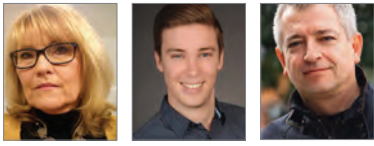


# Hvorfor er **næsten nul-energi bygninger** det rigtige valg?

Erfaringer, forventninger samt fordele ved at bo i lavenergiboliger





**Forfattere:**

Marjana Šijanec Zavrl  
Marko Jačimovič  
Miha Tomšič  
Henrik Gjerkeš  
Neva Jejčič

[www.gi-zrmk.si/en](http://www.gi-zrmk.si/en)



Mojca Štritof Brus  
Damjana Varšek

[www.ssrs.si/eng/](http://www.ssrs.si/eng/)



Hans Erhorn  
Heike Erhorn-Kluttig  
Micha Illner

[www.ibp.fraunhofer.de](http://www.ibp.fraunhofer.de)



Bernd Utesch

[www.abg-fh.com](http://www.abg-fh.com)



Kim Wittchen  
Kirsten Engelund Thomsen

[www.sbi.aau.dk](http://www.sbi.aau.dk)



Ove Mørck  
Ole Balslev-Olesen  
Miriam Sánchez-Mayoral

[www.kubenman.dk](http://www.kubenman.dk)



Mikkel Jungshoved

[www.bl.dk/in-english](http://www.bl.dk/in-english)



Michele Zinzi  
Benedetta Mattoni

[www.enea.it/en](http://www.enea.it/en)



Marco Corradi  
Simone Gabrielli  
Elisa Artioli

[www.acer.re.it](http://www.acer.re.it)



# Hvorfor er næsten **nul-energi bygninger** det rigtige valg? Erfaringer, forventninger samt fordele ved at bo i lavenergiboliger

## Indhold

Introduktion	4
Hvad er en næsten nul-energi/Lavenergiklasse bygning?	5
Fordele ved lavenergietageboliger	6
Beboernes forventninger	7
Interessante fakta fra CoNZEBS deltagerlandene	9
Myter om lavenergiboliger	12
Nationale eksempler på lavenergietageboliger	13
- Danmark	14
- Slovenien	16
- Tyskland	17
- Italien	18
CoNZEBS projektet	19

# Introduktion

Den eksisterende bygningsmasse i EU er gammel og har et højt energiforbrug. De seneste undersøgelser viser, at EU's bygninger er ansvarlige for ca. 40% af det samlede energiforbrug og 36% af EU's CO<sub>2</sub>-udledninger. I øjeblikket er ca. 35% af EU's bygninger over 50 år gamle, og næsten 75% af bygningerne bruger for meget energi [1]. Byggesektoren er udpeget som den sektor, der i videst omfang vil kunne bidrage til at nå EU's klima- og energimål 20/20/20 inden 2020 [2]. På langt sigt vil bygninger ved at øge energieffektiviteten og med en stigende brug af vedvarende energikilder også kunne bidrage væsentligt til 2050-målene om et 100% fossilfrit samfund.

Udover den intensive indsats ift. energirenoeringen af eksisterende bygninger koncentrerer EU sig også om gennemførelse af den fortsatte stramning af energibestemmelser for alle nye bygninger. Desuden indebærer EU Direktiv 2010/31/EU om bygningers energimæssige ydeevne (EPBD), at alle nye bygninger ved udgangen af 2020 er næsten nul-energi bygninger. I Danmark svarer det til Lavenergiklasse – defineret i det dansk bygningsreglement. Fra og med udgangen af 2018 skal alle nye offentlige bygninger i EU være næsten nul-energi [1].

Lavenergiklasse er bygninger med et meget lavt energiforbrug. Den begrænsede mængde energi, som disse bygninger bruger, kommer blandt andet fra vedvarende energikilder. Eksisterende energibesparelseteknologier kombineret med vedvarende energikilder er tilstrækkelige til at nå Lavenergiklasse-målet. Byggeomkostningerne for Lavenergiklasse forventes at blive reduceret i fremtiden som reaktion på større og mere modne markeder for lavenergibyggeri [3].

