundlæggende krav til deres nye hus:

1. Lavt ressourceforbrug.
2. Minimal miljøbelastning.
3. Sundt og behageligt indeklima.

Disse krav blev nøje indtænkt allerede i husets designfase, så de efterfølgende kunne indføres som specifikationer i selve byggekontrakten.

Lavt ressourceforbrug

Forbruget af varme, el og vand skulle minimeres.

Da huset skulle bygges i København var fjernvarme det oplagte valg til at minimere forbruget af ressourcer. Fjernvarme i København er nemlig primært spildvarme fra elproduktion og affalds- samt slam-

forbrænding. Det blev samtidig besluttet at maksimere udnyttelsen af passiv solvarme og at designe varmtvandsystemet med mulighed for solvarme. Elforbruget skulle dækkes af solceller.

Energikravet var netop strammet i bygningsreglementet 2010 forud for opførelsen i 2011. Men for at minimere varmemeforbruget yderligere besluttede familien at bygge et hus med lavere energiforbrug og derved opfylde lavenergiklasse 2015 (Boks 2). Ligeledes besluttede familien, at kravet skulle opfyldes uden at medregne elproduktion fra solcellerne. Egenproduktion af vedvarende energi fra solceller (varmepumper m.v.) fratrækkes nemlig ved beregning af husets energiramme og fører derved til, at huset blot isoleres dårligere. Samtidig besluttede familien, at husets tæthed og isolering skulle dokumenteres ved trykprøvning og termografering. Endelig blev besluttet, at ventilationsanlægget med varmegenindvindning skulle have højst mulig effektivitet.

Familien valgte de mest energirigtige hårde hvidevarer til køkken og bryggers og det mest energieffektive ventilationsanlæg samt en energieffektiv Alpha 2

BOKS 2 | Bygningsreglementet 2010 :

Bygningens samlede behov for tilført energi til opvarmning, ventilation, køling og varmt brugsvand pr. m² opvarmet etageareal må højst være: (52,5+1.650/A) kWh/m² pr. år, hvor A er det opvarmede etageareal. Desuden må luftskiftet gennem utætheder i klimaskærmen ikke overstige 1,5 l/s pr. m² opvarmet etageareal ved trykprøvning med 50 Pa.

Lavenergiklasse 2015 (forventet krav pr. 1/1 2015):

Bygningens samlede behov for tilført energi til opvarmning, ventilation, køling og varmt brugsvand pr. m² opvarmet etageareal må højst være: (30 + 1.000/A) kWh/m² pr. år, hvor A er det opvarmede etageareal. Desuden må luftskiftet gennem utætheder i klimaskærmen ikke overstige 1 l/s pr. m² opvarmet etageareal ved trykprøvning med 50 Pa.

Bygningsklasse 2020 (forventet krav pr. 1/1 2020):

En bygning kan klassificeres som en bygningsklasse 2020, når det samlede behov for tilført energi til opvarmning, ventilation, køling og varmt brugsvand pr. m² opvarmet etageareal ikke overstiger 20 kWh pr. år.

Generelt:

Tilført elforbrug ganges med faktor 2,5. Ligeledes vil fjernvarme fremover skulle ganges med en lav faktor. Samtidig stilles krav til varmetab fra komponenter og elforbrug til ventilation og varme.

cirkulationspumpe til gulvvarme for at reducere el-forbruget. Der blev stillet krav til mindste bøjningsradius i ventilationskanalerne for at minimere modstanden og dermed reducere el-forbruget til ventilation. For yderligere at spare el til ventilation blev det besluttet, at ventilationen i sommerhalvåret skulle kunne klares med naturlig ventilation gennem friskluftventiler i vinduer og døre samt via et centralt ovenlysvindue.

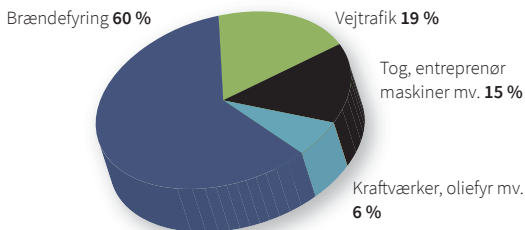
Vandforbruget skulle minimeres ved at vælge toiletter, vaskemaskine og opvaskemaskine med de lavest mulige vandforbrug. Forbruget af drikkevand skulle reduceres yderligere ved at bruge regnvand fra et regnvandsanlæg til toiletskyl og vaskemaskine samt regnvand fra regnvandstønder til havevandning.

Minimal miljøbelastning

Klimabelastningen og den sundhedsskadelige luftforurening samt miljøbelastningen fra regnvand og byggematerialer skulle minimeres.

Klimabelastningen og den sundhedsskadelige luftforurening blev minimeret ved valg af fjernvarme, der

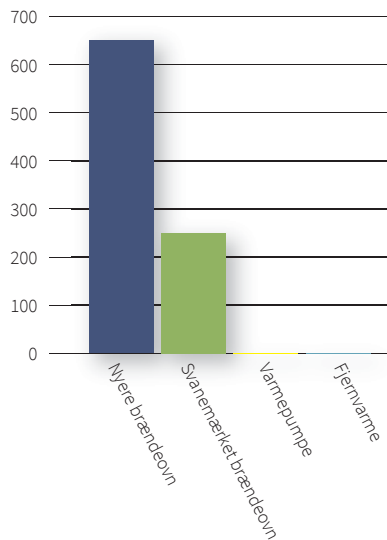
Danske udslip af sodpartikler



forventes fuldt ud CO₂-neutral inden år 2035. Brændefyring blev fravalgt som supplerende energikilde pga. den væsentlige luftforurening med sundhedsskadelige stoffer og sod, der er en signifikant kilde til is-afsmeltningen i Arktis og til global opvarmning (Figur 1). Det er meget mere miljø- og energirigtigt at afbrænde træet på kraftvarmeværkerne.

Alt overskydende tagvand skulle nedsives i haven og blive til nyt grundvand frem for at være en belastning for kloaksystemet. Brugen af miljøskadelige byggematerialer skulle minimeres, ligesom familien ville undgå træ fra illegal skovhugst og endelig skulle byggeaffaldet sorteres og håndteres miljørigtigt.

Forurening fra energikilder (g partikler per GJ)



Figur 1: Brændefyring er den dominerende danske forureningskilde til sundhedsskadelige partikler og klimaskadelig sod.

BOKS 3 | Et svanemærket hus:

- Er bygget af miljørigtige materialer, der indeholder få miljø- og sundhedsskadelige stoffer
- Har en gennemtænkt drifts- og vedligeholdelsesplan, der gør det let at vedligeholde huset
- Er energibesparende og har lav klimapåvirkning
- Har et godt indeklima
- Er af høj kvalitet

Læs mere på: www.ecolabel.dk.

Sundt og behageligt indeklima

Indholdet af sundhedsskadelige stoffer i husets luft skulle reduceres samtidig med, at det skulle være behageligt at opholde sig i huset hele året.

Ud over den obligatoriske radonsikring med radonmembran blev det besluttet at etablere et radonrør fra det kapillarbrydende lag under huset og lodret op til over tag. Hvis indholdet af radon viste sig at være for højt i huset, så kunne der efterfølgende laves aktiv ventilering og derved udluftning af radon direkte gennem radonrøret. Forventningen var dog at den mekaniske ventilation ville udskifte luften hurtigt i vinterhalvåret, hvor radonindholdet er højest, og derved også bidrage til en lav radonkoncentration.

Kemikalieafdampning fra byggematerialer blev minimeret ved at beslutte, at huset skulle være miljømærket med det nordiske miljømærke svanen, der bl.a. begrænser brugen af byggematerialer med miljø- og sundhedsskadelige kemikalier. Samtidig stiller svanemærket en række andre krav, som harmonerer fint med familiens øvrige krav til huset (Boks 3). Det blev ligeledes besluttet at lade den mekaniske ventilation køre for fuld kraft de første 6-8 måneder for at udlufte resterende byggefugt, hvilket samtidig ville få eventuelt afdampede kemikalier ud af huset.

Forurening af indeklimaet med røg fra brændefyring blev undgået ved fravalg af brændeovn.

Familien havde lidt under heftige skimmelsvampeangreb i deres tidligere bolig og var derfor meget fokuseret på, at luftfugtigheden skulle være lav for at få et behageligt indeklima. Samtidig var der særligt fokus på, at overophedning i sommerhalvåret skulle undgås. Dette kunne gøres via murede (tunge) yder- og indervægskonstruktioner, som udligner temperatursvingningerne. I stuen (der har loft til kip) blev placeret et ovenlysvindue, der ud over godt dagslys, sikrer hurtig skorstensvirkning og derved god ventilation i de varmeste sommerperioder. Endelig blev lavet 80 cm tagudhæng for at skærme for den højtstående sommerson og derved minimere passiv solvarme i sommermånederne, men tillade passiv solvarme fra den lavtstående sol i vinterhalvåret.

