



TEKNOLOGISK
INSTITUT

EnergyFlexHouse

UDVIKLING AF ENERGIEFFEKTIV TEKNOLOGI
TIL DE GLOBALE UDFORDRINGER

DEVELOPING ENERGY EFFICIENT TECHNOLOGIES
MEETING THE GLOBAL CHALLENGES



EnergyFlexHouse
TEKNOLOGISK INSTITUT



EnergyFlexHouse ER ET HØJ-TEKNOLOGISK LABORATORIUM TIL UDVIKLING, AFPRØVNING OG DEMONSTRATION AF SAMLEDE INNOVATIVE ENERGILØSNINGER TIL BYGGERIET OG DERMED EN PLATFORM FOR SAMARBEJDET MELLEM DANSKE VIRKSOMHEDER, MYNDIGHEDER OG TEKNOLOGISK INSTITUT.

EnergyFlexHouse ER EN FLEKSIBEL RAMME FOR PRIVAT OG OFFENTLIG INNOVATION OG UDVIKLING INDEN FOR ENERGIEFFEKTIVT BYGGERI.



EnergyFlexHouse IS A HIGH-TECH LABORATORY WHERE COMPLETE, INNOVATIVE ENERGY SOLUTIONS FOR THE BUILDING INDUSTRY CAN BE DEVELOPED, TESTED AND DEMONSTRATED AND IS THEREFORE A PLATFORM FOR THE COLLABORATION BETWEEN COMPANIES, AUTHORITIES AND DANISH TECHNOLOGICAL INSTITUTE.

EnergyFlexHouse PROVIDES THE FRAMEWORK FOR PRIVATE AND PUBLIC INNOVATION AND DEVELOPMENT.

HVORFOR Energy Flex House?

FORORD

De globale udfordringer, der er knyttet til energiforsyning og markant reduktion af CO₂-emissioner skal opfyldes ved hjælp af energieffektivisering og udnyttelse af vedvarende energi. Som led i en global aftale stiler EU mod, at de udviklede lande i 2020 skal have skåret deres drivhusgasemissioner ned med 30 % i forhold til 1990. Danmark sigter på at reducere forbruget af fossile brændsler med 33 % i 2020 sammenholdt med 2009 ved at erstatte de fossile brændsler med vedvarende energi. Samtidig vil strategien sænke bruttoenergiforbruget i 2020 med 6 % i forhold til 2006 som følge af et markant fokus på energieffektivisering. Det endelige mål er 100 % udfasning af fossile brændsler i 2050.

Energieffektivisering, vedvarende energi og innovativ teknologiudvikling til byggeriet er dermed i fokus som aldrig før, både nationalt og globalt.

Forventningerne er, at udvikling af bæredygtige teknologier og løsninger til den nationale indsats vil få stadig voksende betydning for den danske eksport og vækst, dels gennem øget eksport til nuværende hovedmarkeder (Tyskland, USA, UK, Sverige), dels gennem store nye markeder som Brasilien, Rusland, Indien, Kina og Mellemøsten.

Den teknologiske udfordring er dels at udvikle omkostnings- og energieffektiv teknologi og samlede systemer, dels at mestre det dynamiske samspil mellem bruger og bygning, udstyr og energiforsyning. Denne udfordring møder Teknologisk Institut med sit forsknings- og udviklingslaboratorium EnergyFlexHouse.

EnergyFlexHouse har siden indvielsen i 2009 udviklet sig til et væsentligt aktiv for Teknologisk Institut og det glæder mig at forventningerne i høj grad er blevet indfriet. Det gælder både for omfanget af projekter og udviklingsopgaver og for samarbejdet med førende danske virksomheder inden for bygningsenergiområdet.

Søren Stjernqvist

Administrerende direktør
Teknologisk Institut

President
Danish Technological Institute



WHY EnergyFlexHouse?

FOREWORD

EnergyFlexHouse udgør allerede nu grundlaget for en lang række forsknings- og udviklingsprojekter, hvor Teknologisk Institut arbejder sammen med hele interessentgruppen: Danske og udenlandske forskningsinstitutioner, arkitekter, ingeniører og rådgivere, private og offentlige bygherrer, udførende og sidst, men ikke mindst de mange små og mellemstore virksomheder, der udvikler og leverer den teknologi som bidrager til at løse energi- og klimaudfordringen.

Med dette hæfte introducerer vi EnergyFlexHouse og giver et overblik over udviklingsplatformens muligheder til inspiration - og som invitation til dialog og samarbejde om den teknologiske udvikling, der skal møde vores fælles udfordring.

The global challenges connected to energy supplies and a significant reduction of CO₂ emissions have to be met through energy efficiency and the utilisation of renewable energy. As part of a global agreement, the EU target is to ensure that the developed countries in 2020 have reduced their greenhouse gas emissions by 30 % compared to 1990. Denmark aims to reduce the consumption of fossil fuels by 33 % in year 2020 compared to 2009 by replacing fossil fuels with renewable energy. At the same time, the strategy is to reduce the gross energy consumption in 2020 by 6 % compared to 2006 as a result of a significant focus on energy efficiency. The overall objective is a 100 % phaseout of fossil fuels by 2050.

Therefore, energy efficiency, renewable energy and the development of innovative technologies for the construction industry receive top priority nationally as well as globally.

It is anticipated that the development of sustainable technologies and solutions for the national effort will be of increasing importance for Danish exports and growth, partly through growing exports to the current main markets (Germany, USA, Great Britain, Sweden), and partly through large, new markets such as Brazil, Russia, India, China and the Middle East.

The technological challenge is to develop cost- and energy-efficient single technologies and combined systems, and to manage the dynamic interaction between the consumer, the building, and equipment and the energy supply. Danish Technological Institute has taken up the challenge by establishing the research and development laboratory called EnergyFlexHouse.

Since its inauguration in 2009, EnergyFlexHouse has become a substantial asset for Danish Technological Institute and I am pleased that the obligations to a high

degree have been met. This applies to the extent of projects and development tasks as well as to the co-operation with leading companies within both the building sector and the energy sector.

Even now, EnergyFlexHouse forms the basis of a broad range of R&D projects, and Danish Technological Institute co-operates with the entire group of partners comprising Danish and foreign research institutes, architects, engineers and consultants, private and public entrepreneurs, manufacturers and last but not least the large number of SMEs developing and supplying the technologies that contributes to solve the energy and climate challenge.

This booklet introducing Energy FlexHouse provides a view of connected options for research, development and demonstration – both for inspiration and as an invitation to dialogue and cooperation on the development of technology, meeting our common challenge.



Energy Flex House

KONCEPTET

EnergyFlexHouse er et aktivt led i innovationsprocessen fra idé, via udvikling og afprøvning af prototyper, til de færdige produkter. Konceptet er unikt ved at give mulighed for at udvikle samlede omkostningseffektive løsninger som supplement til løsninger baseret på traditionel suboptimering med enkeltkomponenttest i henhold til internationale standarder.

Aktiviteterne i EnergyFlexHouse koordineres løbende med aktiviteter og erfaringer fra Teknologisk Instituts øvrige teststande og laboratorier.

Den globale udfordring fører til en accelereret teknologisk udvikling, og dermed også til en accelereret forældelse af teknologi. Ordet "Flex" markerer i denne sammenhæng, at tilpasning eller udskiftning af bygningskomponenter og installationer kan ske løbende som led i udviklingsaktiviteterne og den generelle teknologiske opdatering. EnergyFlexHouse er ikke et normalt statisk byggeri, men et dynamisk byggeri, der kan modelleres efter behov.

BYGGERIET

EnergyFlexHouse består af to ens bygninger udformet som énfamilieboliger. Hver bygning er på 216 m² og i to etager.

I EnergyFlexLab udvikles og dokumenteres teknologier - både komponenter og samlede systemer. Bygningen er en teknisk udviklingsfacilitet, hvor klimaskærms-elementer, energiinstallationer og styringssystemer udvikles og optimeres i sammenhæng. Målet er omkostningseffektiv energiteknologi til bæredygtigt byggeri.

EnergyFlexFamily er et beboet "living lab" for samspillet mellem bruger og teknologi. Alle energiydelser indgår - varme og ventilation, varmt brugsvand, husholdning, belysning, it og transport.

Fokus er på adfærd, interaktive brugerflader og styringssystemer, fleksibelt energiforbrug og samspillet mellem forbruget, boligens produktion af vedvarende energi og det overordnede energisystem. EnergyFlexFamily er Danmarks første energineutrale bolig, hvor bygningen producerer al den energi familien bruger i bygningen og til transport i el-bil.



THE CONCEPT

EnergyFlexHouse forms an active part in the innovation process from idea, through development and testing of prototypes, to demonstration of the finished products. The concept is unique as it makes it possible to develop complete cost-effective solutions as supplement to solutions based on traditional sub-optimisation with individual component testing according to international standards.

The activities in EnergyFlexHouse are continuously coordinated with activities and experience from other test rigs and laboratories at Danish Technological Institute using the poly technical expertise of the Institute.

The global challenge leads to accelerated technological development and thus also to accelerated technological obsolescence.

In this connection, the word "Flex" stresses that adaptation or replacement of building components and installations can take place regularly as part of the development activities and general technological update. EnergyFlexHouse is not a normal static facility but a dynamic facility that can be modelled according to requirements.

EnergyFlexHouse er et højteknologisk laboratorium til udvikling, afprøvning og demonstration af samlede innovative energiløsninger til byggeriet.

EnergyFlexHouse is a high-tech laboratory where complete, innovative energy solutions for the building industry are developed, tested and demonstrated.

THE BUILDING

EnergyFlexHouse comprises two identical buildings designed as single-family houses. Each building has a size of 216 m² gross area and has two floors.

In EnergyFlexLab technologies are developed and documented – this goes for components as well as for complete systems. The building is a technical development facility where elements of the building envelope, energy installations and control systems are developed and optimised as a whole. The objective is cost-effective energy technology for sustainable buildings.

EnergyFlexFamily is an inhabited "living lab" with main focus on the interaction between the end user and technology. All types of energy services connected to housing are included: heating and ventilation, domestic hot water, housekeeping, lighting, IT and transportation.

Focus is on behaviour, interactive user interfaces and control systems, flexible energy consumption and the interaction between consumption, the building's production of renewable energy and the general energy system. EnergyFlexFamily is Denmark's first energy neutral house where the building produces all the energy the family uses in the building as well as the energy required for transportation in an electric vehicle (EV).



MULIGHEDERNES LABORATORIER

Energiydelse i boligen er i fokus. En energiydelse er en energikrævende ydelse beboerne ønsker, som indeklima, varmt vand, it, køl eller frys, o.a. EnergyFlexHouse er forsynet med omfattende måleudstyr til dokumentation af samtlige energiydelser og det tilhørende energiforbrug. Energiproduktionens og energiforbrugets størrelse og fordeling samt temperaturer og flow i installationer, sammenholdes med ydelser fra installerede komponenter, systemer og udstyr, og registreres løbende i sammenhæng med ændret styring og brug. Yderligere er det muligt at sammenholde de målte energiydelsers omfang og kvalitet med slutbrugerens oplevelse af ydelserne.

EnergyFlexHouse er et dynamisk eksperimentarium. Bygningsdele og installationer kan fjernes, tilføjes og udskiftes – så bygningerne energimæssigt set svarer til den del af boligmarkedet, den aktuelle teknologi udvikles til. Eksempelvis kan klimaskærmen ændres fra lavenergiklasse 1 (svarende til den forventede standard i 2015-2020) til standarden i bygningsreglementet fra 2008 eller 1977

(svarende til energirenoveret byggeri). Ligeledes kan installationerne ændres – eksempelvis fra fjernvarme til varmepumpe med varmefordeling via gulvvarme eller radiatorer. Det sikrer, at komponenter og systemer kan testes under forudsætninger svarende til markedets behov og efter producenterens ønsker.

DATA OG DOKUMENTATION - ENERGIFORBRUGET DELT OP PÅ DE ENKELTE ENERGIYDELSER

EnergyFlexHouse er udstyret med en omfattende instrumentering, som sikrer en intensiv overvågning og giver mulighed for analyser af energiforbrug, energiydelser, driftsmæssige forhold og funktion.

Måleplatformen i EnergyFlexHouse omfatter pt. mere end 700 målepunkter og er udviklet, så energiforbrug og effekt kan adskilles på samtlige af de enkelte energiydelser. Dette giver mulighed for at levere veldokumenterede resultater på alle niveauer – fra den enkelte komponent til det samlede system og ikke mindst for samspillet mellem klima, bygning, installationer, energiydelser og beboere.

Samtidig gør datasystemet det muligt - selv ved relativt korte måleperioder - at skalere til længere perioder og derved få et billede af resultatet f.eks. på årsbasis - baseret på danske eller internationale klimadata. Det måleudstyr, der benyttes, er nøje udvalgt ud fra krav til målepræcision og driftsstabilitet. Effektive kommunikationsprotokoller har også været en væsentlig parameter i opbygningen. Således anvendes der både Z-wave, M-bus og anden rs-485 kommunikation ud over både

analoge og digitale signaler. Det udviklede dataservicesystem er omdrejningspunktet for alt, hvad der vedrører måleudstyr, dataopsamling, data-administration og styring af installationer. Samarbejdspartnere kan logge ind, hente data og følge egne udviklingsopgaver fra arbejdsstation i egen virksomhed.