EU-projektet CoNZEBS (2017-2019) sigter mod at fremme lavenergibyggeri ved at undersøge muligheden for reduktion af byggeomkostninger og ved at adressere nogle beboeres skepsis overfor det at bo i lavenergibyggeri. Projektets fokus ligger på etageboliger. Samarbejde mellem forskningspartnere og nationale boligselskaber er resulteret i forskellige sæt af teknologiløsninger til reduktion af byggeomkostningerne og har afdækket nuværende og fremtidige brugeres holdning til at bo i lavenergiboliger.

Denne brochure er baseret på en undersøgelse af beboernes erfaringer og forventninger vedrørende lavenergiboliger, som blev afsluttet i 2018 i de deltagende lande i CoNZEBS projektet (Tyskland, Italien, Danmark og Slovenien). Brochuren er beregnet til potentielle brugere, til dem der allerede bor i lavenergi-etageboliger og til boligselskaberne, som kan bruge brochuren til at overbevise deres lejere om det lave energiforbrug og andre fordele ved at bo i sådanne bygninger. Formålet med brochuren er også at bidrage til den offentlige accept af vigtigheden af at reducere energiforbruget i bygninger generelt.



[1] <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency/buildings>

[2] Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings

[3] Towards nearly zero-energy buildings – Definition on common principles under the EPBD – [https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/nzeb\\_full\\_report.pdf](https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/nzeb_full_report.pdf)

# HVAD ER en næsten nul-energi/Lavenergiklasse bygning?

## Vigtigste fordele ved en lavenergibolig:

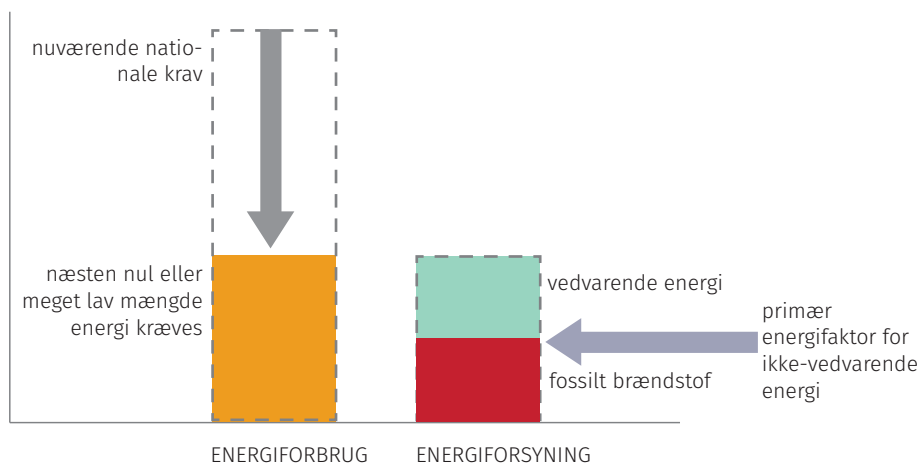
- lavt varmeforbrug
- høj andel af vedvarende energi
- lave energiomkostninger
- lave CO<sub>2</sub>-udledninger
- god indendørs luftkvalitet

Bygningssektoren er en nøglesektor for at nå EU's ambitiøse klima- og energimål. Nye bygninger skal derfor overholde skærpede energikrav. Denne forpligtelse til at bygge lavenergibyggeri er en måde at fremme innovation og anvendelse af vedvarende energikilder og dermed opnå en betydelig reduktion af drivhusgas-udledninger og energiforbrug, samt bidrage til at mindske EU's afhængighed af energiimport.

Ifølge direktivet om bygningers energimæssige ydeevne (EPBD) skal EU-medlemsstaterne sikre, at alle nye bygninger senest den 31. december 2020 er næsten nul-energibygninger, og efter den 31. december 2018 er nye bygninger, der bruges og ejes af offentlige myndigheder, næsten nul-energi bygninger.