VALG AF HUSENTREPRENØR

Ud fra de indledende overvejelser blev opstillet en overordnet liste med konkrete energi- og miljøkrav til byggeriet med henblik på hurtigt at identificere husentreprenører med interesse for energi- og miljørigtigt byggeri. Samtidig blev lavet en detaljeret tjekliste med kvantitative specifikationer, der senere skulle indgå i selve byggekontrakten.

Overordnede energi og miljøkrav til huset:

1. Svanemærket
2. Lavenergiklasse 2015
3. Fjernvarmeforsynet
4. Ekstra radonsikring
5. Regnvandsanlæg

På grundlag af kravene skrev familien til 8 af landets store typehusfirmaer. Kun halvdelen besvarede henvendelsen til trods for, at byggebranchen akut manglede ordrer på grund af finanskrisen. Der blev taget kontakt til de firmaer, som ikke besvarede henvendelsen. Det viste sig, at ingen af disse firmaer havde interesse i at levere lavenergiklasse 2015 huse (i dag er det nærmest standard).

Ved nærmere gennemgang af de indkomne svar viste det sig hurtigt, at kun to firmaer havde erfaring med at bygge energi- og miljørigtigt. Efter indledende møder med disse to virksomheder blev den ene sorteret fra, da sælgerens hovedfokus på mødet var centralstøvsugere og master-soveværelser, og fordi sælgeren ikke var i stand til at besvare helt basale energi- og miljøfaglige spørgsmål.

Efterfølgende blev holdt en række møder med det tilbageværende typehusfirma. Men også her opstod problemer. For det første kunne firmaet ikke oplyse, hvad det energi- og miljørigtige byggeri ville koste, og

firmaet ville som udgangspunkt først beregne prisen, når familien havde skrevet under på en byggeaftale. For det andet begyndte sælgeren at fremhæve, at det slet ikke kunne betale sig at bygge lavenergiklasse 2015 med regnvandsanlæg. Sælgeren sagde lige ud, at det var tåbeligt, da det ikke var et lovkrav. I stedet ville sælgeren tilbyde familien et møde med en materialerådgiver, der kunne hjælpe med at vælge de helt rigtige håndtag til køkkenlågene. Til sidst

måtte familien derfor også droppe denne husentreprenør.

Det var tydeligt, at typehusfirmaerne normalt sælger huse på alt det, der kan ses. Dvs. badeværelser, køkkener, master-soveværelser m.v. Ressourceforbruget, miljøbelastningen og et sundt og behageligt indeklima indgår enten slet ikke eller i meget ringe grad i en traditionel

købsbeslutning og er derfor heller ikke et salgsargument. Dette er en væsentlig problemstilling, da nye huse ofte har en levetid på over 100 år, hvorfor det er vigtigt, at de er designet korrekt og fremtidssikret mht. ressourceforbrug, miljøbelastning og indeklima.

Familien tog nu fat i nogle af de mindre husentreprenører, der byggede skræddersyede huse. Hos den lille jyske virksomhed Tonsberg Byg var ikke stor erfaring med energi- og miljørigtigt byggeri. Til gengæld var der meget stor interesse i at opnå denne erfaring. Derfor besluttede familien at indgå en aftale med Tonsberg Byg, selv om det fra start var åbenlyst, at familien derved selv måtte bistå med faglig assistance. Som miljøingeniør med et stort fagligt netværk følte Kåre Press-Kristensen sig dog klædt på til dette. Fordelen var samtidig, at alle muligheder som udgangspunkt var åbne, hvorved familiens ønske om en energi- og miljørigtig bolig pludselig var indenfor rækkevidde.

Det er åbenlyst, at dyre samtalekøkkener for-sat sælger meget bedre end ekstra isolering og regnvand i toiletet. Det er derfor boligmassens ressourceforbrug og miljøbelastning er så høj.

Kåre Press-Kristensen, miljøingeniør.

FRA KRAV TIL KONTRAKT

Den detaljerede tjekliste blev brugt som udgangspunkt for byggekontrakten med Tonsberg Byg. Tabel 1 og 2 viser de krav, der skulle sikre det energi- og miljørigtige byggeri. Solcelleanlægget blev ikke

en del af selve byggekontrakten, men blev i stedet leveret fra anden side. For at spare el til udtørring i byggefasen blev aftalt, at udtørring skulle ske efter lukning af bygningen.

Tabel 1: Energi- og miljøkrav til byggeriet

Energiforsyning	Varme	Fjernvarme (med varmvandsystem forberedt til solvarme) Energieffektiv Alpha 2 cirkulationspumpe (behovstyret) Vinter: Passiv solvarme via udestue og 80 cm tagudhæng
	El	Solceller: 4 kW solcelleanlæg mod syd
Energiklasse	Lavenergiklasse 2015	Uden medregning af elproduktion fra solceller Dokumenteret via BE10-beregning og termografering
Ventilation	Vinter: Mekanisk	Med varmegenindvinding på min. 90 % og lavt elforbrug Størst mulig kanalbøjningsradius
	Sommer: Naturlig	Via friskluftventiler i døre og vinduer samt ovenlys Via ventilationskanaler til det fri i badeværelser
Tæthed	Max. 0,5 l/s pr. m ² (50 Pa)	Dokumenteret via trykprøvning (både over- og undertryk) Krav for at få udbetalt tømerraten
Elforbrug	Nye hårde hvidevarer	Minimum A+ (eller det bedste på markedet)
Vandforbrug	Minimering	Toilet, vaske- og opvaskemaskine med mindst vandforbrug Regnvand fra regnvandstønder til havevanding Regnvand fra regnvandsanlæg til toiletter/vaskemaskine
Vandafledning	Overskydende regn	Overskydende regnvand nedsives i faskine Dimensionering af faskine godkendes af bygherre
Indeklima	Radonsikring	Radonrør foruden den obligatoriske radonsikring
	Fugt og overophedning	Hurtigt luftsifte via mekanisk og naturlig ventilation Tunge (murede) vægge til at udligne temperaturforskelle
Miljømærkning	Svanemærket	Miljøkrav til byggematerialer, sortering af byggeaffald m.v. Krav for at få udbetalt færdigraten

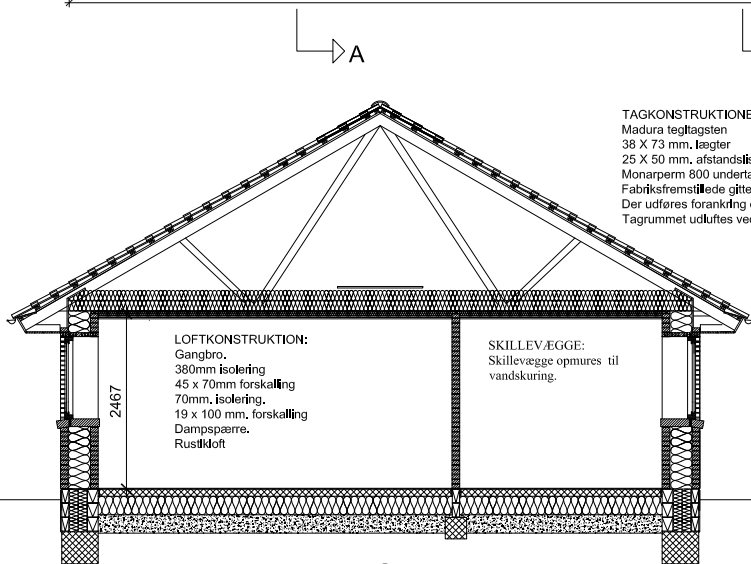
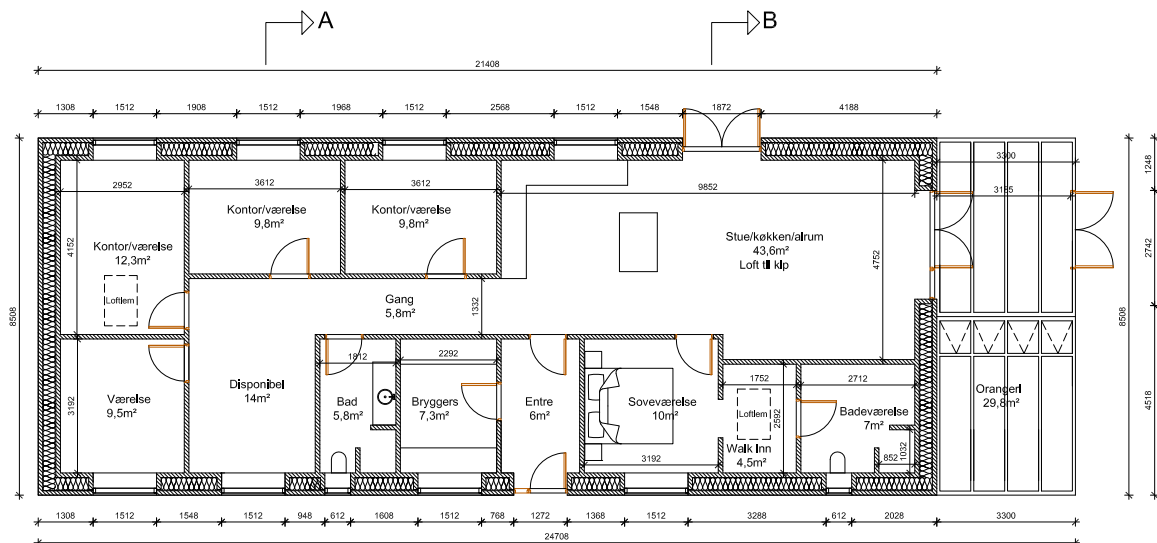
Tabel 2: Specifikke krav til klimaskærmen