Udover data for EnergyFlexHouse omfatter måleplatformen samtlige relevante vejrdata, dels de generelle, dels data fra egen mikroklimavejrstation ved bebyggelsen.

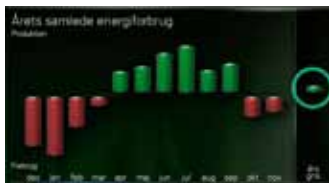
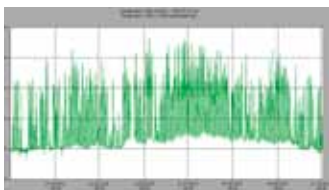
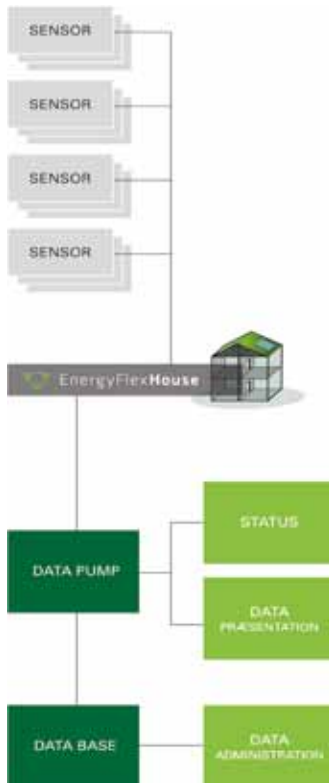
En række nøgledata fra EnergyFlexFamily vises på et energi-”dash-board”, der løbende viser energiforbrug og forsyning for den aktuelle familie på: <http://datalog.energyflexhouse.dk/pview/index.html>.

De to huse i EnergyFlexHouse har som udgangspunkt samme grundplan, indretning og størrelse.

The two houses that make up EnergyFlexHouse are based on the same design, layout and size.



LABORATORIES WITH ENDLESS POSSIBILITIES



EnergyFlexHouse er udstyret med en omfattende instrumentering, som sikrer en intensiv overvågning og giver mulighed for analyser af energiforbrug, energiydelser, driftsmæssige forhold og funktion.

EnergyFlexHouse is equipped with extensive instrumentation that ensures intensive monitoring and makes it possible to analyse energy consumption, energy services, operational conditions and functions.

All domestic energy services are in focus. An energy service is an energy demanding service required by the inhabitants, such as indoor climate, hot water, IT, refrigeration or freezing systems etc. EnergyFlexHouse is equipped with comprehensive measuring equipment for the documentation of all energy services and the corresponding energy consumption. The size and distribution of the energy production and energy consumption as well as the temperatures and flow in installations are compared with the performance of installed components, systems and equipment. All relevant data are continuously registered in connection with changed control systems and consumption. In addition, it is possible to compare the extent and quality of the measured energy services with the end-user's experience of the services.

EnergyFlexHouse is a dynamic exploratorium. Building components and installations can be removed, added or replaced, adapting the buildings energy standard corresponding to the type of housing for which the technology in question is being developed. For instance, the building envelope can be changed from low-energy class 1 (corresponding to the expected Danish standard in 2015-2020) to the standard in the Building Regulations from 2008 or from 1977, the latter corresponding to energy renovated buildings.

The installations can also be changed, e.g. from district heating to heat pumps with heat distribution through floor heating or radiators, or through the ventilation system. This ensures that components and systems can be tested under conditions corresponding to market requirements and according to the requests of the manufacturers.

DATA AND DOCUMENTATION – THE ENERGY CONSUMPTION DIVIDED UP ON INDIVIDUAL ENERGY SERVICES

EnergyFlexHouse is equipped with extensive instrumentation that ensures intensive monitoring and makes it possible to analyse energy consumption, energy services, operational conditions and functions. The measuring platform in EnergyFlexHouse currently comprises more than 700 control points and is developed so energy consumption and efficiency can be separated from each other on all of the individual energy services. This makes it possible to supply well-documented results at all levels – from the individual component to the complete system and not least results

concerning the complex interplay between climate, buildings, installations, energy services and inhabitants.

At the same time, the data system makes it possible, even during relatively short measuring periods, to upgrade results to longer periods and in that way to obtain an impression of the result e.g. on a yearly basis – based on Danish or international climate information.

The measuring equipment that is used was carefully selected with regard to requirements to measuring accuracy and reliability. Efficient communication protocols have also been a substantial parameter in the development.

Z-wave, M-bus and other types of rs-485 communication are used in addition to analogue as well as digital signals.

The developed data acquisition unit is the focal point of everything that concerns measuring equipment, data acquisition, data administration and control of installations. Collaborators can log in, retrieve data and follow own development tasks from a working station in their own company.

In addition to data for EnergyFlexHouse, the measuring platform also includes all relevant weather data, partly general information and partly information from the Institute's micro climate weather station located near the houses.

Key data from EnergyFlexFamily are shown using an energy "dash board" illustrating the development in energy consumption of the family on: http://datalog.energyflexhouse.dk/pview/index_en.html

SIDE-BY-SIDE

I EnergyFlexHouse registreres ændringer i energiforbrug og energiydelse samt ved ændringer af enkeltkomponenter, systemer, udstyr eller styring. Hver bygning er samtidig udformet så opgaver kan gennemføres i hele bygningen, i nederste eller øverste etage, eller i enkelte rum. Der er i husene opbygget 4 sæt "side-by-side" rum, 2 sæt mod syd og to sæt mod nord. Parvis er rummene byggeteknisk set helt identiske, og udsat for samme klimapåvirkninger. Rummene vil som udgangspunkt opføre sig ens, når de indeholder samme komponenter og det samme udstyr. Det giver mulighed for at ændre én eller flere parametre i det ene af rummene, og derpå observere og måle forskellen mellem rummene forårsaget af denne ændring.

Dermed kan effekten af teknologier og løsninger testes i 1:1 under typiske forhold, f.eks. effekten af ændringer af vinduer, varmeisolering, solafskærmning, varmeakkumulering, ventilation, fremløbstemperaturer og varmefordelende system.

ENERGIFORBRUGET OG DET SAMLEDE ENERGISYSTEM

I fremtidens intelligente energisystem skal energiforbruget tilpasses den fluktuerende produktion i stedet for situationen i dag, hvor produktionen tilpasses det aktuelle forbrug. Fremtidens energieffektive boliger skal derfor være aktive og fleksible i et intelligent energisystem for at udnytte den stigende andel af fluktuerende energiproduktion bedst muligt. Dvs. fremtidens boliger og deres tilhørende komponenter skal kunne forbruge energi, lagre energi og producere energi i afhængighed af det aktuelle behov i det samlede energisystem.

I de kommende årtier erstattes fossile brændsler af vedvarende energi, både i store centrale og decentrale anlæg og integreret i den enkelte bebyggelse eller bygning, energiforbruget til de enkelte energiydelser reduceres markant, nye energiydelser opstår og en del af bilparken udskiftes til el-biler. En væsentlig del af el-produktionen baseres på vindmøller og dermed en fluktuerende elforsyning. Samspelet mellem forsyning og forbrug er dermed en central udfordring, der bl.a. forventes løst gennem intelligente netværk - Smart Grids, i samspil med et fleksibelt energiforbrug hos slutbrugerne. To områder der forudsætter yderligere teknologiudvikling.

EnergyFlexHouse bidrager til denne udvikling via arbejdet med energilagring, intelligent styring af varme- og ventilationsanlæg, intelligent styring af el-forbrugende udstyr, hvidevarer, der både kan veksle mellem varme-forbrug og elforbrug, samt styring af samspil mellem egen produktion af vedvarende energi, central forsyning baseret på vedvarende energi - og energiforbrug, herunder el-bil.

EnergyflexFamily er opført som en energineutral bolig for at få belyst de tilhørende teknologiske udfordringer. En del af udfordringen knyttet til energieffektivisering og vedvarende energi er at vægte indsatsen, så energineutralitet kan opnås gennem samlede tiltag på forsyningsiden og forbrugersiden.

SIDE-BY-SIDE

Changes in energy consumption and energy services are registered in EnergyFlexHouse when changing individual components, systems, equipment or controls. The design of each building makes it possible to carry out tasks in the entire building, on the first or second floor or in a specific room. The houses have 4 sets of "side-by-side" rooms, 2 sets facing south and 2 sets facing north. In pairs the rooms are completely identical and exposed to the same climate effects. As a starting point, the rooms will operate in the same way as they have the same constructions, are equipped with the same components and the same equipment. This makes it possible to change one or several parameters in one of the rooms and then observe and measure the difference between the rooms brought about by the change. Therefore, the effect of the technologies and the solutions can be tested 1:1 under typical conditions, e.g. the impact of changing windows, thermal insulation, solar shading, heat storage, ventilation, temperature sets and heat distribution systems.

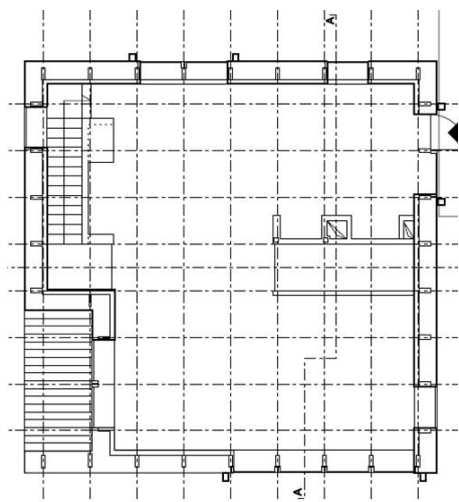
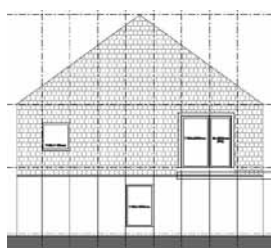
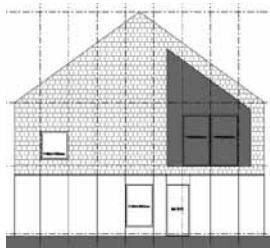
EnergyFlexHouse AND SMART GRID

In the future intelligent energy system (Smart Grid) the energy consumption will adapt to the fluctuating energy production from renewables instead of today's energy production adapting to the fluctuating consumption.

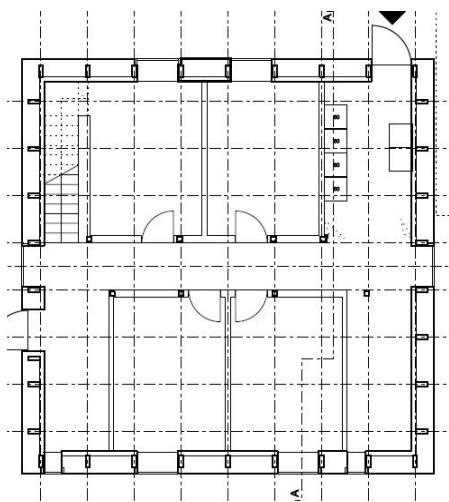
The future energy efficient houses must be flexible and active players in a Smart Grid energy system to utilize the growing share of renewables efficiently. Future buildings and their integrated components must be able to consume energy, store energy and produce energy in accordance with the actual requirements in the overall energy system. In the next decades, fossil fuels will be replaced by renewable energy both in large central and decentralised systems and integrated into the individual houses or buildings, the energy consumption for the individual energy services will be substantially reduced, new energy services will arise and part of the vehicle fleet will be replaced by electric vehicles. A substantial part of the electricity production will be based on wind turbines and thereby on a fluctuating supply of electricity. Therefore, the interplay between supply and consumption is a main challenge that is expected to be solved through intelligent networks – Smart Grids – combined with a flexible energy consumption at the demand side. Two areas that presuppose further technological development.

EnergyFlexHouse contributes to this development by dealing with energy storages, intelligent control of heating and ventilation systems, intelligent control of electricity consuming equipment, hard white goods that can alternate between heat consumption and electricity consumption, and control of the interaction between own production of renewable energy, central energy supply based on renewable energy – and energy consumption, including electric vehicles.

EnergyFlexFamily is designed as an energy neutral home to clarify the technological issues included at the demand side level. The real life main challenge is to combine efforts on the demand side and efforts on the supply side resulting in the energy neutrality.