En næsten nul-energibygning er i Danmark defineret som en bygning, der opfylder kravene til Lavenergiklasse i det danske bygningsreglement (BR18). Den meget lave mængde energi der kræves, kan i høj grad dækkes af energi fra vedvarende energikilder for eksempel solvarme eller strøm fra solceller [2].

I praksis er der nogle tekniske systemer og teknologier, der ofte benyttes i lavenergiboliger. Lavenergiboliger er baseret på en velisoleret klimaskærm, bygget uden kuldebroer og med høj lufttæthed. Vinduerne har høj-isolerede rammer og -glas. Solafskærmning er vigtig for at reducere og/eller forhindre kølebehov, især i varme klimaer. Lavenergiboliger har tit et mekanisk ventilationsystem med varmegenvinding. Ofte opvarmes lavenergiboliger med varmepumper eller biomassekedler, solfangere, og/eller de producerer elektricitet ved hjælp af solcellepaneler - til eget brug og/eller til el-nettet.



Figur 1: Grafisk fortolkning af lavenergibolig definitionen i henhold til artikel 2 og 9 i EPBD [4]

[4] H. Erhorn, H. Erhorn-Kluttig, Overview of national applications of the Nearly Zero-Energy Building (NZEB) definition, CA EPBD III, 2015

# FORDELE ved lavenergi-tageboliger

Med bedre energieffektivitet, reduktion af energiforbrug og den voksende brug af energi fra vedvarende energikilder (VE) giver lavenergi-boliger flere fordele - for bygherrer, lejere, lokalsamfund, økonomi og miljø.

På grund af lave energibehov og brug af vedvarende energikilder hjælper lavenergi-boliger med at reducere risikoen for uoprettelige klimaændringer. Sammen med klimaet påvirker det nye lavenergi-bolig-marked også byggesektoren og udviklingen af avancerede energieffektive og vedvarende energi teknologier med et betydeligt beskæftigelsespotentiale i hele Europa.

Ud over disse fordele vil det at bo i lavenergi-boliger have en direkte positiv indflydelse for brugere på grund af energi- og økonomibesparelser, god indendørs komfort og mulighed for et "grønt" image.

Listen over fordele ved at bo i "lavenergi-lejeboliger" er endnu længere for ejere af "lavenergi-boliger", da lavenergi-boliger også kan betragtes som en rentabel langsigtet investering, der ligeledes viser bygherrens holdning til bæredygtig levevis.

På trods af de mange fordele, der er påvist for de tidlige lavenergi-boliger, er nogle brugere stadig skeptiske overfor lavenergi-boliger. Dette giver sig bl.a. udslag i en række myter om lavenergi-boliger.

## Fordele for lejere af lavenergi-lejligheder:

- lave energiomkostninger
- mindre afhængighed af stigende energipriser
- forbedret indendørs komfort (termisk/luftkvalitet/lav risiko for skimmel)
- færre negative miljøpåvirkninger
- som beboer er man rollemodel for andre, f.eks. gæster

## Fordele for ejere, der bor i lavenergi-lejlighed:

- lave energi- og driftsomkostninger
- yderligere investeringer betaler sig hurtigt hjem
- besparelser genereret over hele livscyklussen
- mindre påvirkelighed af stigende energipriser
- højere ejendomsværdi (også i de kommende år), herunder bedre energimærkning
- forbedret indendørs komfort (termisk/luftkvalitet/mindre risiko for skimmel)
- mindre negativ miljøpåvirkning
- som ejer er man rollemodel for andre, f.eks. gæster
- mulighed for at drage fordel af egenproduceret vedvarende energi (sol-el, eller solvarme)



# Beboernes FORVENTNINGER

At opfylde brugernes forventninger til deres hjem er en vigtig succesfaktor for et godt bygningsdesign. Lavenergiboliger handler ikke kun om energi og omkostninger, men også om livskvalitet.

I CoNZEBS-projektet blev der lavet en undersøgelse blandt nuværende og potentielle fremtidige lavenergibolig-beboere for at få et bedre indblik i boligejernes og lejernes meninger, tvivl, præferencer og prioriteter vedrørende deres hjem. Samlet set dækkede interviews i fire deltagende lande (udført via boligselskaber i Tyskland, Italien, Danmark og Slovenien) 293 beboere, hvoraf 112 bor i en lavenergibolig, og 181 er potentielle fremtidige brugere af en lavenergibolig.