Randfundament	Lecablokke, 250 mm terrænbatte, 20 mm polystyren	Linjetab: $\leq 0,12 \text{ W/m} \cdot \text{K}$
Terrændæk	260 mm letklinker og 260 mm A terrænbatte ^{a)}	U-værdi: $\leq 0,09 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$
Ydervægge	300 mm A murbatte	U-værdi: $\leq 0,11 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$
Vinduer/yderdøre	Super lavenergiruder med 3 lag glas	U-værdi: $\leq 0,9 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$
	30 mm kantisolering med murbatte ^{b)}	Linjetab: $\leq 0,03 \text{ W/m} \cdot \text{K}$
Tagkonstruktion	450 mm mineraluld	U-værdi: $\leq 0,09 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$

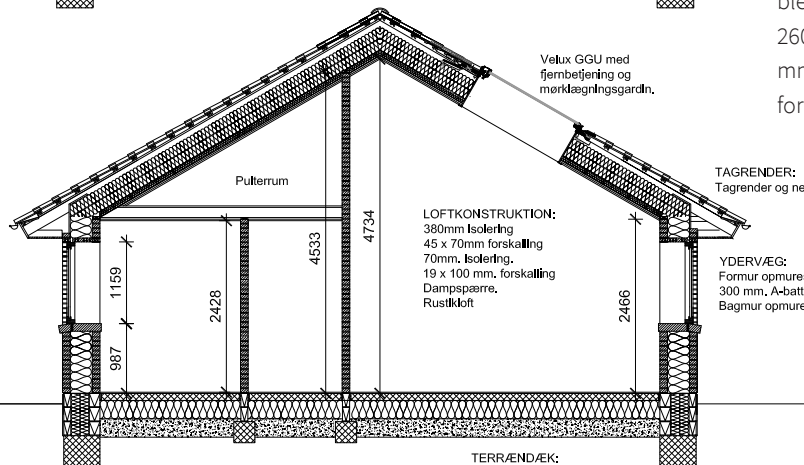
U-værdien er et mål for varmetab gennem gulve, vægge, tag, vinduer og yderdøre regnet pr. m² klimaskærm.

Linjetabet er et mål for varmetab i linjen rundt om vinduer, døre og fundament regnet pr. løbende meter.

- Under byggeriet blev de 260 mm letklinker dog erstattet af ekstra 260 mm A terrænbatte af energihensyn.
- Under byggeriet blev de 30 mm kantisolering erstattet af 50 mm kantisolering af energihensyn.



TAGKONSTRUKTIONEN:
 Madura tegltagsten
 38 X 73 mm, lægter
 25 X 50 mm, afstandslist
 Monarperm 800 undertag
 Fabriksfremstillede gitterspær.
 Der udføres forankring efter SBI 186
 Tagrummet udluftes ved tagfod.



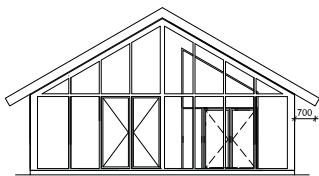
TAGRENDER:
 Tagrender og nedløb udføres i galv. stål.

YDERVÆG:
 Formur opmures i massiv tegl,
 300 mm, A-batts kl. 39,
 Bagmur opmures til vandskuring.

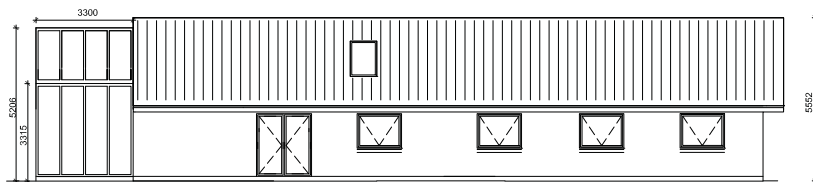
Ovenfor ses en plantegning af huset og ved siden af et snit fra begge ender af huset. Bemærk at den ene del af huset (snit A-A) er med gitterspær og uopvarmet loftrum, mens den anden del af huset (snit B-B) er med loft til kip kombineret med opvarmet loftrum. I terrændækket blev dog besluttet at erstatte de 260 mm letklinker med ekstra 260 mm A terrænbatts for yderligere at forbedre isoleringen.

FUNDAMENT:
 3 rækker lecablokke med 2 x 125mm terrænbatts imellem
 20 mm kanisolering
 Betonstyrke og armering iflg. ingenor beregning
 Radonspærre Int, BR10

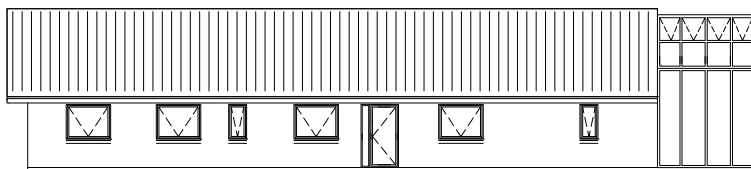
TERRÆNDÆK:
 100 mm, flydebeton
 260mm terrænbatts
 260mm letklinker
 iflgt rionet opløst for gulvarme
 Radonspærre iht, BR10