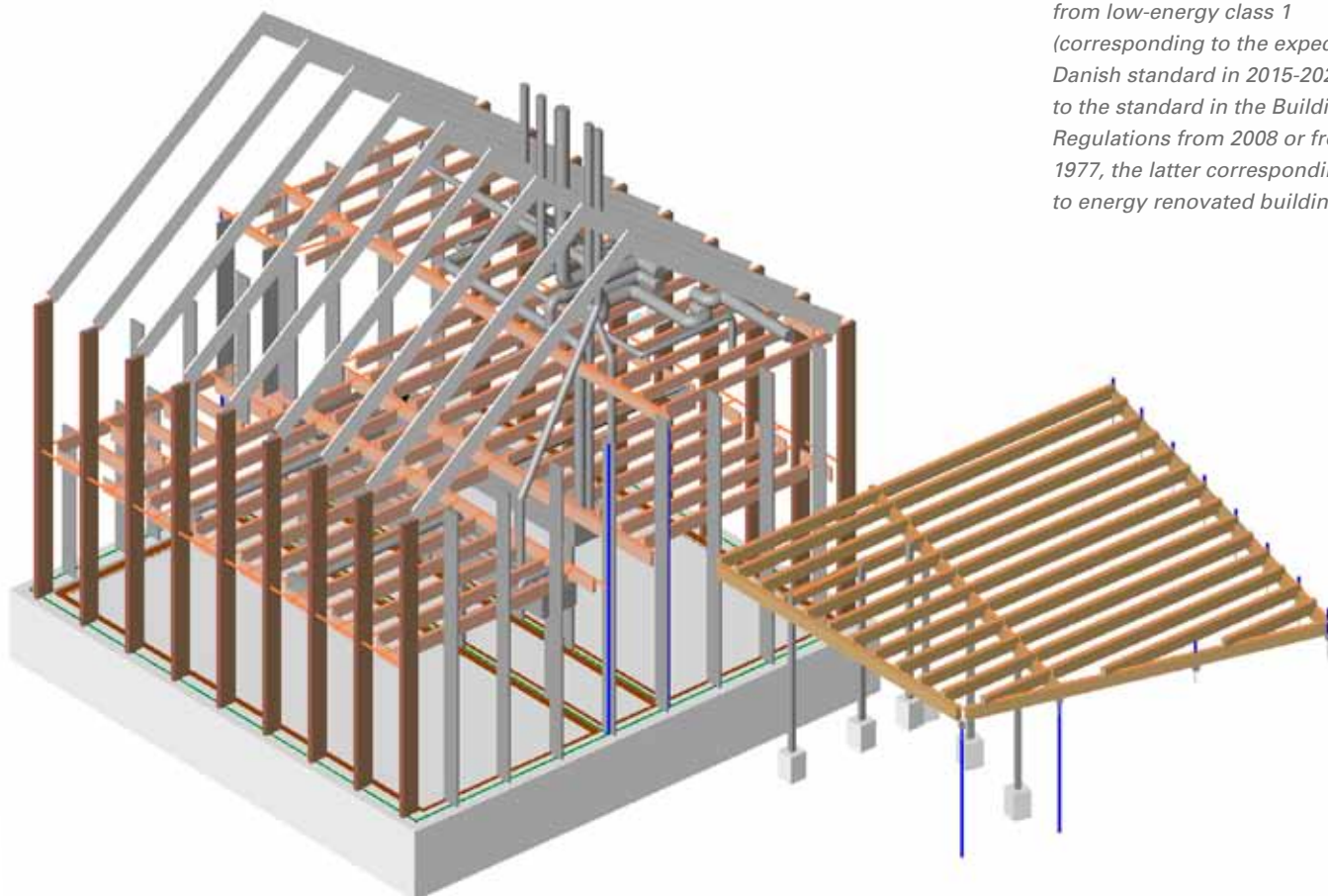
1. sal / 1st Floor



Stueetage / Ground Floor

Bygningsdele og installationer kan fjernes, tilføjes eller udskiftes så bygningerne energimæssigt svarer til den type bolig, den aktuelle teknologi skal udvikles til. Eksempelvis kan klimaskærmen ændres fra lavenergi-klasse 1 til standarden i bygningsreglementet fra 1977 eller 2008.

Building components and installations can be removed, added or replaced, adapting the buildings energy standard corresponding to the type of housing for which the technology in question is being developed. For instance, the building envelope can be changed from low-energy class 1 (corresponding to the expected Danish standard in 2015-2020) to the standard in the Building Regulations from 2008 or from 1977, the latter corresponding to energy renovated buildings.



DET ENERGINEUTRALE LIVING LAB - Energy FlexFamily

EnergyFlexFamily er en energineutral bolig – solceller og solvarmeanlæg på bygningen producerer den energi, der er nødvendig til beboernes energiydelser – indeklima, varmt vand, belysning, husholdning, underholdning og it, mv. samt ikke mindst transport i el-bil. EnergyFlexFamily er dermed et eksempel på hvordan energineutralitet kan sikres på bygningsniveau ved hjælp af kendte, men tilpassede teknologier.

DEN ENERGINEUTRALE BOLIG TESTES AF ALMINDELIGE FAMILIER

BRUGERADFÆRD

Ét er at designe og udføre energioptimale enkeltløsninger og systemer. Et andet er at få beboerne til at bruge dem som forudsat. Hvis familiens medlemmer ikke kan håndtere systemerne, måske fordi de er for komplicerede eller tidskrævende at bruge, hjælper de kreative idéer og tanker bag de energieffektive løsninger og systemer ikke meget.

Det er også vigtigt at fremme bevidstheden om de energimæssige konsekvenser af familiemedlemmernes handlinger og ubevidste adfærdsmønstre. Her ligger store potentialer for energieffektivisering og venter på at blive realiseret.

Testfamilierne i EnergyFlexFamily giver unikke muligheder for at kortlægge den brugsmæssige effekt af nye teknologier eller ændringer af eksisterende teknologier. Det at inddrage slutbrugeren på denne måde - i de virkelige omgivelser i den almindelige dagligdag - kan sikre, at de løsninger, der udarbejdes, får bedre gennemslagskraft på markedet, og dermed leverer de ønskede energibesparelser.

Siden efteråret 2009 har der på skift boet familier i EnergyFlexHouse. Hver familie bor i EnergyFlexFamily fra tre til fem måneder, hvor familierne indgår i aktiviteter og tests. Eksempelvis deltager familierne i små forsøg, hvor de vurderer kvaliteten af lavenergiydelser som behovsstyret ventilation og opvarmning, LED-belysning og lavtemperaturvask, eller det samlede indeklima ved styringskoncepter. Hertil kommer forståelse for og brug af systemer for synliggørelse af energiforbrug, ligesom familierne ud fra viden om forbrugets størrelse indenfor

de enkelte områder, og ud fra egne overvejelser, opfordres til at reducere energiforbruget yderligere gennem hensigtsmæssig adfærd i en række "sparerunder". Resultaterne fra disse beboelsesperioder viser store forskelle i de tilsyneladende ens familiers energiforbrug, både det samlede forbrugs størrelse og forbrugets fordeling. Forbruget er resultat af en lang række varierende og komplekse forhold i familiernes dagligdag.

En konklusion fra de første testperioder er, at det er muligt at mindske alle familiernes forbrug af energi i EnergyFlexHouse i løbet af en kort periode uden forringelse af energiydelserne og uden begrænsninger i udnyttelsen af boligen, og at der, ikke så overraskende, er de største besparelspotentialer for familier, der har et højt forbrug. Familierne i EnergyFlexFamily bidrager til at besvare en række adfældsrelevante spørgsmål som f.eks.:

- Hvordan bruger I energiydelserne, og hvad er det resulterende energiforbrug?
- Kan og vil I styre de tekniske installationer, så I får et godt indeklima?
- Er intelligent styring en fordel – eller er det bare til irritation?
- Hvilke oplysninger om energiforbrug og energiforsyning er I interesserede i? – Og hvorfor?
- Hvordan kan en interaktiv brugerflade påvirke jeres adfærd og energiforbrug?
- Hvad er afgørende for det enkelte familiemedlems forståelse og indsats? – Og for den samlede familie?
- Hvilke energiydelser har førsteprioritet for de enkelte familiemedlemmer, når energiforbruget skal reduceres?
- Hvilke forhold er afgørende for adoption af energiteknologi (køb og brug af teknologi)?

ENERGY NEUTRAL HOUSING - Energy FlexFamily

EnergyFlexFamily is an energy neutral family house. The photovoltaics and solar collector on the building produce the energy required for all of the family's energy services – indoor climate, hot domestic water, lighting, housekeeping, entertainment and IT etc. also including transportation in the electric vehicle. EnergyFlexFamily demonstrates how energy neutrality can be assured in a building by using wellknown, but adapted technologies.

THE ENERGY NEUTRAL HOUSE IS TESTED BY ORDINARY FAMILIES

USER BEHAVIOUR

One thing is to develop energy efficient components and systems. Another is to get the residents to use them as required. If the family members cannot handle the systems – perhaps their use is too complicated or time-consuming – then the ideas and efforts behind the energy-efficient solutions and systems will not have the needed effect.

It is important to encourage awareness of the energy-related consequences of the family members' actions and subconscious behaviour patterns. This is an area where huge potentials for energy efficiency are waiting to be realised.

The test families living in EnergyFlexFamily give us a unique opportunity to analyse the user-related effect of the new technologies or changes of the existing technologies. Involving the end-user in this way – in realistic surroundings in everyday life - will ensure that the prepared solutions have a greater impact on the market and thus pave the way for the desired energy savings.

Since the autumn of 2009, different families have lived in EnergyFlex Family. Each family has lived in EnergyFlexFamily from three to five months during which time the families participate in activities and tests. For instance, each family participates in small tests where they consider the quality of the low-energy services such as demand-controlled ventilation and heating, LED lighting and low-temperature washing or the total indoor climate provided through control concepts. Added to that comes the understanding and use of systems illustrating the energy consumption. Based on knowledge about the size and division of the energy consumption on energy services, the families are requested to further reduce the energy consumption through appropriate behaviour based on their own reflections.

The results from these periods of residence show great differences in the energy consumption and use of energy services of the apparently similar families. This stresses that the energy consumption is a result of a wide range of varying and complex conditions in the everyday life of the families. One conclusion from the first test period is that it is possible to reduce the energy consumption of all of the families in EnergyFlexFamily in a short period of time without reducing the quality of the energy services and without any limitation in the use of the building, and that – not

surprisingly – the greatest savings potential exists for families with a heavy consumption in the start of the test period.

The families in EnergyFlexFamily contribute to the answers of questions related to behaviour, such as:

- How do you use the energy services and what is the resulting energy consumption?
- Can and are you able to operate the technical installations so a pleasant indoor climate is obtained?
- Is intelligent control an advantage – or is it just annoying?
- Which information about energy consumption and energy supplies are you interested in? - and why?
- How can interactive IT applications influence your behaviour and energy consumption?
- What is decisive for the understanding and effort of each individual member of the family – and for the entire family?
- Which energy services have main priority for each family member when the energy consumption has to be reduced?
- Which conditions are decisive for adopting of energy technology (purchase and use of the technology)?

Testfamilierne i EnergyFlexFamily afprøver anvendeligheden og effekten af de udviklede produkter og systemer.

The families in EnergyFlexFamily test the user-friendliness and the effect of the developed products and systems.



Energy consumption on a Saturday - family 4.



Average energy consumption per day for the first three families.

HVAD ER EN ENERGI-NEUTRAL BYGNING?

En energineutral bygning producerer på årsbasis den energi en gennemsnitsfamilie bruger til alle energikrævende aktiviteter og ydelser. Det samlede energiforbrug er 0 kWh pr. år.

I EnergyFlexFamily anvendes energi til følgende energiydelser:

- Indeklima (rumtemperaturer, fugt, luftkvalitet, dagslys)
- Hygiejne (personlig og rengøring af bolig og brugsgenstande)
- Kunstig belysning
- Opbevaring og tilberedning af fødevarer
- Information, underholdning, kommunikation, arbejde
- Hobby, reparation og vedligeholdelse mv.
- Transport (el-bil).

Varme- og elforbrug er reduceret med energieffektive systemer og teknologier, så bygningens forbrug kan dækkes med vedvarende energi – solceller og solvarmelæg.

Solcelleanlægget i EnergyFlexFamily er dimensioneret ud fra et forventet normalt el-forbrug hos familierne. Familier med fornuftige forbrugsmønstre vil have el-overskud i et normalår.

WHAT IS AN ENERGY NEUTRAL BUILDING?

An energy neutral building annually produces the energy an average family uses for all energy demanding activities and services.

The total energy consumption is 0 kWh per year.

In EnergyFlexFamily energy is used for:

- Indoor climate (room temperature, humidity, air quality, daylight)
- Hygiene (personal hygiene, housekeeping and utility items)
- Artificial lighting
- Food storage and preparation
- Information, entertainment, communication, work
- Hobbies, repair work and maintenance etc.
- Transportation (electric vehicle).

Heating and electricity consumption have been reduced through energy-efficient systems and technologies so the consumption of the building can be covered by renewable energy: photovoltaics and solar heating systems.

The photovoltaic system in EnergyFlexFamily has been dimensioned on the basis of the expected, normal

electricity consumption of the families. Families with reasonable consumer patterns will have an electricity surplus in a common year.



*En række nøgledata fra EnergyFlexFamily vises på et energi-“dash-board”, der løbende viser energiforbrug og forsyning for den aktuelle familie på:
<http://datalog.energyflexhouse.dk/pview/index.html>*

*Key data from EnergyFlexFamily are shown using an energy “dash board” illustrating the development in energy consumption of the family on:
http://datalog.energyflexhouse.dk/pview/index_en.html*



EnergyFlexHouse giver mulighed for at teste alle boligrelevante muligheder for energi-effektiviseringstiltag.

I skemaet ses nogle af mulighederne. Den viste kombination er den, der blev anvendt i EnergyFlex-Family ved opførelsen i 2009.