Undersøgelsen indeholdt dels en række almindelige spørgsmål, dels spørgsmål om lavenergiboliger, der var beregnet til beboere i etageboliger. Pga. forskelle i byggesektorerne, andel af lejere og ejere samt de generelle erfaringer med de tidlige lavenergiboliger var spørgsmålene tilpasset de enkelte lande.

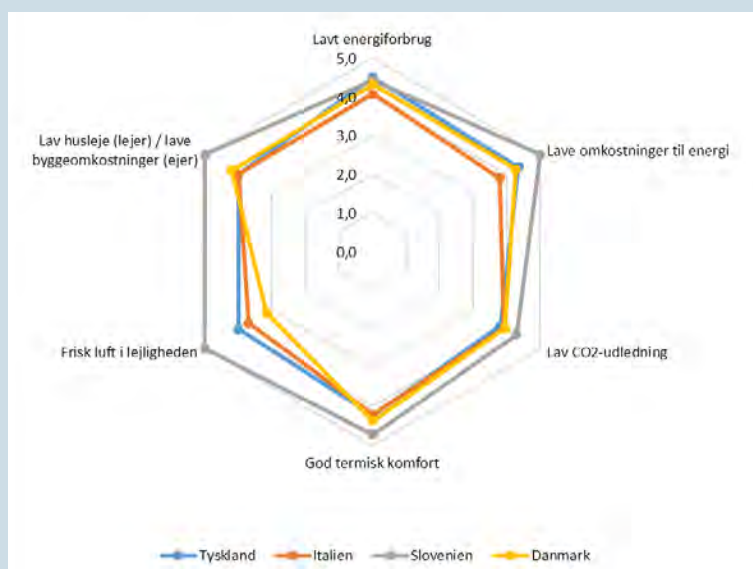
## Beboernes viden om lavenergiboliger

På trods af at lavenergibolig-definitionen er forskellig fra land til land, viser besvarelserne fra CoNZEBS undersøgelsen fra Tyskland, Italien og Slovenien, at brugerne i disse lande har en rimelig interesse for lavenergiboliger, mens lejere i dansk alment boligbyggeri viste lidt mindre interesse for de særlige energitiltag i denne slags bygninger. En af grundene til dette kan være, at de danske beboere, der blev interviewet, ikke ejer deres lejligheder, men bor til leje.

## Beboeres præferencer om deres hjem

Resultater af undersøgelsen viser, at omkostninger og komfortrelaterede fordele (dvs. lave energiomkostninger, lavt energiforbrug, godt indeklima mv.) er de vigtigste parametre, når de adspurgte vurderer hvor tilfredse de er med deres lejlighed. De udtrykte præferencer er stort set de samme for begge grupper af brugere, dvs. for hhv. nuværende beboere af lavenergiboliger og for potentielle fremtidige lavenergibolig beboere (Figur 2).

### HVAD ER VIGTIGT FOR DIG SOM BEBOER?



Figur 2: Parametre, der indikerer nuværende beboere af lavenergilejligheders præferencer med hensyn til deres lejlighed.

## Bekymringer om det at bo i lavenergiboliger

En af de vigtigste dele af spørgeskemaet omhandlede brugernes bekymringer om det at bo i lavenergiboliger. Disse er generelt forbundet med:

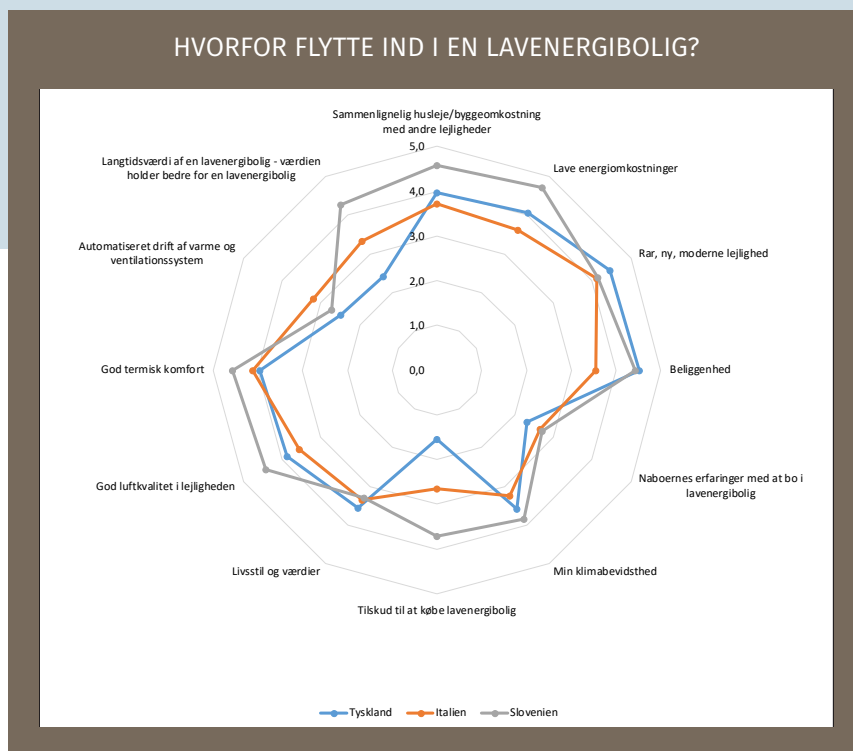
- den indendørs luftkvalitet,
- levetiden af de tekniske systemer,
- brugervenligheden af kontrolsystemer og CTS-anlæg,
- rentabiliteten ved flere teknologier og deres faktiske anvendelighed.

Undersøgelsen viste, at der eksisterer nogle generelle overbevisninger og endda myter om det at bo i lavenergiboliger. På de følgende sider gennemgås og modbevises en række myter om lavenergiboliger.

## Grunde til at flytte til en lavenergibolig

I Tyskland, Slovenien og Italien er de mest almindelige grunde til at flytte ind i en lavenergibolig forbundet med komfort og omkostninger, med tilskudsordninger til køb af lavenergi-lejlighed (tilgængeligt i nogle lande) og sammenlignelige priser mellem lavenergiboliger og "almindelige" bygninger.

Ifølge CoNZEBS undersøgelsen (Figur 3) var de mest betydningsfulde grunde til at flytte i en lavenergibolig i Tyskland og Italien en "pæn, ny, moderne lejlighed" og et "godt indeklima", hvilket betyder, at de vigtigste aspekter er relaterede til en persons fysiske og psykiske velbefindende. I Slovenien valgte brugerne "lave energiomkostninger" og "god termisk komfort" som de to vigtigste grunde, men også meget vigtige var "god indendørs luftkvalitet", "bygningens placering" og "sammenlignelig husleje/pris ift. andre lejligheder".



Figur 3: Sammenligning af grunde for flytning til en lavenergibolig - nuværende beboere

## Information om Lavenergiboliger

De fleste af brugerne vurderede kvaliteten af den tilgængelige information om lavenergiboliger ret lavt, uanset informationskilden. Derfor bør pålidelige og uafhængige informationsplatforme etableres og fremmes bredt i fremtiden, og gratis informationsarrangementer afholdes, hvor der bliver spredt viden, nedbrudt barrierer og misforståelser vedrørende lavenergiboliger, samt muliggjort større forståelse for lavenergibolig-konceptet for de potentielle fremtidige beboere.

## Brugernes tilfredshed med at bo i lavenergiboliger

Undersøgelsen viser, at de potentielle fremtidige lavenergibolig-beboere var entusiastiske og har store forventninger til et godt indeklima og lave energiomkostninger, sandsynligvis på grund af deres nuværende bolig og mangler ved den. En vigtig konklusion fra de danske svar er, at de nuværende lavenergibolig-beboere er glade for at bo i deres lavenergibolig, og 84% af dem foretrækker at flytte ind i en lavenergibolig igen.