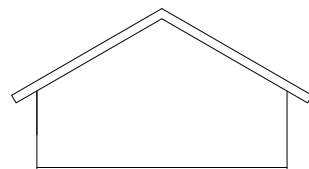
Gavl syd/vest



Facade syd



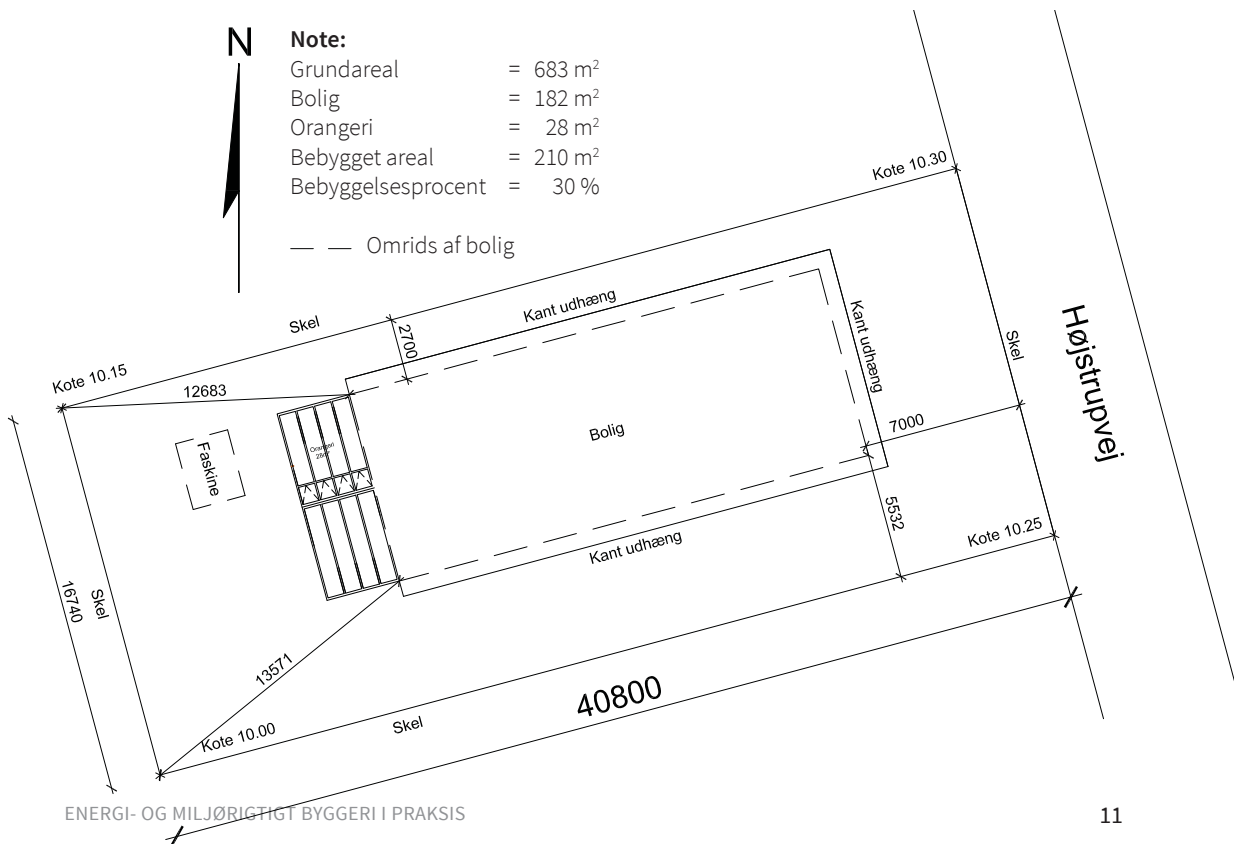
Facade nord



Gavl nord/øst

Ovenfor ses facadetegninger og nedenfor en situationsplan for byggeriet, som er de tegninger, kommunen skal have i forbindelse med at give byggetilladelse til simpelt byggeri (fritliggende enfamiliehuse).

 TONSBERG BYG A/S		RINGKØBINGVEJ 39 - 7620 LEMVIG TLF.: 9781 1144 - FAX: 9781 1145	
		SAG: Nyt enfamiliehus Højstrupvej 85 2700 Brønshøj	BYGNL: Kåre Press-Kristensen & Rikke Bøgebo Buskager 4, 2 th. 2720 Vanløse
DATO: 04.03.2011	MAL: 1:100	KONTROL:	GODKENDT:
TEGNET AF: JK	MATRIKEL NR.: Matr. nr. 11a, Husum, København		SAG. NR.:



BYGGEPROCESSEN

Nedrivningen af det eksisterende hus på byggegrunden startede i marts 2011 og det nye hus stod færdigt ultimo september 2011. På kun to dage blev det gamle hus revet ned og byggeaffaldet kørt til sortering. Murværk, beton og glas blev nedknust til stabilgrus og genbrugt. Træ og andet brændbart blev brændt og derved nyttiggjort til el- og varme-produktion. Olieanken blev kørt til metalskrot sammen med det øvrige metalaffald og derved genbrugt. Derefter blev der hurtigt udgravet til det nye hus. Det

var tydeligt, at undergrunden bestod af ler. Bunden af udgravningen blev derefter fyldt med ca. 1 meter stabilgrus.

- 1 Huset blev revet ned og kørt til genbrug på 2 dage.
- 2 Udgravningen til det nye hus blottede ren ler.
- 3 I bunden af udgravningen blev lagt 1 m stabilgrus.



2



1



3

Fundament

Randfundamentet blev understøbt og muret af lecablokke. Mellem lecablokkene i randfundamentet blev isoleret med terrænbatts, hvorefter fundamentet blev overdækket med sort radonmembran. Dette

var dels for at undgå regn og derved fugt i isoleringen og dels for senere at standse opstigende radon. Fundamentkanten blev yderligere isoleret med 20 mm hvidt polystyrenskum.



1

- 1 Randfundamentet blev understøbt og opbygget af lecablokke.
- 2 Fundamentkanten blev yderligere isoleret med hvidt polystyrenskum.





1



2



3

- 1 Radonmembranen udlægges så den overlapper med randfundamentet.
- 2 Cykelhelmen bliver lille ved siden af 520 mm terrænbatts.
- 3 Gulvvarmeslangerne blev udlagt oven på armeringsnettet.

Terrændæk med radonmembran

Oven på stabilgruset blev udlagt et kapillarbrydende lag bestående af ca. 20 cm småsten (singels) for at undgå fugtopsugning i fundamentet. Derpå blev der lagt 520 mm terrænbatts. Der blev udlagt en radonmembran langs kanten af dækket, der blev foldet forsigtigt op om radonmembranen over randfundamentet. Den blev holdt helt tæt ind til fundamentet af en tynd polystyrenplade, som yderligere isolerede

mod randfundamentet. Overlappet mellem radonmembranerne skulle derved minimere opstigende radon og sikre, at evt. opstigende radon havner i den ventilerede ydermur og derved udluftes til det fri. Direkte ovenpå terrænbatts blev udlagt slanger til gulvvarme på et metalnet, der holdt gulvslangerne i den rette højde i betonen, for at sikre en effektiv varmeafgivelse. Samtidig fungerer metalnettet som armering.



Da dækket var støbt, var radonmembranen blottet og derved i reel fare for at blive ødelagt under det videre byggearbejde, hvilket ville ødelægge radon-sikringen. Denne udfordring blev drøftet med entreprenøren, der derefter tildækkede radonmembranen. I teknikrummet, hvor rør til varme, vand og el indføres (billede til højre) blev der placeret et radonrør (orange rør), der gik ned i det kapillarbrydende lag under huset (og senere blev forlænget til taget). Denne placering blev valgt både af æstetiske grunde og også for at kompensere for, at der netop ikke var radonmembran under huset på dette sted.

- 1 Efter støbning af dækket er den følsomme radonmembran blottet ved alle væggene .
- 2 Radonmembranen blev beskyttet ved tildækning.
- 3 Ved rørindføringerne er det ikke muligt at lave radonmembran.

Ydervægge

Først blev indervæggene muret. Derefter blev ydervæggene muret og isoleret (300 mm murbatts).

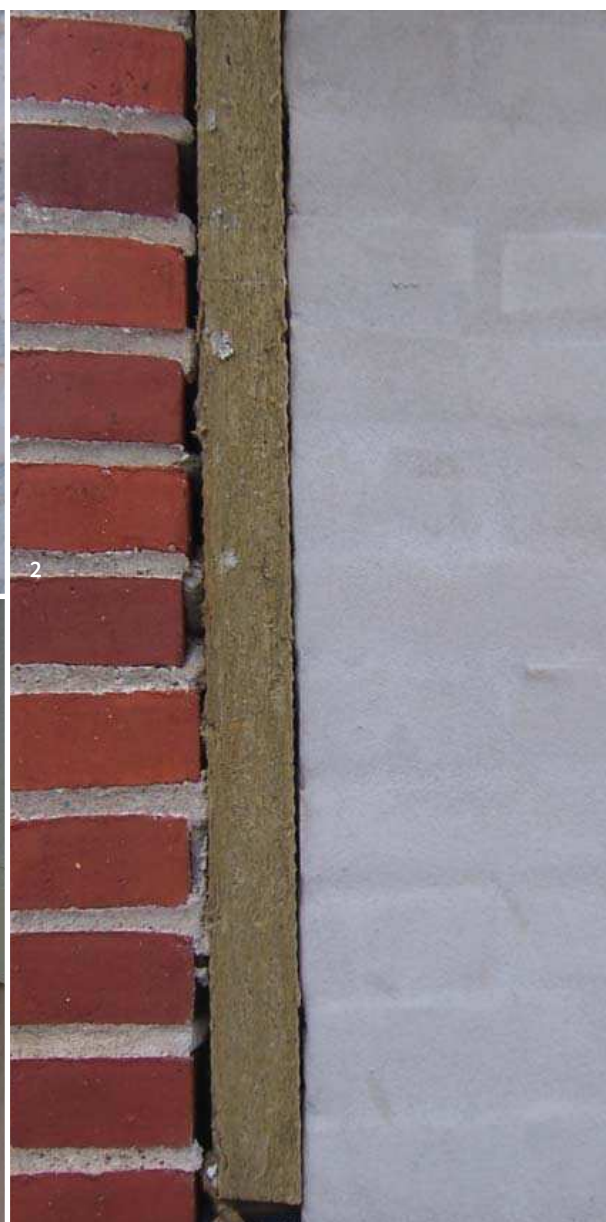
1 - 6 Murene blev muret, isoleret og løbende overdækket mod regn.



Vinduer og yderdøre

Der er brug for 30 mm mineraluld for at opnå det lave linjetabet omkring vinduer og døre. Men da der ikke var noget i vejen for at lave 50 mm isolering, så blev dette aftalt på byggepladsen. Der blev anvendt vinduer og terrassedøre med super lavenergiruder (3 lag glas).

- 1 - 2 Linjetabet ved vinduer og døre blev minimeret med 50 mm isolering.
- 3 Der blev anvendt super lavenergiruder med 3 lag glas.