All the relevant options for energy-efficient measures can be combined, designed and tested in EnergyFlexHouse.

The table displays some of the options. The marked combination shows the design of EnergyFlexHouse when built in 2009.

DEN ENERGINEUTRALE BOLIG - EnergyFlexFamily

ENERGY NEUTRAL HOUSING - EnergyFlexFamily

FORSKNING OG UDVIKLING – AKTUELLE OPGAVER I Energy FlexHouse

EnergyFlexHouse giver unikke muligheder for at gennemføre udviklingsopgaver, ikke mindst for producenter af produkter og udstyr. Her kan bygningskomponenter og tekniske installationer testes under kontrollerede forhold og i sammenhænge, der svarer til den normale brug på markedet.

EnergyFlexHouse-dokumentation er et afgørende supplement til beregninger og simuleringer, som kan være utilstrækkelige. EnergyFlexHouse er dermed et vigtigt led i innovationsprocessen fra idéudvikling, udvikling af prototype, test, optimering og produktmodning – helt frem til produkternes markedsintroduktion.

EnergyFlexHouse giver samtidig mulighed for at afprøve og justere samlede systemer inden de som led i forsknings- og udviklingsaktiviteter demonstreres i byggeri. Dermed opnås både tidsmæssige og andre ressourcemæssige fordele. Afprøvningen i Energy-FlexFamily kan samtidig tilføje brugererfaringer af betydning for markedsmodningen.

PÅ DE FØLGENDE SIDER
ER EKSEMPLER PÅ
AKTUELLE OPGAVER,
SOM VISER BREDDEN AF
RELEVANTE MULIGHEDER I
EnergyFlexHouse



RESEARCH AND DEVELOPMENT — CURRENT PROJECTS AT Energy FlexHouse

EnergyFlexHouse gives unique possibilities to carry out development tasks not least for manufacturers of products and equipment. Building materials and technical installations can be tested under controlled conditions and under circumstances that resemble the ones that normally are used.

The documentation obtained in EnergyFlexHouse is a decisive supplement to calculations and simulations that can be insufficient. Therefore, EnergyFlexHouse is an important part in the innovation process from idea development, prototype development, testing, optimization and product maturation – right up to market penetration.

At the same time, EnergyFlexHouse makes it possible to test and adjust complete systems before they as part of R&D activities are demonstrated within the construction industry. In that way, time and other resource-related advantages are obtained. Furthermore testing in EnergyFlexFamily can give user experience which is of importance for market ripening.

THE FOLLOWING
EXAMPLES OF PROJECTS
SHOW THE SCOPE
OF RELEVANT
POSSIBILITIES IN
EnergyFlexHouse



1 DEMONSTRATION AF LAVENERGI- FJERNVARME TIL LAVENERGIBYGGERI

Projektet demonstrerer et nyt koncept til lavenergifjernvarme til lavenergibyggeri, hvor den leverede fjernvarmetemperatur til forbrugerne går helt ned til 50 °C. Konceptet indebærer anvendelse af nye typer fjernvarmeunits og twinrør i meget små dimensioner.

Forsøgene gennemføres i EnergyFlexLab, der forsynes med en stikledning, twinrør, med medierør på 14 mm udvendig diameter og 10 mm indvendig diameter samt kapperør på 110 mm. En fjernvarmebeholderunit med et beholder-volumen på 175 liter indgår også i forsøgene. Der gennemføres test med en tapperobot ved 3 forskellige tappemønstre for det varme brugsvand på forskellige tidspunkter af året (baseret på DS 439 og den europæiske standard PrEN 50440).

Indregulering af primærflow i forhold til faktisk forbrug og beholdervolumen er en parameter, der har stor betydning for den faktiske afkøling i beholderen. På brugsvandssiden dokumenteres, at det er muligt at holde en varm brugsvandstemperatur meget tæt på fjernvarmefremløbstemperaturen. På baggrund af forsøgene foreslås tiltag, der kan medvirke til bedre afstemning af varmtvandsforbrug med primærflow.

*Twinrør i meget små dimensioner.
Twin pipes in very small dimensions.*



Aktiviteterne gennemføres i samarbejde med Danfoss A/S, LOGSTOR A/S, Kamstrup A/S, Ribe Jernindustri A/S, DTU-BYG, Høje Taastrup Fjernvarme A.m.b.a.
Projektperiode: 2009-2011
Finansiering: Deltagerne samt det Energiteknologiske Udviklings- og Demonstrations Program (EUDP).

2 DYNAMISKE MODELLER TIL STYRING AF GULVVARME

Udvikling af en energieffektiv og prisbillig gulvvarme-applikation til Seluxits trådløse masterenhed. Masterenheden markedsføres i dag til Home Automation af blandt andet indeklima, lys og generelle relæfunktioner. Gulvvarmeapplikationen inddrager varmesystemet i den samlede Home Automation strategi. Projektet omfatter:

- Afklaring af nødvendig indeklimasensorik, og opstilling af kravspecifikationer ud fra markedets gulvarmesystemer (let/tung gulvvarme).
- Udvikling af styringsalgoritmer og eventuelt autotuningsrutiner, samt udvikling af brugerinterface til smartphone og pc.

Systemet testes og optimeres i EnergyFlexHouse
Aktiviteterne gennemføres i samarbejde med Seluxit ApS
Projektperiode: 2011
Finansiering: Deltagerne samt Forsknings- og Innovationsstyrelsen.

3 STRATEGISK PLATFORM FOR INNOVATION OG FORSKNING I INTELLIGENT EL: I-POWER

I-Power-plattformen, er den største danske satsning omkring Smart Grids. Indsatsen udvikler gennem en kombineret forsknings-, udviklings- og innovationsindsats et intelligent og fleksibelt energisystem, der kan håndtere en fluktuerende el-produktion. Som led i indsatsen udvikler I-Power intelligente styringer af decentrale el-forbrugs- og produktionsenheder samt værktøjer til styring af de millioner af fleksible elapparater, som i fremtiden vil findes hos forbrugerne. Således skal hver enkelt husstand automatisk kunne kobles på den billigst tilgængelige strøm, uanset om den kommer fra vindmøller eller fra de traditionelle fossile energikilder. Teknologisk Institut er ansvarlig for den innovative komponent, hvor EnergyFlexHouse indgår som udviklings- og testplatform for koncepter og intelligent udstyr, intelligente komponenter og styringssystemer for decentrale forbrugsenheder, brugerinterfaces, og intelligente målere. Fokus er på familiens adoption af de nye teknologier og tilpasning af adfærd/brug.

Samarbejdet omfatter 31 nationale og internationale videncentre og danske virksomheder, herunder Risø-DTU, Teknologisk Institut, Develco Products, Greentech Solutions, QEES, Greenwave Reality, Zense Technology,

Nilan, DONG Energy, Danfoss, Grundfos, Vestas, IBM, COWI, UC Berkeley, Lunds Universitet, University College Dublin m.fl.

Projektperiode: 2011-2017
Finansiering: Deltagerne samt Det Strategiske Forskningsråd og Rådet for Teknologi og Innovation.

EnergyFlexFamily indgår i Smart Grid-aktiviteter, hvor teknologi og intelligent styring sikrer et fleksibelt energiforbrug i samspil med egen energiproduktion og central energiforsyning.

EnergyFlexFamily is included in Smart Grid-activities, where technology and intelligent operation ensures a flexible energy consumption in interaction with own energy production and central energy production.

1 DEMONSTRATION OF LOW-ENERGY DISTRICT HEATING SYSTEMS FOR LOW-ENERGY BUILDINGS

The project demonstrates a new concept for low-energy district heating for low-energy buildings where the supplied district heating temperature to the consumers declines to 50°C. The concept involves the use of new types of district heating units and twin pipes in very small dimensions.

The tests are carried out in EnergyFlexLab equipped with a district heating supply including branch pipe, twin pipe, a service pipe of 14 mm outer diameter and 10 mm inner diameter - the total diameter including insulation is only 110 mm. A district heating unit with a tank volume of 175 litres also forms part of the tests. A test is carried out using a draw off robot with 3 different filling patterns for hot domestic water at different times of the year (based on DS 439 and the European Standard PrEN 50440).

Adjustment of the primary flow compared to the actual consumption and tank volume are parameters of great importance to the actual cooling in the tank.

It is documented that it is possible to maintain a hot domestic water temperature that is very close to the district heating supply temperature. On the basis of the tests, measures are proposed that can contribute to improved adjustment of the hot water consumption with primary flow.

The activities are carried out in co-operation with: Danfoss A/S, LOGSTOR A/S, Kamstrup A/S, Ribe Jernindustri A/S, DTU-BYG, Høje Taastrup Fjernvarme A.m.b.a. Project period: 2009-2011 Financing: Participants and the Energy Technology Development and Demonstration Program (EUDP).

2 DYNAMIC MODELS FOR CONTROLLING FLOOR HEATING

Development of an energy efficient and inexpensive floor heating application for Seluxit's wireless master unit. Today, the master unit is marketed for home automation of i.a. indoor climate, lighting and general relay operations. The floor heating application includes the heating system in the complete home automation strategy.

The project includes:

- Clarification of necessary indoor climate sensory activity and listing of specification of requirements on the basis of floor heating systems available on the market (low heat capacity under floor heating / high heat capacity under floor heating).
- Development of control algorithms including autotuning routines as well as development of user interface for Smartphones and PC

The system is tested and optimised in EnergyFlexHouse.

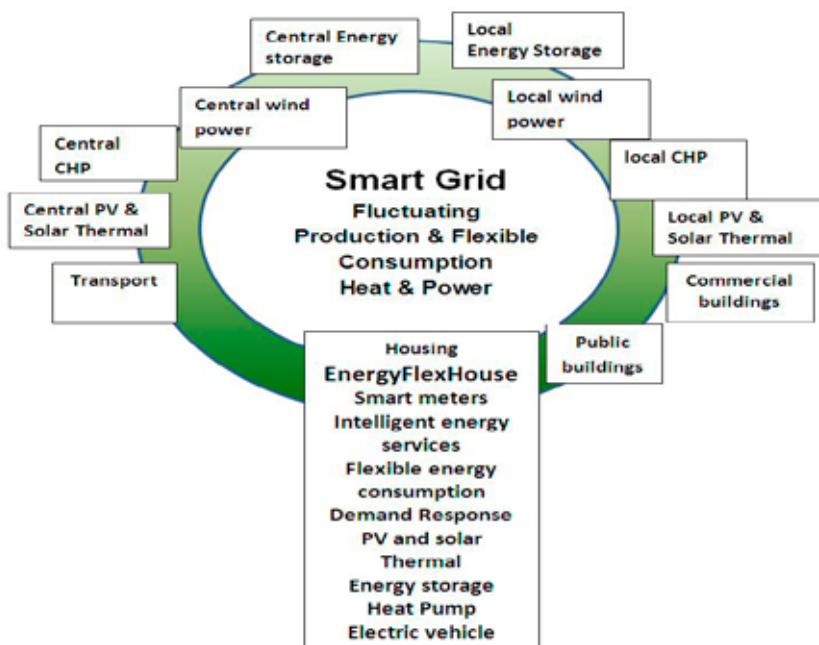
The activities are carried out in co-operation with: Seluxit ApS Project period: 2011 Financing: Participants and Danish Agency for Science, Technology and Innovation.

3 STRATEGIC PLATFORM FOR INNOVATION AND RESEARCH IN INTELLIGENT ELECTRICITY: I-POWER

The I-Power platform is the largest Danish venture concerning Smart Grids. Through a combined research, development and innovation effort the venture develops an intelligent and flexible energy system that can handle a fluctuating electricity production. As part of the effort, I-Power will develop intelligent control of decentralised electricity consumption and production units, and tools to control the millions of flexible electric devices that will be used by consumers in the future. This means that each individual household automatically can be connected to the cheapest available power, irrespective of whether it comes from wind turbines or other renewables - or from traditional fossil energy sources.

Danish Technological Institute is responsible for the innovative component where EnergyFlexHouse will participate as development and test platform for concepts and intelligent equipment, intelligent components and control systems for decentralised consumer units, user interfaces and intelligent meters. Focus is on the family's ability to adopt the new technologies and adaptation of behaviour/use.

The co-operation comprises 31 national and international knowledge centres and Danish companies, including Risø-DTU, Danish Technological Institute, Develco Products, Greentech Solutions, QEES, Greenwave Reality, Zense Rechnology, Nilan, DONG Energy, Danfoss, Grundfos, Vestas, IBM, COWI, UC Berkeley, Lunds University, University College Dublin, a.o. Project period: 2011-2017 Financing: Participants and The Danish Council for Strategic Research and the Danish Council for Technology and Innovation.



4

PCM-BETON – BEDRE INDEKLIMA OG LAVERE ENERGIFORBRUG

Projektet udvikler nye energi-effektive systemløsninger baseret på den optimale brug af faseskiftende materialer, PCM (Phase Change Materials) i beton, og den optimale brug af PCM-betonelementer i konstruktionen. Systemløsningerne skal sikre at energiforbruget til køling i bygningen reduceres yderligere. PCM har stort potentiale i byggeindustrien, men udfordres imidlertid af uafklarede videnskabelige og tekniske spørgsmål, der pt. hæmmer brugen af PCM i beton. EnergyFlexHouse giver en unik mulighed for at udføre forsøg og efterprøve de udviklede energimæssige systemløsninger i fuldskala. Før nyudviklede PCM-elementer implementeres i bygningen, testes der med PCM-puds på vægge for at få en forståelse for de komplicerede varmeoverførselsmekanismer i en PCM-beton og derved blive i stand til at optimere geometrien på et PCM-betonelement.