Tagkonstruktion

Tagkonstruktionen blev isoleret med 450 mm mineraluld. Bemærk at udlægning af 70 mm isolering på den varme side af dampspærren (grønne dug) er påbegyndt bagerst i billedet nederst til venstre.

1 - 4 Grundig isolering af tagkonstruktionen er helt afgørende.



Ventilation

Der blev valgt et ventilationsanlæg med en modstrøms varmeveksler. Varmegenindvindingen når derved op på 90 % (under optimale forhold) dvs. at 90 % af varmen i udblæsningsluften overføres til indblæsningsluften. Denne varmegenindvinding sparer store mængder varme. Samtidig fanges sodpartikler fra områdets brændeovne i ventilatorens

indblæsningsfilter, så det bliver sort, i modsætning til udblæsningsfilteret, som mest fanger gråt støv. Om sommeren klares ventilationen helt uden elforbrug via friskluftventiler i vinduer og døre samt ventilationskanaler til det fri i badeværelser. I meget varme perioder kan opnås en hurtig ventilation ved at åbne ovenlysvinduet i stuen som en slags ventilationskorsten.



- 1 Det mekaniske ventilationsanlæg har en varmegenindvinding på 90 %.
- 2 I indblæsningsfilteret fanges sorte sodpartikler - i udblæsningen gråt støv.
- 3 Om sommeren klares ventilationen via friskluftventiler i døre og vinduer.
- 4 I varme sommerperioder åbnes ovenlyset i stuen for at øge ventilationen



1



2



4



3

- 1 Selv på en kold og blæsende vinterdag bliver der 35-40 grader i udestuen, hvis ikke spjæld og vinduer åbnes.
- 2-3 Ventilationsspjæld i terræn og vinduer i tag sikrer mod overophedning.
- 4 Om vinteren åbnes dørene til udestuen for at udnytte passiv solvarme.

Passiv solvarme og solafskærmning

Der blev lavet et vandret udhæng på 80 cm for at skærme for den højtstående sommarsol og tillade masser af lys fra lavtstående vintersol. Ovenlyset mod syd blev forsynet med automatisk rullegardin for at kunne afskærme mod solen om sommeren.

For enden af huset mod syd/vest blev bygget en stor udestue af termoglas. Formålet var dels at få et stort rum, der udelukkende var opvarmet af sollyset (passiv solvarme), og dels at dette rum skulle levere passiv solvarme til stuen i vinterhalvåret.



1



3



4



5



2

- 1 - 2 Kun brønddækslet på regnvandstanken er synlig og bruges til planter.
- 3 - 4 Den nedgravede regnvandstank på 4.000 liter sikrer, at familien altid har regnvand.
- 5 Kun cisternen i teknikrummet gør regnvandsanlægget synligt i huset.

Regnvandsanlæg

Regnvandsanlægget, der leverer regnvand til toiletterne og vaskemaskinen, består i hovedtræk af et primitivt grovfilter, en regnvandstank og en ekstern cisterne i teknikrummet. Fra taget løber regn og smeltevand ned gennem et grovfilter, der fjerner blade m.v. Derfra løber vandet til regnvandstanken på 4.000 liter, der er nedgravet i baghaven. Overskydende vand løber direkte videre til faskinen. Fra regnvandstanken pumpes vandet ind i den eksterne cisterne i

teknikrummet, der forsyner toiletter og vaskemaskine med vand. I (sjældne) tilfælde af mangel på regnvand efterfyldes cisternen automatisk med drikkevand.

WVS firmaet havde imidlertid ingen erfaring med regnvandsanlæg, hvorfor familien tog direkte kontakt til leverandøren af anlægget, og fik dem til at hjælpe med installationen. Vand til havevanding bliver taget direkte fra traditionelle regnvandstønder koblet til carporttaget.

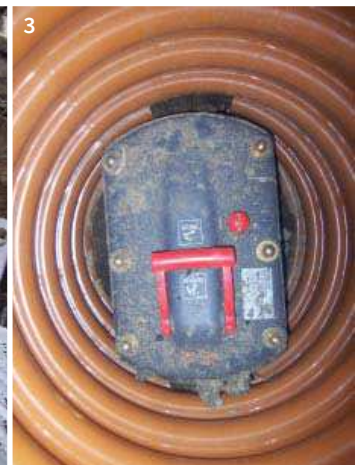
Faskine

Ved faskiner er dimensionering afgørende. Udgravningen til huset viste, at grunden bestod af overfladenært ler. Faskinen skulle derfor dimensioneres til magasinering og langsom nedsivning. Faskinen skulle samtidig have kapacitet til et større skybrud dvs. 65 mm regn. Med et tagareal på ca. 240 m² (inkl. tagudhæng), så skulle der altså være cirka 65 mm · 240 m² = 15,6 m³ hulrum i faskinen. I samråd med kloakmesteren blev derfor besluttet at anlægge en faskine med ca. 15,5 m³ hulrum. Kloakmesteren etablerede imidlertid faskinen med 16 m³ småsten (uden bygherrers godkendelse). Men småstenene fyldte 70 % af hulrummet, så der var kun 4,8 m³ til regnvandet. Bygherren var utilfreds, mens kloakmesteren mente faskinen var rigelig stor. Efter skybruddet d. 2. juli 2010 indgik kloakmesteren og

bygherren et vædDEMÅL: *Hvis faskinen var fyldt med vand skulle den reetableres efter bygherrers ønske.* Den var fyldt. Derfor blev faskinen reetableret med 16 m³ plastkassetter med 95 % plads til regnvand dvs. nu med 15,2 m³ hulrum. Samtidig blev nedsat et pejlerør i faskinen, så vandstanden i faskinen kan overvåges. Foran faskinen blev etableret et sandfang og to højvandslukker, så faskine, regnvandstank og omfangsdræn kan frakobles enkeltvis. Derved kan det let forhindres, at vand løber baglæns fra faskinen og tilbage i omfangsdrænet og op under huset, hvis der en dag skulle komme et ekstremt skybrud.



- 1 Første faskine var lavet med småsten og overbelastet efter et skybrud.
- 2 Faskinen blev reetableret med 16 m³ plastkassetter og dækket af fiberdug.
- 3 Via to højvandslukker kan regnvandstank og omfangsdræn frakobles.

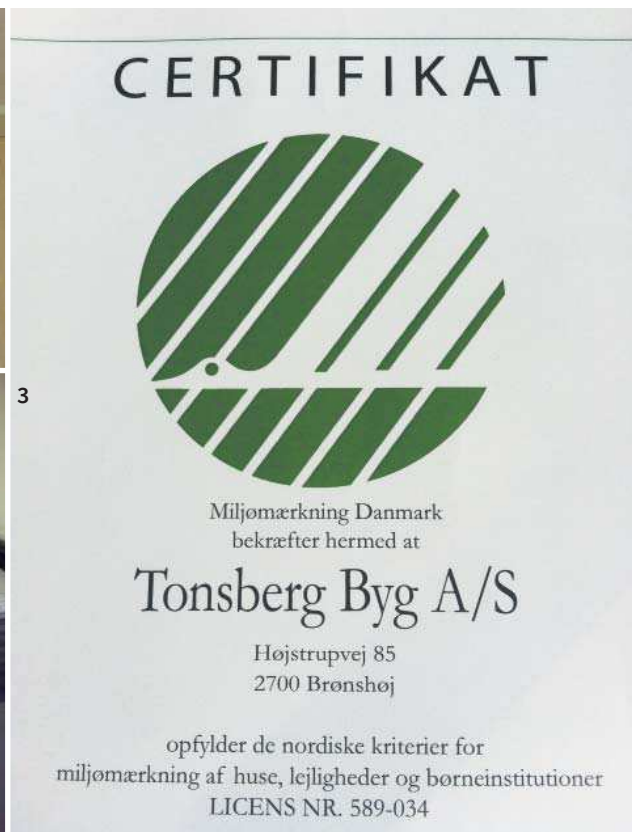


Miljømærkning

Miljømærkningen var ikke problemfri, da udvalget af f.eks. miljømærkede køkkenelementer var begrænset, og køkkenfirmaerne ikke altid havde styr på, hvad der var miljømærket. Samtidig viste det sig umuligt at købe svanemærkede trægulve i Danmark. Derfor blev valgt FSC mærkede bambusgulve. Efter et større detektivarbejde lykkedes det dog at få køkken-elementer, der tilfredsstillede kravene til det nordiske miljømærke *svanen*. Miljømærkningskravene stillede også krav om, at sortering i tre fraktioner skulle ske under vasken, hvilket var upraktisk, da Københavns kommune ikke afhenter køkkenaffald i tre fraktioner. Til sidst blev dog besluttet at sortere i kompost, glas og restaffald. Den største overraskelse kom imidlertid, da huset ikke kunne miljømærkes, fordi hoveddøren indeholdt træ fra Elfenbenskysten, som dørprodu-

centen ikke kunne dokumentere kom fra legal skovhugst. Heldigvis var miljømærkningen en forudsætning for at udbetale færdigraten og det stod familien fast på. Entreprenøren pressede derfor dørproducenten til at lave en specialfremstillet hoveddør, så huset kunne miljømærkes. Det tog 6 måneder at få den specialfremstillede dør, så færdigraten kunne først udbetales, da huset flere måneder efter aflevering omsider fik ny hoveddør og blev miljømærket.