Aktiviteterne gennemføres i samarbejde med BASF A/S, Byggeri og Anlæg - Aalborg Universitet og Spæncom A/S
Projektperiode: 2009-2012
Finansiering: Deltagerne samt Højteknologifonden.



Temperaturforløbet i betondæk med PCM analyseres som udgangspunkt for vurdering af mulighederne for at øge betonens varmeakkumulering og opnå energibesparelser.

The temperatures in the concrete slab with PCM are analyzed as part of the process valuating the heat accumulation in concrete and the included energy savings.

Ventilationssystemet bruger mindre energi og vil være billigere at installere end andre kendte løsninger.

Der gennemføres omfattende innovative test i EnergyFlexHouse:

- Optimering og finpudsning af styrings- og reguleringsalgoritmen således at to ventilationsenheders interaktion med hinanden på væsentlige parametre afprøves både i det normale område og i yderområder
- Frosttest med dynamiske påvirkninger af fugtindhold på "den varme side"
- Fuldskalatest af ventilationsenhederne i EnergyFlexFamily hvor "testfamilier" rapporterer deres subjektive oplevelser af det akustiske, termiske og atmosfæriske indeklime, herunder brugervenligheden af ventilationsenhederne.

Aktiviteterne gennemføres i samarbejde med Inventilate ApS

Projektperiode: 2010-2012

Finansiering: Deltagerne samt det Energiteknologiske Udviklings- og DemonstrationsProgram (EUDP).

Der gennemføres en række målinger i "side-by-side"-rummene i EnergyFlexHouse. Målingerne sammenholdes med Bsim-simuleringer. Fokus er på udvendig styrbar solafskærmning og indvendig solafskærmning. Projektet skal vise sammenhængen mellem simuleringer og målinger, og effekten af koncepter for styring og regulering af solafskærmning.

Aktiviteterne gennemføres i samarbejde med Fischer Danmark A/S

Projektperiode: 2011-2012

Finansiering: Deltagerne samt Forsknings- og Innovationsstyrelsen.

5

DECENTRAL VENTILATION MED REGENERATOR

I projektet udvikles et ventilationssystem med varmegenvinding, bestående af flere små decentrale enheder til ventilation af det enkelte rum. Systemet baseres på et ventilationsprincip, som bruger et regenerativt materiale som energilagring. Dette muliggør en opbygning, som gør integrationen i bygningen nemmere, hvor arkitekten og teknikeren får større designfrihed og hvor den færdige installation søges skjult for brugerne.

6

SOLAFSKÆRMNING TIL LAVENERGI-BOLIGER

Ønsket om optimering af solindfald gennem vinduer kan føre til uacceptable overtemperaturer, der kun delvist kan hindres af varmeakkumulering og forceret ventilation. I mange tilfælde kan et fornuftigt termisk indeklime kun opretholdes ved brug af solafskærmning, som derved kan få indpas i boligbyggeriet.

Projektet demonstrerer og dokumenterer effekten af afskærmningsstrategier valgt ud fra en række Bsim-simuleringer omfattende:

- Energirude uden solafskærmning
- Energirude med indvendig solafskærmning, med styring
- Energirude med indvendig solafskærmning, uden styring.

Solafskærmning er ikke typisk i boligbyggeri, men kan blive en nødvendig komponent i lavenergi-byggeri med stort solindfald.

Solar shading is not typical in Danish housing, but can be a necessary new element in the design of low energy housing with large solar gain.

4 PCM CONCRETE – IMPROVED INDOOR CLIMATE AND LOWER ENERGY CONSUMPTION

The project develops new energy-efficient system solutions based on the optimum use of phase-changing materials (PCM) in concrete and the optimum use of PCM concrete elements in construction. The system solutions shall ensure that the energy consumption for cooling the building is further reduced. PCM has a large potential in the building industry, but is challenged by unresolved scientific and technical questions that currently hamper the use of PCM in concrete.

EnergyFlexHouse gives a unique possibility to carry out tests and determine the developed energy-related system solutions in full scale. Before newly developed PCM elements are implemented in the building, tests are carried out with PCM plaster on walls to obtain an understanding of the complicated heat transfer mechanisms in PCM concrete.

This understanding is needed to optimise the geometry of a PCM concrete element.

The activities are carried out in co-operation with: BASF A/S, School of Engineering and Science - Aalborg University, Spæncom A/S
Project period: 2009-2012
Financing: Participants and The Danish National Advanced Technology Foundation.

5 DECENTRALISED VENTILATION WITH REGENERATOR

A decentralised ventilation system with heat recovery is developed including several small units for room based ventilation. The system is based on a ventilation principle that uses a regenerative material as energy storage. This enables a design easier to integrate in the building, giving the architect and the technician greater design freedom. The ventilation system uses less energy and will be cheaper to install than other well-known solutions. Extensive innovative tests are carried out in EnergyFlexHouse:

- Optimisation and final adjustment of control algorithm so the two interacting ventilation units are tested on substantial parameters both in the general area and in outer areas.
- Frost test with dynamic influence of moisture content on the “warm side”
- Full-scale test of the ventilation units in EnergyFlexFamily where the “test families” report their subjective experience of the acoustic, thermal and atmospheric indoor climate, including the user-friendliness of the ventilation units.

The activities are carried out in cooperation with: Inventilate ApS
Project period: 2010-2012
Financing: Participants and the Energy Technology Development and Demonstration Program (EUDF).

6 SOLAR SHADING FOR LOW-ENERGY HOUSES

Optimising solar gain through windows in housing can lead to unacceptable excess temperatures that only partly can be prevented by heat accumulation and forced ventilation. Often a reasonable thermal indoor climate can only be maintained by introducing solar shading, a relatively new element in Danish housing. The project demonstrates and documents the effect of shading strategies chosen on the basis of a number of Bsim simulations, including:

- Energy window without solar shading
- Energy window with interior solar shading, automatic operation
- Energy window with interior solar shading, manual operation.

A number of measurements are carried out in the side-by-side rooms in EnergyFlexHouse. The measurements are compared with Bsim simulations. Focus is on exterior controllable solar shading and interior solar shading. The project will show the connection between simulations and measurements and the effect of concepts for control of solar shading.

The activities are carried out in co-operation with: Fischer Danmark A/S
Project period: 2011-2012
Financing: Participants and Danish Agency for Science, Technology and Innovation
Project period: 2010-2012
Financing: Participants and Danish Energy Association (ELforsk) and Danish Agency for Science, Technology and Innovation.



7 INTELLIGENT STYRING OG BRUGERDREVEN INNOVATION

Projektet udvikler en samlet intelligent styring af mekanisk ventilation, naturlig ventilation, rumopvarmning og solafskærmning. Styringen omfatter tre koncepter:

- Den energioptimerede styring, der opfylder de gældende krav i Bygningsreglementet 2010.
- Den indeklimatestimerede styring, der sikrer at indeklimaet lever op til DS/EN15251
- Den brugerdrevne styring hvor brugerne manuelt indtaster deres ønsker til ventilation, solafskærmning og varme.

Styringerne tager alle højde for udetemperatur, vind, solindfald, nedbør og indetemperaturer. Beboerne i EnergyFlexHouse tester og vurderer styringerne i sommer- og vintersituationen. Som en særlig del af projektet analyseres energiydelsen kunstlys – målt og oplevet. Fokus er her på brugen af kompakt rør ("lavenergipærer"), halogenpærer og LED- belysning.

Aktiviteterne gennemføres i samarbejde med Nilan A/S, Fischer Danmark A/S, Seluxit ApS, Asger BC lys
Projektperiode: 2010-2012
Finansiering: Deltagerne samt ELforsk (PSO – Public Service Obligation) og Forsknings- og Innovationsstyrelsen.

8 VENTILATION AF LAVENERGIBOLIGER

Projektet opstiller og afprøver en række strategier for ventilation af lavenergiénfamiliehuse med fokus på energiforbrug, indeklima og komfortgrænser, styring og omkostningseffektivitet:

- Mekanisk ventilation med varmegenvinding
- Behovsstyret mekanisk ventilation med varmegenvinding
- Naturlig ventilation
- Behovsstyret naturlig ventilation
- Hybrid ventilation (kombinationer af ovenstående)
- Fri natkøling med kuldegenvinding om dagen.

Strategierne afprøves i EnergyFlexHouse (både Lab og Family), som grundlag for udvikling af enkle og robuste ventilationsløsninger til lavenergi-byggeri.

Styringsstrategierne suppleres med retningslinjer, der fortæller hvilken bygnings- og installationsudformninger de er relevante for (vinduesarealer, varmeakkumulering, varmfordelende system, intern belastning mv.).

Aktiviteterne gennemføres i samarbejde med bl.a. Nilan A/S og Øland
Projektperiode: 2011-2012
Finansiering: Deltagerne samt Forsknings- og Innovationsstyrelsen.



Ventilationsstrategier afprøves i EnergyFlexHouse som grundlag for udvikling af enkle og robuste ventilationsløsninger til lavenergi-byggeri.

The ventilation strategies are tested in EnergyFlexHouse as basis for the development of simple and robust ventilation solutions for low-energy buildings.

7

INTELLIGENT CONTROL AND USER-DRIVEN INNOVATION

The project develops a complete intelligent control of mechanical ventilation, natural ventilation, space heating and solar shading. The control comprises the following three concepts:

- Energy optimised control that meets the current requirements of the Building Regulations of 2010.
- Indoor climate control that ensures that the indoor climate lives up to DS/EN15251.
- User-driven control where the users manually enter their requests to ventilation, solar shading and heating.

All three types of control consider the outdoor temperature, wind, solar radiation, rain and indoor temperatures. The residents of EnergyFlexHouse test and evaluate controls during the summer and winter periods. As a special part of the project, the energy service artificial light is analysed – measured and experienced, including compact tube bulbs, halogen bulbs and LED lighting.

The activities are carried out in co-operation with: Nilan A/S, Fischer Danmark A/S, Seluxit ApS, Asger BC Lys.

8

VENTILATION OF LOW-ENERGY HOUSING

The project will set up and test a number of strategies for ventilation of low-energy single-family houses with focus on energy consumption, indoor climate and comfort limits, control and cost efficiency:

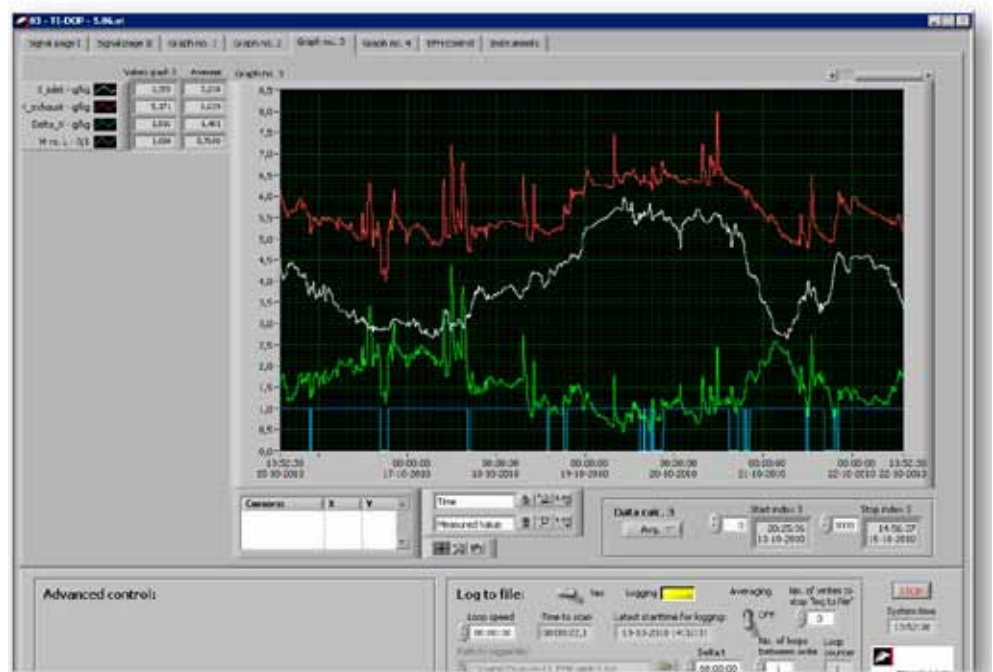
- Mechanical ventilation with heat recovery
- Demand-controlled mechanical ventilation with heat recovery
- Natural ventilation
- Demand-controlled natural ventilation
- Hybrid ventilation (combinations of the above)
- Free night-time cooling with cold recovery during the daytime.

The strategies are tested in EnergyFlexHouse (in the Lab as well as the Family building) as basis for the development of simple and robust ventilation solutions for low-energy buildings. The control strategies are supplemented with guidelines for selecting ventilation system matching the building and installation designs (window areas, heat storage, heat distributing system, internal load etc.).

The activities are carried out in co-operation with: Nilan A/S, Øland, a.o
Project period: 2011-2012
Financing: Participants and Danish Agency for Science, Technology and Innovation.

Intelligent styring af mekanisk ventilation, naturlig ventilation, rumopvarmning og solafskærmning tager udgangspunkt i udvikling og afprøvning af komplekse styringsalgoritmer.

Intelligent operation of mechanical ventilation, natural ventilation, space heating and solar shading is based on the development and testing of complex operation algorithms.



9 VARMEPUMPERS SAMSPIL MED ELFORSYNINGSSYSTEMET

Projektet udvikler og demonstrerer konkrete løsningsforslag, der via styringsboks optimerer individuelle varmepumpers samspil med elforsyningssystemet, så der på en intelligent måde skabes plads til mere vindkraft i energiforsyning.

Det er ønsket at opnå fleksibilitet i elforbruget ved at fremskynde eller udskyde varmemeforbruget ved hjælp af varmelagring i bygningskonstruktioner eller deciderede varmelagre.

Test af varmepumper og styring samt bygningsfysiske tests gennemføres i EnergyFlexHouse, med fokus på kombinationer af varmepumpe, lagertank og bygning, samt test af kommunikationssystem, server, styreboks, varmepumpe og af styreboksens algoritme for driftsoptimering af varmepumpen på basis af spotpriser.

De udviklede systemer testes på varmepumper i et større antal boliger, hvor den udviklede eksterne styreboks forbindes til varmepumpens styring og nødvendige sensorer for temperaturer mv. installeres.

Aktiviteterne indgår i den omfattende indsats "Fra Vind til Varme".

Aktiviteterne gennemføres i samarbejde med virksomheder i den danske varmepumpebranche. Projektperiode: 2010-2012
Finansiering: Deltagerne samt ForskEL (PSO – Public Service Obligation).

10 FASKINE MED REGNBED

Projektet opsamler funktions- og driftserfaringer fra et system for afledning af regnvand fra énfamiliehuse: faskine med tilhørende regnbed, og bidrager til udvikling af effektive afvandingssystemer mod monsterregn. Som led i EnergyFlexHouse-byggeriet er der etableret tre faskiner med overløb til et regnbed. Æn faskine på 4 m³ for hver af bygningerne, samt en større på 35 m³ med afløb fra ankomstpladsen ved bygningerne.

Formålet er at få erfaringer med vandføring og aflejringer i både ind- og udløb af faskinerne gennem målinger og via visuel inspektion af faskinerne via tv-kamera. Anlægget dokumenterer drift og levetid af faskinerne. Faskinerne er etableret i et område med lerjord og høj grundvandsstand, som reducerer udsivning fra faskinerne. Projektet giver dermed nyttige erfaringer: Hvor hurtigt sker tømningen af faskinerne? Hvor ofte forekommer der overløb? Hvilke krav er der til drift og vedligehold? Vil faskinerne få nedsat funktionsevne efter en årrække, så de f.eks. skal graves op?

Når faskinerne ved EnergyFlexHouse er fyldt med regnvand, vil det overskydende regnvand samles i en lavning i terrænet, der er etableret som et regnbed. Dette vil have forskellig størrelse afhængig af regnmængden.

Regnbedet skal sikre praktiske driftserfaringer, herunder hvilke planter der kan tåle forskellige vandstande. Ege- og hjertetræer er f.eks. plantet på række, så deres reaktion på vand kan afsløre sig i væksten. Træerne bliver dermed et barometer for vækstvilkårene i regnbedet sammen med en fugttolerant græsblanding.

Aktiviteterne gennemføres i samarbejde med Nyrup Plast A/S, Nordisk Wavin A/S og Saint Gobain Weber. Projektperiode: 2009-2012
Finansiering: Deltagerne samt Forsknings- og Innovationsstyrelsen.

Varmepumpen kan blive et væsentligt aktivt element i den danske energiforsyning, ikke mindst i Smart Grid-sammenhænge.

The heat pump can be an active element in the Danish energy supply, not least in the Smart Grid context.



9

INTERPLAY OF HEAT PUMPS WITH THE ELECTRICITY SUPPLY SYSTEM

The project develops and demonstrates intelligent solutions that via a control box will optimise the interplay of individual heat pumps with the electricity supply system increasing the utilisation of wind power in the energy supply. The objective is to obtain flexibility in the electricity consumption by speeding up or postponing the heat consumption by means of heat accumulation in building constructions or using actual heat storages.

Heat pump and control tests as well as building physical tests are carried out in EnergyFlexHouse with focus on combinations of heat pump, storage tank and building, as well as test of the communication system including server+control box+heat pump, and of the control box's algorithm for operation optimisation of the heat pump on the basis of spot prices. The developed systems are tested on heat pumps in a larger number of houses, where the developed external control box is connected to the heat pump control and the necessary sensors for temperatures etc. are installed. The activities form part of the venture called "From Wind to Heat".

The activities are carried out in co-operation with:
Main companies in the Danish heat pump trade
Project period: 2010-2012
Financing: Participants and ForskEL(Public Service Obligation funding).

10

FASCINE WITH RAIN BED

The project collects functional and operational experience from a system for discharge of rainwater from single-family houses: fascine including rain bed contributes to the development of an efficient drainage

system that can resist massive rain squalls. As part of the EnergyFlexHouse building, three fascines were established with overflow to a rain bed. Each building has a fascine of 4 m³ and there is one larger fascine of 35 m³ with discharge at the place of arrival near the buildings.

The objective is to gain experience of rate of flow and deposits at the inlet and outlet of the fascines through measurements and through visual inspection of the fascines via a TV camera. The system documents the operation and lifetime of the fascines. The fascines were established in an area with clay and high ground water level which reduce seepage from the fascines.

Therefore, the project gives useful experience: How quickly are the fascines emptied? How often does overflow occur? Which requirements exist to operation and maintenance? Will the fascines be exposed to reduced functional capacity after some years and will it be necessary to dig them up by then?

When the fascines at EnergyFlexHouse are filled with rainwater, the surplus rainwater will collect in a hollow in the ground constructed as a flexible rain bed growing with the amount of rain. The rain bed shall ensure practical operational experience including which plants can stand the different water levels. Oak and other suitable trees are planted in rows so their reaction to the water can be revealed in the way they grow. In that way, the trees become a gauge of the growth conditions in the rain bed together with a humidity tolerant grass mixture.

The activities are carried out in co-operation with: Nyrup Plast A/S, Nordisk Wavin A/S and Saint Gobain Weber
Project period: 2009-2012
Financing: Participants and Danish Agency for Science, Technology and Innovation.

Overskudsvand fra faskinen ledes til et regnbed, der ændrer størrelse afhængigt af nedbør og nedsivning.

Overflowing water from the fascine is led to a rainbed which changes size depending on rain and percolation.



11 ERSTATNING AF EL MED VARME TIL VASK, OPVASK OG TØRRING

Aktiviteten demonstrerer muligheder for fleksibelt energiforbrug i forbindelse med vask, opvask og tøjtørring i EnergyFlexFamily.

Tørretumbleren er forsynet med varmepumpe. Den sparer 50 til 60 % energi i forhold til en almindelig tumbler, som ofte er af energiklasse C. Den indbyggede varmepumpes varmeflade opvarmer luften som blæses gennem tøjet, medens den kolde flade afkøler og fortætter vandet i den fugtige luft, før luften igen opvarmes og blæses ind i tøjet.

Vaskemaskinen har blandingsystem for varmt og koldt vand samt el-patron, så den kan anvende både varmt vand og el i processen.

Opvaskemaskinen er forsynet med varmeveksler og kan derved anvende varme alene, da indtaget vand løbende kan opvarmes via veksleren. Efter behov kan varmen suppleres med varme fra et el-varmelegeme.

Maskinerne kan dermed veksle mellem el og varme, eller bruge begge dele, afhængigt af program og ønsket om prioritering af energiforsyning.

Familierne i Family har hver deres mønstre for brug af de tre energiydelser. Brugen af maskinerne og det tilhørende energiforbrug (varme/el/varme og el) undersøges som udgangspunkt for vurdering af muligheder for fleksibel anvendelse af varme og el, og de brugsmæssige fordele og ulemper. Dette sammenholdes med vurderinger af mulighederne for tidsmæssig forskydning af de 3 energiydelser.

Aktiviteterne gennemføres i samarbejde med ASKO
Projektperiode: 2010-2012
Finansiering: Deltagerne samt Forsknings- og Innovationsstyrelsen.

11 REPLACING ELECTRICITY WITH HEAT IN WASHING MACHINES, DISHWASHERS AND TUMBLERS

The activity demonstrates the options for flexible energy consumption connected to washing machines, dishwashers and tumble dryers in EnergyFlexFamily.

The tumbler includes a heat pump, hereby saving 50 to 60 % energy compared to a typical new tumbler with energy label C. The built in heat pump heats the air drying the clothes, at the same time cooling the humid air and condensing the water, before the air is reheated to continue the drying process.

The washing machine can use both hot water and electricity in the process – it has a mixing system for hot and cold water, and an electric heating element.

The dishwasher has a heat exchanger and can wash using only heat, as the water can be heated through the heat exchanger. If needed the heat can be supplemented by an electric heating element.

The machines can either use electricity or heat, or both, depending on selected program and priority of the energy supply.

Each family in EnergyFlex Family has its individual pattern using the three energy services. The use of the machines and the connected energy consumption (heat/electricity/both) are evaluated gaining experience for a flexible use of the energy, and the connected advantages and disadvantages.

This is combined with options for using the energy services on different hours during the day.

The activities are carried out in co-operation with: ASKO
Project period: 2010-2012,
Financing: Participants and Danish Agency for Science, Technology and Innovation.

Maskinerne kan anvende enten el eller varme eller begge dele, afhængigt af program og prioritering af energiforsyning, og dermed bidrage til et fleksibelt energiforbrug.

The machines can either use electricity or heat or both, depending on program and priority of energy supply, hereby contributing to the flexible energy consumption.



SÅDAN ER EnergyFlexHouse BYGGET

EnergyFlexHouse kan tilpasses og ændres til de aktuelle udviklingsforløb. Bygningsdele, komponenter og installationer kan udskiftes, tilpasses, udbygges eller anvendes i en ny kombination. De to bygninger kan ses som fleksible laboratorieopstillinger, der kan ændres efter behov. Dette krav var afgørende for konstruktionernes og byggeriets udformning.

Bygningernes konstruktioner og installationer ved opførelsen i 2009 er kort beskrevet i det følgende.

BYGNINGERNES UDFORMNING

Hvert af de to huse er udformet som en énfamiliebolig på 216 m² brutto i to etager. Bygningerne har sadeltag der hælder 35°. Bygningernes facader og tagflader er orienteret mod syd og nord.

I øverste etage følger loftet spærene, dog er der etableret et teknikloft mod nord til ventilationssystemer og fremtidige tiltag. Stueetagen indeholder 4 værelser: 2 sæt "side-by-side" rum, to baderum samt et bryggers/teknikrum. Rummene samles af en langsgående gang, der i begge ender åbner sig mod 1. sal.

På 1. sal er ét stort fælles opholdsrum med fritliggende køkken og udgang til en østvendt terrasse og en vestvendt altan. Bygningerne har store vinduesarealer både mod syd, nord, øst og vest. Ovenlysene i det dobbelthøje opholdsrum bidrager til dagslys og naturlig ventilation.

THE DESIGN OF EnergyFlexHouse

EnergyFlexHouse can be adapted and changed in line with the actual research and development projects. Building parts, components and installations can be changed, adapted, extended or used in new combinations. The two buildings can be seen as flexible laboratory set-ups that can be adapted according to requirements. The demand for flexibility was a crucial requirement to the construction and design of the buildings.

The constructions and installations of the buildings completed in 2009 are briefly described in the following.

THE BUILDINGS

Each house is designed as a single-family house with a gross floorage of 216 m² in two storeys. The buildings have a pitched roof with an angle of 35 degrees. The facades and roofs of the buildings face south and north.

On the first floor, the ceiling is slanted in line with the beams. However, a technology loft has been established to the north, to give room for ventilation systems and future installations. The ground floor consists of 4 rooms: two sets of "side-by-side" rooms, two bathrooms and a utility/technology room. The rooms are connected by a longitudinal corridor that at both ends opens to the first floor.

There is a large common lounge area on the first floor with an open kitchen and access to a terrace facing east and a balcony facing west. The buildings have large windows facing south, north, east and west. The skylights in the double-height living room contribute to supply daylight and natural ventilation.

EnergyFlexHouse blev opført af Teknologisk Institut i 2009. Henning Larsen Architects var arkitekter på bebyggelsen, mens Enemærke & Petersen a/s var hovedentreprenører.





EnergyFlexHouse was built by Danish Technological Institute in 2009, in cooperation with Henning Larsen Architects. Enemærke & Petersen a/s was general contractor.



SÅDAN ER
EnergyFlexHouse
BYGGET

THE DESIGN OF
EnergyFlexHouse



EnergyFlexLab er en "skrabet", men mere fleksibel version af EnergyFlexFamily. I Lab-bygningen er bryggerset og et baderum helt inddraget til teknik. Bygningen har store vandrette og lodrette installationsskakte med installationer og teknik, der sikrer den vigtige fleksibilitet.