- 1 Der blev valgt bambusgulve, da der ikke var miljømærkede trægulve.
- 2 Der var dårligt plads til at sortere i tre fraktioner under køkkenvasken.
- 3 Til sidst blev huset mærket med det nordiske miljømærke svanen.





1



2



3



4



6



5

- 1 - 3 Fugtige byggematerialer blev kasseret på stedet.
- 4 - 5 Ventilationsslanger skal isoleres rigtigt og have stor bøjningsradius.
- 6 Konstruktionen skal være tør før det indvendige arbejde udføres.

Sjusk skal udbedres

Fugt i konstruktionen kan give uoprettelig skade, hvorfor det er vigtigt at byggematerialer opbevares korrekt, og at fugtige byggematerialer kasseres. Ventilationsslanger (blå) på det uopvarmede loftrum skal isoleres grundigt i hele slangens længde og ikke kun på noget af længden, som vist på billede 4. For at minimere luftmodstanden og derved elforbruget skal ventilationsslanger have størst mulig kanalbøjningsradius f.eks. svarende til en bøjningsdiameter på størrelse med den lange led af et A4-ark. Der bør

måles fugt i de indvendige konstruktioner for at sikre fuld udtørring før malerarbejde, lægning af gulv og loft m.v. Er konstruktionerne ikke tørre nok, skal der igangsættes en udtørring. Huset blev trykprøvet og måtte tætnes yderligere før tæthedskravet kunne opfyldes. Den fundne utæthed lå ved rørgennemføringer i loft i teknikrum.



- 1 Tagsten må ikke gennembøres – og aldrig i bølgedalen, hvor vandet løber.
- 2 Der skal anvendes beslag, der skubbes ind under tagstenene og fastgøres.
- 3 - 5 Først ½ år efter køb var solcelleanlægget monteret og registreret korrekt.

Solcelleanlæg

Da entreprenøren ikke havde erfaring med solcelleanlæg, blev besluttet at indhente en række tilbud fra solcellefirmaer i foråret 2012. Da familien forventede at bruge max. 3.500 kWh el om året, blev det besluttet at købe et 4 kW solcelleanlæg, der placeret på sydsiden af taget skulle være i stand til at dække hele familiens elforbrug. Markedet for solcelleanlæg var imidlertid svært gennemskueligt. Efter at have set på flere tilbud af mere eller mindre spekulativ karakter fra solcellefirmaer, der lovede anlæg med tilbagebetalingstid ned til 5 år (under tvivlsomme forudsætninger), valgte familien at købe deres solcelleanlæg hos en større dansk varehuskæde. Dels fordi solcelleanlægget var billigt, men også fordi garantien derved kunne håndhæves, da der er en rimelig sandsynligvis for, at den pågældende varehuskæde også eksisterer om 5-10 år.

Solcelleanlægget blev bestilt i juni med specielle beslag til montering på tegltag uden gennemboring af tagstenene og med en opgraderet inverter (transformerer spændingen) med minimeret effekttab. I september blev anlægget monteret. Der blev imidlertid anvendt beslag til eternittag, som tilmed blev boret direkte igennem tagstenene i de bølgedale, hvor regnvandet løber. Dette øger risikoen for råd i taget markant. Konfronteret med dette sagde montørerne, at de blot monterede, hvad de fik med, og at famili-

en kunne være helt rolige, fordi de havde monteret hundredevis af de beslag på den måde.

Et par dage senere blev monteret en inverter. Af manualen fremgik imidlertid tydeligt, at inverteren var for lille til at klare spændingen fra et 4 kW solcelleanlæg. Den autoriserede elinstallatør blev chokeret og sagde, at han havde installeret masser af de invertere til 4 kW solcelleanlæg. Installatøren var dog indforstået med, at inverteren skulle skiftes straks.

Da der blev klaget til varehuskæden over de forkerte beslag, der var gennemboret på et kritisk sted i tagstenene, fik familien tilsendt et gavekort på 500 kr. fra varehuskæden, der beklagede, at familien ikke var tilfreds med solcelleanlægget. Men det ændrede jo ikke på fejlinstallationen. Derefter startede en lang række skrivelser, hvor varehuskæde og montør skubbede ansvaret imellem sig. Da familien havde handlet med varehuskæden, besluttede de derfor at stævne varehuskæden. Så vendte varehuskæden hurtigt tilbage, beklagede fejlen og fik skiftet teglsten og beslag i løbet af en uge. Men først i december, dvs. ½ år efter købet af deres solcelleanlæg, var familiens anlæg omsider registreret hos netvirksomhed og energiselskabet, så familien kunne få glæde af elproduktionen på taget.

Myndigheder og forsyninger

I forbindelse med byggeprocessen var familien i tæt kontakt med både myndigheder og forsyningsselskaber. Det var imidlertid helt tydeligt, at disse ikke altid er forberedt på energi- og miljørigtigt byggeri. Men ved etablering af faskine og regnvandsanlæg var både forsyningsselskaber og kommunen dog meget imødekommende og hjælpsomme.

Som ufravigeligt krav i byggetilladelsen krævede kommunen, at der blev anlagt en parkeringsplads på grunden. Ligeledes skulle fra start gøres plads til endnu en parkeringsplads. Familien henvendte sig til kommunen og sagde, at de jo ikke havde bil, men klarede sig fint med cykler, hvorfor de ikke mente, at det var aktuelt at anlægge en parkeringsplads. Hertil var svaret, at alle, der flytter i hus, får bil på et tidspunkt. Derfor skulle parkeringspladsen anlægges, hvis familien ville bygge i kommunen. Overraskelsen var stor, da Københavns Kommune jo netop gerne vil fastholde og fremme cykeltrafikken. Efter 18 måneder i huset har familien dog forsat ikke planer om at få bil.

Ved indlægning af fjernvarme kunne familien ikke få en installeret fjernvarmeeffekt under 15 kW, selv

om behovet skønsmæssigt var 5 kW. Familien skal således efter taksten hos den pågældende fjernvarmeforsyning betale lidt over 2.000 kr årligt i fast effektbetaling for en overkapacitet på 10 kW. Familien henvendte sig til forsyningsselskabet, men her var svaret blot, at man overvejede om der skulle være mulighed for en lavere effekt for lavenergi-byggeri, men at der endnu ikke var truffet beslutning herom. Dette til trods for, at energikravene til lavenergi-byggeri jo havde været velkendt i mange år, så enten havde forsyningsselskabet sovet godt og grundigt i timen, eller også var der alene tale om ren kassetænkning.

Under byggeprocessen blev brugt 114 m³ vand. Primært til mørtel, beton til fundament, faskine-test osv. Prisen for dette var godt 4.000 kr. Spildevandsbidraget (transport og rensning) udgør godt halvdelen af prisen. Men da vandet jo er brugt til produktion af huset og derved ikke havnede i kloakken og heller ikke i renseanlægget, så var det jo rimeligt, at familien blev fritaget for spildevandsbidraget ligesom enhver virksomhed, der bruger vandet i produktionen og derved ikke belaster spildevandssystemet. Desværre var der ikke meget forståelse for dette hos forsyningsselskabet (se boks 4).

BOKS 4 | Mail til forsyningsselskabet:

Kære Københavns Energi: Vand

Vi har bygget hus på Højstrupvej 85 og har i forbindelse med byggeprocessen brugt 114 m³ vand.

Vandet er primært gået til fundament, mørtel og indkøring af faskine og er således ikke havnet i kloaksystemet, hvorfor vi gerne vil fritages for den del af afgifterne, der vedr. kloak og rensning for størstedelen af vandet. Der har i fire måneder stået en mandskabsvogn - kun med toilet + vandhane!

Der har max. været tre overnattende (ikke weekend). Hvis toiletter i mandskabsvognen er brugt 20 gange dagligt 5 dage pr. uge (og de fleste dage tog håndværkerne altså hjem torsdag!), så fås:

16 uger * 5 dage/uge * 20 toiletskyl/dag * 7 liter/skyl (antager stort skyl hver gang) = 11,2 m³.

Hvis I ønsker kloak- og renseafgifter for alt vandet, så er det jo det samme som at hævde, at håndværkerne har været på toiletet: (114.000 l / 7 l) = 16.285 gange på 4 måneder dvs. 203 gange pr. dag eller knap 70 gange dagligt pr. håndværker ... så var vores hus jo aldrig blevet færdigt!

Vores forslag er derfor, at vi afregner 14 m³ efter alm. takst dvs. både vand- og kloak + spildevandsafgift, og 100 m³, hvor vi kun betaler vandafgifter, da mørtelvandet jo ikke er havnet i kloakken. Det finder vi ret og rimeligt. Hvad siger I til det?

De bedste hilsner, Kåre

Svar fra forsyningsselskabet:

Kære Kåre.

Tak for din mail.

Vi må desværre give afslag på din ansøgning.

Københavns Energi udbetaler kun refusion til virksomheder, der har benyttet vand i forbindelse med produktion. Vi beklager den lange sagsbehandlingstid.

Har du yderligere spørgsmål, er du velkommen til at kontakte os på kundeservice@ke.dk

DET FØRSTE 1½ ÅR I HUSET

Familien flyttede ind i huset i løbet af oktober 2011 og er i skrivende stund 18 måneder senere forsat godt tilfredse.

Erfaringen fra familiens to vintre i huset er ovenud positive. Til trods for de store terrassedøre af glas er der intet koldt luftnedfald, selv når det er minus 10 grader og blæser udenfor. Der er ligeledes ingen utætheder, der giver træk i huset. Opvarmningssæsonen starter sent på året og slutter tidligt om foråret. Det er kun nødvendigt med rumvarme, når temperaturen nærmer sig frysepunktet. Midt på dagen bliver der hurtigt 25 grader i stuen om vinteren, når den lavtstående sol skinner gennem vinduerne. Varmen er som udgangspunkt kun tændt i stuen, hvor det konstant er ca. 22 grader. I en længere periode med minus 5-12 grader udenfor snegetemperaturen sig dog ned på 20 grader. I de øvrige rum er varmen slukket, da det ellers bliver for varmt. Det har således været overflødigt at lægge varme ind overalt.

Varmeforbruget var så lavt, at det ikke kunne indtastes via nettet.

Kåre Press-Kristensen, miljøingeniør

I udestuen bliver let 35 grader, når solen står på og termoglasset, muren og klinkerne holder længe på varmen, så udestuen er næsten frostfri hele vinteren.

Det er således muligt at sidde i solen i udestuen og spise frokost om vinteren. Ligeledes kan der hurtigt tørres tøj i udestuen. Fra tidligt forår til sent efterår

er det ligeledes muligt at spise aftensmad i udestuen, hvor vinen og planterne allerede blomstrer i marts. Om sommeren holdes temperaturen nede via ventilationsspjæld i bunden af udestuen

og ved at åbne vinduerne i toppen. Familien er enige om, at den solopvarmede udestue er et af husets bedste rum.

Allerede i april-maj overhaler elproduktionen fra solcelleanlægget familiens elforbrug regnet fra årsskiftet – Selv på en klar solskinsdag ultimo februar kan anlægget levere 15 kWh.

Den mekaniske ventilation gør imidlertid luften i huset meget tør i vinterhalvåret. Helt ned til 25 % luftfugtighed, hvilket er for tørt. Luftfugtigheden bør ligge på 40-60 %. Dette kan dog let afhjælpes ved at tørre tøj i stuen, og ved lejlighedsvis at slukke for ventilationen. Problemet eksisterer ikke i sommerhalvåret, hvor den naturlige ventilation via friskluftventiler styrer luftskiftet perfekt. Særlig ovenlysvinduet og de tunge indervægge gør, at familien ikke har oplevet overopledning. Familien er meget positivt overraskede over det til alle tider behagelige indeklima.

Tørretumbleren er så godt som overflødig, da den næsten aldrig bruges, fordi tøjet tørres i stuen eller udestuen i vinterhalvåret og i haven om sommeren. *Solen gør hurtigt udestuen varm og der kan tørres tøj året rundt. Luftfugtigheden overvåges nøje og øges ved at tørre tøj indendørs.*



Regnvandsanlægget har fungeret upåklageligt og det har på intet tidspunkt manglet vand. Som ekstra bonus undgås kalk i toiletet, da regnvand ikke indeholder kalk. Så der er ikke behov for kalkfjerner. Ligeledes doseres meget mindre vaskepulver i vaske-maskinen, da der ikke skal bruges kalkbinder.

Til trods for den svære lerjord har faskinen fungeret glimrende. Vandstandspeglinger gennem pejle-røret i faskinen har tydeligt vist, at der trods en del regn kun har stået vand i bunden af faskinen.

Sorteringen i tre fraktioner under køkkenvasken er droppet. Komposten giver bananfluer og bliver der-

for sorteret i en spand udenfor. Der er ikke plads til at sortere glasemballage under køkkenvasken, og dette bliver derfor stillet i bryggerset. Familien mener, at kravet om sortering i tre fraktioner under køkkenvasken for at få boligen miljømærket bør modificeres.

En enkelt negativ overraskelse var dog, at radonindholdet i forældrenes soveværelse var forbløffende tæt på den nedre grænseværdi på 100 Bq/m³ i vinterhalvåret (Tabel 3). Dette var uventet, da der var udført grundig radonsikring og den mekaniske ventilation kørte for fuld kraft. Forklaringen kan dog være ubalance mellem den mekaniske ind- og udsugning, der muligvis skabte så stort et undertryk i huset, at radon blev suget op gennem revner i fundamentet. Derfor blev ventilationen afbalanceret. Grænseværdien blev overskredet i teknikrummet (bryggerset), hvor der ikke var udlagt radonmembran (side 15), men hvor familien til gengæld kun opholder sig kort tid. Det blev dog alligevel besluttet at tætne ved rørgennemføringerne. Radonindholdet blev også målt i sommerhalvåret uden mekanisk ventilation, hvor koncentrationerne var 25-30 % lavere end vintermålingerne vist i tabellen. Huset ligger i København, der er et middel risikoområde i forhold til radonforurening.

I teknikrummet uden radonmembran og med mange rørgennemføringer overskrides grænseværdien for radon.



Tablet 3: Radonmålingerne var overraskende høje i vinterhalvåret

	Gennemsnit (1/2 til 29/4)	Nedre grænseværdi	Øvre grænseværdi
Forældre soveværelse	90 Bq/m ³	100	200
Børne soveværelse	60 Bq/m ³	100	200
Teknikrum	190 Bq/m ³	100	200

Ved overskridelse af den nedre grænseværdi iværksættes simple tiltag (tætning m.v.).

Ved overskridelse af den øvre grænseværdi iværksættes effektive tiltag (udsugning m.v.).

Forbrug

I tabel 4 ses nøgletallene for familiens energi- og vandforbrug fra oktober 2011 til oktober 2012. Af tabellen ses, at familien har meget lave forbrug. At forskellen i varmekonsum ikke er endnu større skyldes, at familiens varmtvandsforbrug til bad er det samme som i ældre villaer. Og produktionen fra solcelleanlægget overstiger klart familiens el-forbrug.

I tabel 5 ses målte energiforbrug fra nogle af familiens installationer. Der er en overraskende lille forskel i opvaskemaskinens elforbrug når alm. vask sammenlignes med økovask.

Antages, at ventilationen og cirkulationspumpen kører på lav kraft 100 dage årligt, så giver dette ifølge tabel 5 et elforbrug på ca. 100 kWh. Ganges dette med en faktor 2,5 (jf. boks 2) og lægges til varmekonsumet fra tabel 4 fås et samlet behov for tilført energi til opvarmning, ventilation, køling og varmt brugsvand på 6.250 kWh årligt. Lavenergiklasse 2015 må (jf. boks 2) maksimalt bruge 6.460 kWh for 182 m² opvarmede kvadratmeter. Lavenergiklasse 2015 kravet opfyldes således uden egenproduktionen fra solcellerne, hvorfor det blev besluttet, at den planlagte termografering var overflødig. Samtidig er tæthedskravet mere end opfyldt (jf. tabel 1).

Elforbruget kan let kortlægges med et sparometer

Tabel 4: Familiens energi- og vandforbrug 2011-2012

	Forbrug	Egenproduktion	Nettoforbrug	Almindeligt forbrug a)
Varme (kWh)	6.000	---	6.000	20.000
Elektricitet (kWh)	2.800	3.500 ^{b)}	- 700 ^{b)}	5.200
Vand (m ³)	112	37 ^{c)}	75	160

- a) Ifølge forsyningselskaberne, der leverer varme, el og vand til tilsvarende huse i området.
- b) Solcelleanlægget forventes at producere ca. 3.500 kWh dvs. 700 kWh mere end forbruget.
- c) Regnvand dækker 33% af familiens vandforbrug i huset (og hele havevandingen).