"Side-by-side" rummene giver som nævnt mulighed for sammenlignende forsøg på rumbasis både i Lab- og i Family-bygningen.

I EnergyFlexLab kan de to etager energimæssigt set adskilles, så der kan udføres forsøg samlet for én etage, med henholdsvis normal rumhøjde og indretning, og med et dobbelthøjt multirum. Endelig kan der gennemføres forsøg omfattende hele bygningen.

KLIMASKÆRMEN

Bygningerne er som udgangspunkt udført svarende til lavenergi-klasse 1, men kan som nævnt ændres til de aktuelle BR-krav eller til BR 77-kravene.

Der er valgt et let byggesystem baseret på energieffektive spær, for at sikre fleksibilitet i ydervæggen. Der er 500 mm mineraluld i ydervægge, 500 mm mineraluld i taget og 440 mm polystyren i terrændækket. Linietalet er minimeret.

Den damptætte membran er placeret beskyttet ca. 50 mm inde i konstruktionen, så den ikke bliver ødelagt af søm, skruer o.l. Tagkonstruktionen er beklædt med tagpap, som underlag for beklædningsplader mod nord og integrerede solceller og solfangere mod syd.

U-værdier:	
Ydervægge:	0,08 W/m ² K
Tag:	0,09 W/m ² K
Terrændæk:	0,11 W/m ² K

VINDUER

Vinduerne i begge huse har 3-lags lavenergiruder. Rammer og karme er udført i kompositmaterialer og træ/aluminium. Der er to ovenlys mod nord i Family-bygningen, samt 2 mod nord og 2 mod syd i Lab-bygningen. Vinduesarealet på 43 m² i Family, er fordelt med 35 %, 28 %, 19 % og 18 % mod henholdsvis syd, nord, øst og vest. Arealet svarer til ca. 20 % af bruttoetagearealet.

U-værdier:	
Lodrette vinduer:	0,73 – 0,9 W/m ² K
Ovenlys:	1,4 W/m ² K

Vinduerne kan relativt let udskiftes ved tilpasning af klimaskærmen, og ved demonstration af nyudviklede vinduers egenskaber set i sammenhæng.

The windows can relatively easily be replaced adapting the building envelope, and when demonstrating newly developed windows performance and effect for the whole building.

TÆTHED

Alle samlinger i klimaskærmen er omhyggeligt forseglede, så luftsiftet ved blower-door-testen var henholdsvis 0,79 l/s pr. m² og 0,42 l/s pr. m² ved 50 pa. for Lab-bygningen og Family-bygningen.

VARMEKILDER

EnergyFlexLab var ved opførelsen udstyret med en varmepumpe kombineret med solvarmeanlæg. EnergyFlexFamily blev født med en kombineret varmepumpeløsning - en boligventilationsvarmepumpe og en væske/vand minivarmepumpe, samt et solvarmeanlæg.

Jordslangerne dækker et areal på 450 m², og kan forsyne begge eller blot én af bygningerne.

Udover varmepumpen blev lab-bygningen fra starten forsynet med mulighed for hurtig omstilling til en nyudviklet fjernvarmeunit til lavenergi-byggeri. Teknikrummene i begge bygninger er forberedt så forsyning let kan udskiftes til f.eks. gaskedel eller mikrokræftvarme.

SOLCELLER

EnergyFlexLab har et solcelleareal på 39 m², som producerer ca. 5.900 kWh i et normal-år. EnergyFlexFamily's solcelleareal er ca. 20 m² større, 58 m² på grund af el-bilen. Solcellerne til den energineutrale bolig producerer dermed ca. 9.600 kWh pr. år. Solcellerne er nettilsluttede - bygningerne leverer og modtager elektricitet fra nettet, der i princip fungerer som lager. Solcellerne er højtydende monokrystal-linske solceller.

SOLVARMEANLÆG

EnergyFlexLab har et solfangerareal på 13 m² så solen kan bidrage til både varmt brugsvand og rumopvarmning. EnergyFlexFamily har et traditionelt brugsvandsanlæg med 4,8 m² solfanger.



EnergyFlexLab is a “no-frills” version of EnergyFlexFamily. In the Lab building, the utility room and one of the bathrooms are used for technology. The building has large horizontal and vertical installation shafts with installations and technology ensuring the important flexibility.

As mentioned, the side-by-side rooms allow for comparative testing on a room basis in the Lab as well as in the Family building. In addition to this the two storeys of EnergyFlexLab can be separated for energy-related activities, so overall tests can be carried out for one single floor, either with normal room height or with double-height. Finally, tests comprising the entire building can also be carried out.

BUILDING ENVELOPE

The buildings were originally constructed according to low-energy class 1, but can be changed according to the current Building Regulations or to the Building Regulations from 1977.

A simple construction system based on low energy wooden beams was chosen to ensure flexibility in the outer walls. 500 mm mineral wool was placed in the outer walls, 500 mm mineral wool in the roof and 440 mm polystyrene was placed in the floor bed. Linear thermal transmittance was minimised.

The vapour-proof membrane was placed app. 50 mm from the inner side in the construction so it will not become damaged by nails, screws etc. The roof design is lined with roof felt, as an underlay for facing sheets on the north side and integrated photovoltaic cells and solar collectors on the south side.

Overall heat-transfer coefficients:

Outer walls:	0.08 W/m ² K
Roof:	0.09 W/m ² K
Floor bed:	0.11 W/m ² K

WINDOWS

The window area in the Family building amounts to 43 m² and is distributed with 35 %, 28 %, 19 % and 18 % towards the south, north, east and west, respectively. The area corresponds to app. 20 % of the gross floor area.

Overall heat-transfer co-efficient:
 Vertical windows: 0.73 – 0.9 W/m²K
 Skylights: 1.4 W/m²K

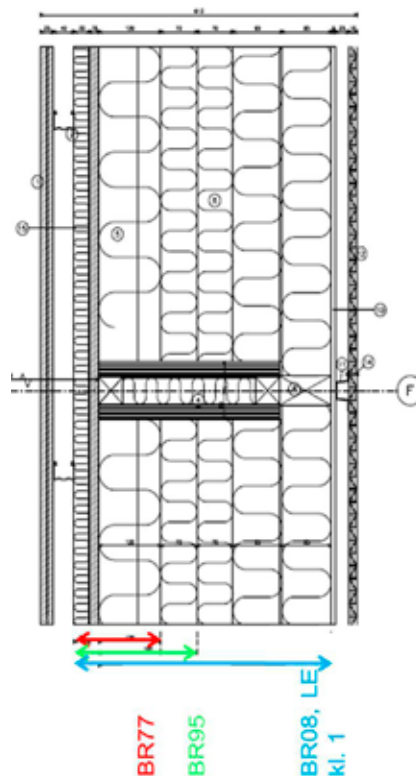
TIGHTNESS

All joints in the building envelope have been carefully sealed and the air change during the blower-door test was 0.79 l/s per m² and 0.42 l/s per m² at 50 pa for the Lab and the Family building, respectively.

HEAT SOURCES

During construction, EnergyFlexLab was equipped with a heat pump combined with a solar heating system. EnergyFlexFamily originally had a combined heat pump/ventilation system and a liquid to water ground heat pump and a solar heating system. The ground coils cover an area of 450 m² and can supply both or merely one of the buildings.

In addition to the heat pump, the Lab building was from the beginning designed for quick change-over to a newly-developed district heating unit for low-energy buildings. In both buildings, the technology rooms are prepared for easy supply change to e.g. gas boilers or micro-cogeneration.



PHOTOVOLTAICS

EnergyFlexLab has 39 m² of photovoltaics producing app. 5,900 kWh in a common year. The area of the photovoltaics on EnergyFlexFamily is app. 20 m² larger, amounting to 58 m² producing 9,600 kWh/yr, needed, due to the electric vehicle.

The photovoltaics are grid connected. The two buildings supply and collect energy from the power grid, which in principle works as storage. The photovoltaics are high-performance mono crystalline photovoltaics.

SOLAR HEATING

EnergyFlexLab has a solar collector area of 13 m² enabling development activities where solar heat contributes to both hot domestic water and to space heating. EnergyFlexFamily has a traditional domestic hot water system with a solar collector area of 4.8 m².

Bygningerne er som udgangspunkt udført svarende til lavenergiklasse 1 (LE1), men kan ændres til de aktuelle BR-krav eller til BR 77-kravene.

The buildings were originally constructed according to low-energy class 1, but can be changed according to the current Building Regulations or to the Building Regulations from 1977.

SÅDAN ER
 EnergyFlexHouse
 BYGGET

THE DESIGN OF
 EnergyFlexHouse

LOKALT FJERNVARMENET

Der er etableret et lokalt fjernvarmenet med en lille varmecentral i bebyggelsens udkant. Nettet omfatter to sæt ledninger, så systemet giver mulighed for at arbejde med energioptimal drift af både traditionelle systemer og lavtemperatursystemer. Fjernvarmenettet giver desuden mulighed for at eksperimentere med transport af varme fra bygning til bygning og med energilagring i fjernvarmenettet.

VARMEFORDELLENDE SYSTEMER

EnergyFlexHouse er opført med flere varmefordelingssystemer, der kan anvendes enkeltvis eller i kombination. Der er således gulvvarme overalt samt radiatorer ved ydervægge/vinduer, radiatorer ved indervæggene og varmeplade i ventilationssystem. Fordelingssystemerne kan operere med forskellige fremløbstemperaturer og kan kombineres med forskellige varmekilder med henblik på energieffektivisering, indeklima, omkostningseffektivitet, styring og robusthed.

Der er i hvert hus installeret separate gulvvarmekredse til hvert rum – 10 i alt. Systemet er dimensioneret til lavtemperaturdrift med lille afkøling, dels af komfortmæssige hensyn, dels for at mindske uønsket varmetab i fordelingsrørene. En lav fremløbstemperatur er en forudsætning for lavtemperaturfjernvarme eller for energieffektive varmepumpeløsninger, og for udnyttelse af solvarme til rumopvarmning.

I EnergyFlexHouse er der to radiatorsystemer – et traditionelt system, hvor radiatorerne er placeret langs ydervæggene og under vinduer og et mere utraditionelt system, hvor radiatorerne er placeret langs indervæggene. Radiatorerne ved indervægge giver kortere rørtræk, mindre tryktab i systemet og mindre uønsket varmeafgivelse i fordelingsrørene.



Taget producerer elektricitet og varme mens de fjernbetjente ovenlys sikrer godt dagslys og mulighed for naturlig ventilation.

The roof generates electricity and heat, and includes automatic skylights providing day light and natural ventilation.

De to alternativer giver mulighed for at sammenholde radiatorudformning, temperaturniveau og temperaturgradienter i rummene.

VENTILATIONSYSTEMER

Begge huse er opført med et mekanisk ventilationsanlæg med effektiv varmegenvinding og lavt el-forbrug. Den passive varmeveksler i EnergyFlexLab er placeret på teknikloftet, mens varmeveksler og varmepumpe i afkastkanalerne er placeret i EnergyFlexFamily's bryggers. Lavtrykkanalsystemerne giver mulighed for indblæsning og udsugning i samtlige rum, styret af motorspjæld med variabel regulering.

Der er dermed mulighed for individuel regulering af luftmængden til de enkelte rum. Dette giver et unikt grundlag for at arbejde med behovsstyret ventilation i EnergyFlexHouse. Lab-bygningen er desuden forsynet med et naturligt ventilationssystem - ydervægsventiler i alle rum, kombineret med automatisk ovenlys, samt aftrækskanal fra baderum.

Ventilationssystemerne giver dermed mulighed for hybrid ventilation, f.eks. mekanisk ventilation med varmegenvinding i vinterhalvåret kombineret med naturlig ventilation i sommerhalvåret.

Varmesystemet muliggør stort set alle relevante kombinationer af varmeforsyninger (sol, varmepumpe, fjernvarme, kedler, mikrokraftvarme) og varmefordelende systemer (let eller tung gulvvarme, radiatorer ved indervæg eller ydervæg, samt luftvarme).

The installations make it possible to work with all relevant combinations of heat supply (solar, heat pump, district heating, boilers, micro-CHP) and heat distribution systems (floor heating, radiators by inner and outer walls, and through air heating systems).

LOCAL DISTRICT HEATING SYSTEM

A local district heating system has been set up with a small heat station on the periphery of the buildings. The system consists of two sets of pipes allowing for energy-optimum operation of the traditional systems as well as the low-temperature systems. The district heating system also makes it possible to experiment with the transportation of heat from one building to the other and with energy storage in the district heating system.

HEAT DISTRIBUTION SYSTEMS

EnergyFlexHouse was constructed with several heat distribution systems that can be used separately or in combination. There is floor heating in all rooms there are radiators placed along outer walls/windows and radiators placed along inner walls. Furthermore the ventilations system has heat coils for heating. The distribution systems can operate with different supply temperatures and can be combined with different heat sources with regard to energy efficiency, indoor climate, cost-efficiency, control and sturdiness.