Tabel 5: Energiforbrug fra installationer

Langt varmt brusebad	5 kWh varme pr. bad
Rumvarmebehov et døgn i november ^{a)}	5 kWh varme pr. døgn
Det nye store A+ fryseskab	0,8 kWh el pr. døgn
Det 12 år gamle A kølefryseskab ^{b)}	1,1 kWh el pr. døgn
Den mekaniske ventilation på fuld kraft	1,8 kWh el pr. døgn
Den mekaniske ventilation på lav kraft	0,7 kWh el pr. døgn
Cirkulationspumpen til varme	0,3 kWh el pr. døgn
Opvaskemaskinen ved alm. vask	0,9 kWh el pr. vask
Opvaskemaskinen ved "1/2 fuld" vask	0,6 kWh el pr. vask
Opvaskemaskinen ved "øko" vask	0,8 kWh el pr. vask
Vaskemaskinen ved alm. vask på 30 °C	0,6 kWh el pr. vask
Kontorarbejdsplads: PC, skærm, printer og lampe	0,8 kWh el pr. 8 timer

- a) Nattemperatur omkring frysepunktet og dagtemperatur på 8-10 °C
- b) Dette blev medbragt fra familiens tidligere bolig, da elforbruget fortsat var lavt.



Økonomi

I tabel 6 ses nogle økonomiske nøgletal for familiens investeringer i energi- og miljøtiltag.

I den simple tilbagebetalingstid er ikke medregnet, at der skal lånes penge til investeringerne og heller ikke medregnet udgifter til reparation og vedligehold af anlæg: Inverteren til solcelleanlægget skal skiftes, solcelleanlæggets elproduktion aftager omkring 1 % årligt, løbende reparationer på regnvandsanlægget m.v. Dertil kommer øget risiko for f.eks. stormskader på tag.

Stigende priser på varme, el og vand trækker dog i den modsatte retning og vil gøre tiltagene mere rentable. Endelig bidrager det lave energi- og vandforbrug og det behagelige indeklima sandsynligvis til en værdiforøgelse af boligen. Samtidig har familien stor glæde af det rigtig gode indeklima, og at de kan nu skylle ud i toiletet med god samvittighed.

Solcelleanlægget er den bedste investering, mens faskinen er den dårligste investering, da den aldrig tjener sig selv hjem. For nye solcelleanlæg er reglerne imidlertid ændret, hvorfor små private anlæg nu privatøkonomisk ikke er rentabelt. Samlet set tilbagebetales investeringerne dog på 20-30 år dvs.

i løbet af husets levetid, hvis ellers solcelle- og regnvandsanlæg holder så længe.

Heldigvis falder merprisen for lavenergihuse for øjeblikket. Men samfundet kan dog også gøre flere ting for at øge rentabiliteten. I dag beskattes bruttoarealet dvs. husets udvendige areal. Lavenergihuse har tykkere vægge pga. bedre isolering og beskattes derfor direkte af den ekstra isolering. Dette bør ændres. Ejendomsbeskatningen bør afhænge af husets energiforbrug, så den bliver høj for dårligt isolerede huse og lav for velisolerede. Dette vil både gøre det rentabelt at bygge energirigtigt og at efterisolere. Fjernvarmeleverandørerne bør samtidig påbydes at tilbyde lav varmeeffekt (5 kW) og dermed lav fast betaling tilpasset lavenergibyggeri. Tilskuddet til solcelleanlæg, regnvandsanlæg og faskiner skal øges, hvis det skal blive privatøkonomisk rentabelt at etablere disse anlæg.

Lavenergiklasse 2015 huse har ikke tilslutningspligt til fjernvarme. Grundet den store faste betaling til fjernvarmeværket pga. en overdimensioneret varmeeffekt og det meget lave varmeforbrug, overvejer familien nu at blive koblet af fjernvarmen og i stedet klare sig med solvarme og en lille varmepumpe. Dermed vil huset opfylde energikravet for Bygningsklasse 2020 (jf. boks 2).

Tabel 6: Økonomiske nøgletal for energi- og miljøtiltag med nuværende energi- og vandpriser

	Nettopris	Årlig netto-besparselse	Simpel tilbagebetalingstid
Solcelleanlæg	45.000 kr ^{a)}	4.000 kr ^{b)}	11 år
Lavenergiklasse 2015	100.000 kr ^{c)}	3.000 kr ^{c)}	33 år
Regnvandsanlæg	40.000 kr ^{d)}	1.500 kr	26,5 år
Faskine	17.000 kr ^{e)}	0 kr	---
Miljømærkning	25.000 kr	0 kr	---
I alt	227.000 kr	8.500 kr	27 år

- a) Solcelleanlægget koster ca. 80.000 kr. og værdien af skattefradraget er ca. 35.000 kr.
b) Nettomålerordning, elpris: 2 kr./kWh, efter beskatning af elproduktion og afgift til elnetselskab.
c) Skønnet i forhold til et standardbyggeri på byggetidspunktet (Bygningsreglementet 2010).
d) Regnvandsanlægget koster ca. 50.000 kr., men vandforsyningen giver 10.000 kr. i tilskud.
e) Faskinen koster ca. 40.000 kr., men der tilbagebetales 23.000 kr. i tilslutningsbidrag.



Med det bedste energimærke er husets rumvarmeforbrug tæt på ingenting.

HVIS DU VIL VIDE MERE

Familien har løbende holdt åbent hus for grundejere, hvor de fortæller om det energi- og miljørigtige byggeri mhp. at inspirere både nuværende og kommende husejere til at gennemføre energi- og miljøtiltag. Et af de spørgsmål, som altid går igen, drejer sig om økonomien i byggeriet. Hertil er svaret, at man ikke skal bygge energi- og miljørigtigt for at spare penge på kort sigt - man køber heller ikke en sejlbåd eller tager på vandretur i Tibet for at spare penge - man gør det, fordi det er en fantastisk oplevelse. Der er dog nu blevet så stor efterspørgsel på rundvisninger, at der kun afholdes et begrænset antal arrangementer årligt.


Mange borgere er rigtig interesseret i de mange energi- og miljøtiltag.

Vi må ikke lade kortsigtet økonomi ødelægge vores langsigtede visioner.

Kåre Press-Kristensen, miljøingeniør

Du kan se filmen om byggeriet og læse mere om energi- og miljørigtige parcelhuse, sommerhuse og etageboliger på www.ecocouncil.dk under Byggeri og Bolig.





De danske boliger står fortsat for en væsentlig del af landets energi- og ressourceforbrug og bidrager dermed markant til luftforureningen og den globale opvarmning. Der er desuden miljøproblemer knyttet til afledning af tagvand til kloaksystemet, og samtidig kan radon, kemikalier og brænderøg give betydelig indeklimateforurening i den enkelte bolig. Endelig indeholder mange byggematerialer miljøskadelige stoffer og nogle stammer fortsat fra illegal skovhugst i ulande.

Både ved nybyggeri og ved renovering af eksisterende boliger kan der opnås store energi- og ressourcebesparelser, miljøbelastningen kan nedbringes og indeklimaet forbedres. Men det kræver god planlægning og en vedholdende bygherre at høste disse gevinster. Særligt i forbindelse med mindre byggerier, hvor bygherren ofte er privatperson uden fagligt overblik, og byggetilsyn/rådgiver sjældent har afsat de fornødne ressourcer til en forudgående analyse og løbende opfølgning under byggeprocessen.

Dette hæfte omhandler opførelsen og brug af et nyt parcelhus i 2011 med hovedfokus på en god stor familiebolig, energi- og ressourcebesparelser, minimering af boligens miljøbelastning og et sundt indeklima. Vi følger en families husbyggeri fra planlægningsfasen gennem byggefasen og frem til erfaringerne fra familiens første 1½ år i huset.

Det meste af hæftet er også relevant for energi- og miljørenovering af eksisterende byggeri og for opførelse af etagebyggeri. Det retter sig imod undervisningsinstitutioner (HTX, tekniske skoler, ingeniørhøjskoler m.v.), byggeriets parter (særlig private bygherrer, byggetilsyn/rådgivere, håndværkere og typehusfirmaer) og bygningssagkyndige i kommunerne. Det kan også bruges af eksisterende parcelhusejere, boligorganisationer, bestyrelser og ejendomsmestre i lejeboliger m.v. Til hæftet er knyttet en lille film, der viser faserne i byggeprocessen og det færdige byggeri. Filmen findes på www.ecocouncil.dk under Byggeri og bolig. Undervisningsinstitutioner kan samme sted finde en undervisningsvejledning til hæftet og alle billeder fra hæftet.

Hæftet er støttet af COWIfonden, Energifonden og Ministeriet for Børn og Undervisning (Tips- og lottomidlerne).