Separate floor heating loop for each room have been installed – 10 in each house. The system is dimensioned for low-temperature operation with minor cooling, partly in order to ensure comfortable floor temperatures and partly to reduce unwanted heat losses from the distribution pipes. A low supply temperature is a prerequisite for low-temperature district heating or for energy efficient heat pump solutions and for utilising solar heating for space heating.

There are two radiator systems in EnergyFlexHouse: one traditional system where the radiators are placed along the outer walls and under the windows and a less traditional system where the radiators are placed along the inner walls. Radiators along the inner walls give shorter tube drawing, reduced pressure loss in the system and less unwanted emission of heat in the distribution pipes. The two alternatives make it possible to compare the radiator design, temperature level and thermal gradients in the rooms.

VENTILATION SYSTEMS

Both houses are constructed with a mechanical ventilation system with efficient heat recovery and low electricity consumption. The passive heat exchanger in the Lab house is placed in the technology loft room, while the exchanger and heat pump in the Family house are placed in the utility room. The low-pressure duct systems allows for air intake and exhaust in all rooms, controlled by an actuator damper with variable control.

This makes it possible to individually adjustment of the amount of air in each room and forms a unique basis for dealing with demand-controlled ventilation in EnergyFlexHouse.

The Lab house has additionally been equipped with a natural ventilation system: outer wall valves in all rooms, combined with automatic skylights and air shaft from the bathroom. Therefore, the ventilation systems make development of hybrid ventilation systems possible, e.g. mechanical ventilation with heat recovery during the winter term combined with natural ventilation during the summer term.



SÅDAN ER
EnergyFlexHouse
BYGGET

THE DESIGN OF
EnergyFlexHouse



BRUGSVANDS- INSTALLATIONEN

I EnergyFlexHouse er tappestederne for varmt vand af brugsmæssige grunde placeret spredt, hvilket er en udfordring i forbindelse med minimering af varmetab. Brugsvands-systemerne i EnergyFlexHouse kan anvendes med eller uden cirkulation. I EnergyFlexFamily er cirkulationssystemet udført med et dobbeltrør, hvor returrøret er placeret inde i fremløbsrøret. På denne måde mindskes længden af rørtrækket og varmetabet fra installationen.

OPVASK, VASK OG TØRRING

I EnergyFlexFamily huset er installationerne forberedt til en vaskemaskine og en tørretumbler i bryggerset samt en opvaske-maskine i køkkenet.

Alle tre placeringer kan forsynes med 230 volt el, varmt vand til indtag og varmt vand/fjernvarme til opvarmning via varmeveksler i apparaterne. Alle placeringer har mulighed for registrering af diverse parametre såsom temperatur, energi, flow og tid.

STYRING OG REGULERING

Datasystemet i EnergyFlexHouse åbner mulighed for udvikling og test af både simpel og intelligent styring. Pt. er der etableret samlede styringsmuligheder for varmesystem, mekanisk og naturlig ventilation og solafskærmning. I forbindelse med projekter relateret til fleksibelt energiforbrug i boligen forventes styringssystemet udvidet til også at omfatte udstyr.

DOMESTIC WATER INSTALLATION

For functional reasons, the hot water drawing points are located scattered in EnergyFlexHouse, which is a challenge when it comes to minimising heat loss. The domestic water systems in EnergyFlexHouse can be used with or without circulation. The circulation system in EnergyFlexFamily is constructed with a double pipe, where the return pipe is located inside the supply pipe. In that way, the length of the tube drawing and the heat loss from the installation are reduced.

INSTALLATIONS FOR WHITE GOODS

The installations in EnergyFlexFamily are designed for a washing machine and a tumble dryer in the utility room and a dishwasher in the kitchen on the first floor.

The installations can supply the machines with 230 volt electricity, hot and cold water for the process, and hot water/district heating for heating using build in heat exchangers. Sensors and meters for temperature, energy, flow and time are included in the installation.

CONTROL AND ADJUSTMENT

The data system in EnergyFlexHouse opens the prospect of developing and testing simple as well as intelligent control. Currently, complete control possibilities for the heating system, mechanical and natural ventilation and sun shading have been established.

In connection with projects related to flexible energy consumption in the house, the control system is expected to be extended to also include white goods and other equipment.

EnergyFlexHouse

EnergyFlexLab og EnergyFlexFamily er opført 2009
Bygherre: Teknologisk Institut
Arkitekter: Henning Larsen Architects
Udførende: Enemærke & Petersen a/s
Adresse: Teknologisk Institut,
Gregersensvej 13 og 14,
2630 Taastrup, Danmark

EnergyFlexHouse

EnergyFlexLab and EnergyFlexFamily were built in 2009
Builder: Danish Technological Institute
Architect: Henning Larsen Architects
General contractor:
Enemærke & Petersen a/s
Address: Danish Technological Institute,
Gregersensvej 13 and 14,
2630 Taastrup, Denmark

TEKNOLOGISK INSTITUT

Teknologisk Institut udvikler, anvender og formidler teknologibaseret viden til erhvervslivet. Institutet tilbyder også rådgivnings- og standardiseringsaktiviteter, der medvirker til dynamisk og harmonisk samfundsudvikling.

Endelig styrker Teknologisk Institut kompetencer i private og offentlige virksomheder gennem kursus-, certificerings- og foredragsvirksomhed. Teknologisk Instituts vigtigste opgave er at sikre, at ny viden og teknologi hurtigt kan omsættes til værdi for vores kunder i form af nye eller forbedrede produkter, materialer, processer, metoder og organisationsformer.

DANISH TECHNOLOGICAL INSTITUTE

Danish Technological Institute develops and provides technology-based expertise to the Danish industry. The Institute also offers consultancy and standardisation services which contribute to dynamic, harmonious social development.

Finally, Danish Technological Institute strengthens competences at private and public companies and organisations through courses, certification and lectures. The most important task of Danish Technological Institute is to ensure that new expertise and technology can quickly be converted into value for our customers in the form of new or improved products, materials, processes, methods and organisational structures.



SAMARBEJDET STARTER HER

KONTAKT TEAMET

I EnergyFlexHouse PÅ
TEKNOLOGISK INSTITUT

Forskning, udvikling, demonstration, test og dokumentation i EnergyFlexHouse omfatter en række centrale teknologiområder, og udføres i samarbejde med et bredt ekspertteam på Teknologisk Institut.

Kontaktlisten er på næste side er nyttig, når jeres virksomhed har et specifikt behov for test, har forslag til et nationalt eller internationalt samarbejdsprojekt, eller har lyst til at se EnergyFlexHouse og drøfte udvikling af teknologi.

THE INTERNATIONAL CO-OPERATION STARTS HERE

PLEASE CONTACT

THE EnergyFlexHouse TEAM AT
DANISH TECHNOLOGICAL INSTITUTE

Research, development, demonstration, testing and documentation in EnergyFlexHouse comprise a number of central areas of technology and they are carried out in co-operation with a wide range of experts at Danish Technological Institute.

The contact list at the following page is useful when your company needs specific testing, has proposals for international co-operation projects or would like to visit EnergyFlexHouse and discuss technology development.

HER LIGGER EnergyFlexHouse

Kortet viser vejen

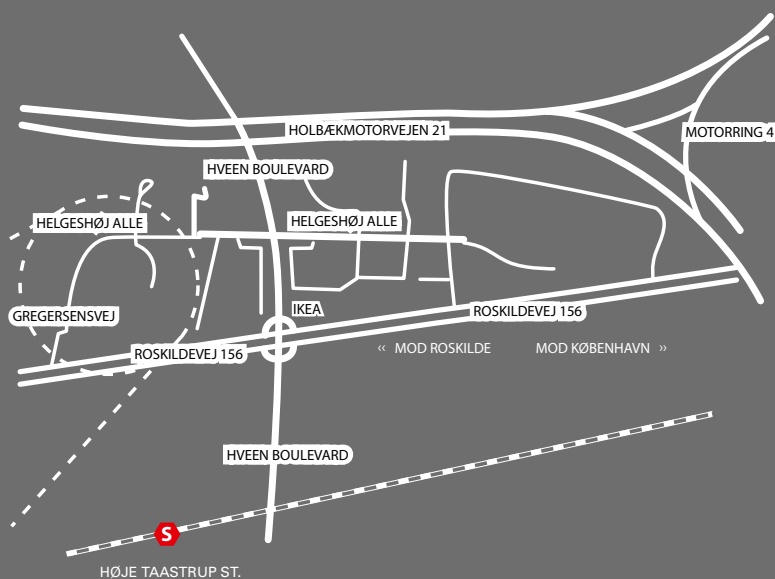
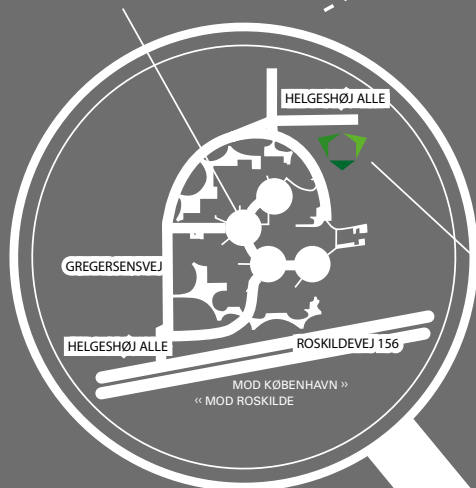
På www.teknologisk.dk/22926,3 vises vejen fra et vilkårligt sted til Teknologisk Institut.

FIND YOUR WAY TO EnergyFlexHouse

The map shows you how to get there.

At www.dti.dk/23797,2 you can find your way from any location to Danish Technological Institute.

 **TEKNOLOGISK
INSTITUT**



 **EnergyFlexHouse**
TEKNOLOGISK INSTITUT

HENVENDELSER, DER OMFATTER FLERE TEKNOLOGIOMRÅDER
OG BREDE PROJEKTER MED FOKUS PÅ
LAVENERGIBYGGERI OG ENERGIEFFEKTIVISERING /

*ENQUIRIES THAT COMPRISE SEVERAL AREAS OF TECHNOLOGY
AND WIDE-RANGING PROJECTS WITH FOCUS ON
LOW-ENERGY BUILDINGS AND ENERGY EFFICIENCY*

Ole Ravn, centerchef, civilingeniør, M.Sc.
Mikael Grimmig, sektionsleder, arkitekt, Architect

or@teknologisk.dk / +45 7220 2521
mg@teknologisk.dk / +45 7220 2415

HENVENDELSER OM ENKELTE TEKNOLOGIOMRÅDER/
ENQUIRIES ABOUT INDIVIDUAL AREAS OF TECHNOLOGY

Fjernvarme og varmesystemer/ DH and Heating Systems

Christian Holm Christiansen, civilingeniør, M.Sc.
Otto Paulsen, civilingeniør, M.Sc., ph.d.

cnc@teknologisk.dk
otp@teknologisk.dk

Ventilationssystemer/Ventilation Systems

Christian Drivsholm, civilingeniør, M.Sc.
Christian Grønberg Nicolaisen, diplomingeniør, B.Sc.

cd@teknologisk.dk
cgl@teknologisk.dk

Varmepumper/Heat Pumps

Claus Schøn Poulsen, centerchef, Centre Manager
Per Henrik Pedersen, civilingeniør, M.Sc.

csp@teknologisk.dk
prp@teknologisk.dk

Klimaskærmen/ Building Envelope

Lars Olsen, civilingeniør, M.Sc.
René Østergaard, konsulent, Consultant

lo@teknologisk.dk
rod@teknologisk.dk

Styring, måleplatform, data/Control, Measurements, Data

Lars Hansen, elektroniktekniker, Electronics Engineer
Søren Østergaard Jensen, civilingeniør, M.Sc.
Sandie B. Nielsen, diplomingeniør, stærkstrøm, B.Sc.

lxh@teknologisk.dk
sdj@teknologisk.dk
sbn@teknologisk.dk

Vinduer og solafskærmning/Windows and Sun Shadings

Anne Svendsen, teamleader, Team Leader
Lars Thomsen Nielsen, konsulent, Consultant

ans@teknologisk.dk
ltn@teknologisk.dk

Beton og PCM/Concrete and PCM

Ane Mette Walter, konsulent, Consultant
Magne L. Schütt Hansen, teamleader, Team Leader

amkn@teknologisk.dk
mlh@teknologisk.dk

Energiforbrugende udstyr/ Energy Consuming Equipments

Jørgen Kjeldgaard, seniorkonsulent, Senior Consultant
Hans Walløe, seniorkonsulent, Senior Consultant

jk@teknologisk.dk
haw@teknologisk.dk

Familier og adfærd/Families and User Behaviour

Ditte Marie Jørgensen, konsulent, Consultant

dmj@teknologisk.dk

Living Lab - brugerdriven innovation/User Driven Innovation

Louise Hvid Jensen, centerchef, Centre Manager

lhj@teknologisk.dk

Smart Grid - fleksibelt forbrug/Flexible Consumption

Frank Elefsen, teknologichef, Technology Manager

fre@teknologisk.dk

Gregersensvej
DK-2630 Taastrup
Tel +45 72 20 20 00
Fax +45 72 20 20 19
info@teknologisk.dk

www.teknologisk.dk
www.dti.dk