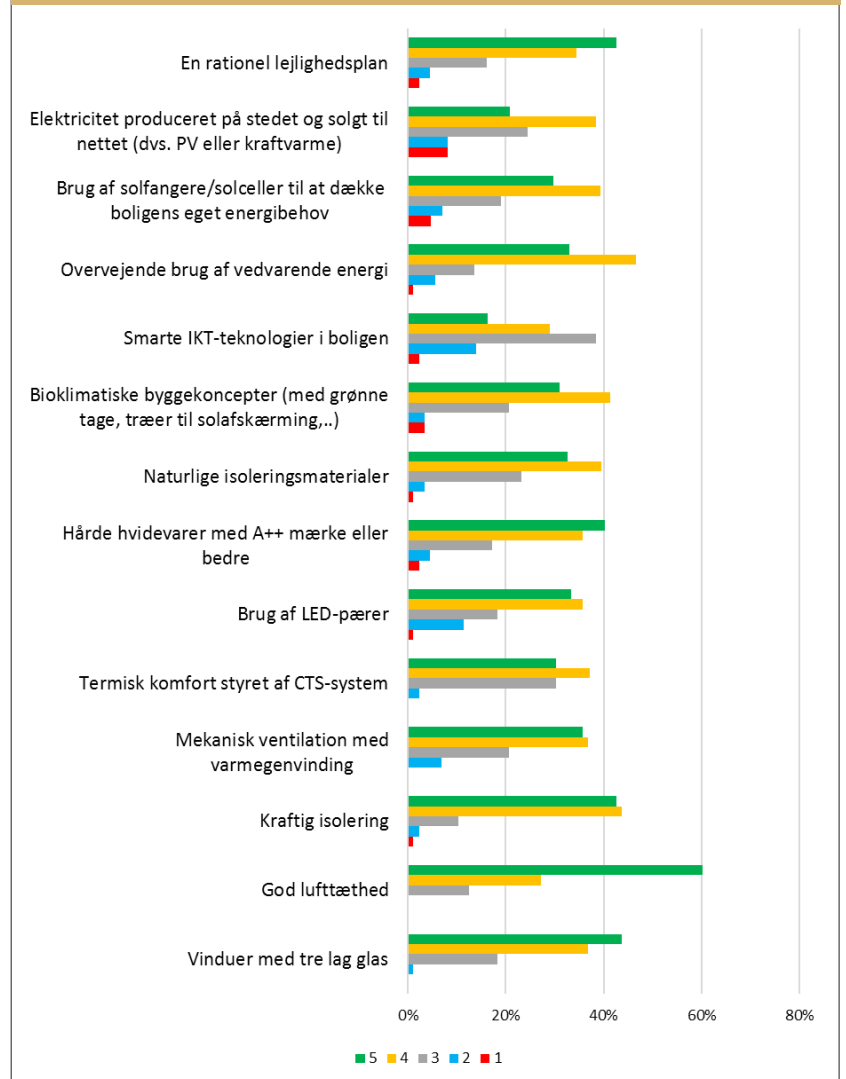
# INTERESSANTE FAKTA fra CoNZEBS deltagerlandene

## SLOVENIEN

I Slovenien er det interessant, at brugerne primært valgte god lufttæthed som den teknologi, der definerer lavenergiboliger bedst. Dette kan sandsynligvis være forbundet med, at mange af brugerne i de senere år har udskiftet vinduer i deres lejligheder og er blevet informeret om vigtigheden af lufttæthed.

Det kan også bemærkes, at de overvejende betragtede næsten alle de listede teknologier som vigtige for lavenergiboliger. Som regel forbinder slovenske beboere lavenergiboliger med brug af vedvarende energikilder. Mange forstår, at lavenergiboliger har brug for solceller (PV) og ikke kun de andre vedvarende energiteknologier som varmepumper, biomasse kedler og/eller solfangere.

## TEKNOLOGIER, DER KARAKTERISERER LAVENERGIBOLIGER (5 - mest vigtige og 1 - mindst vigtige)

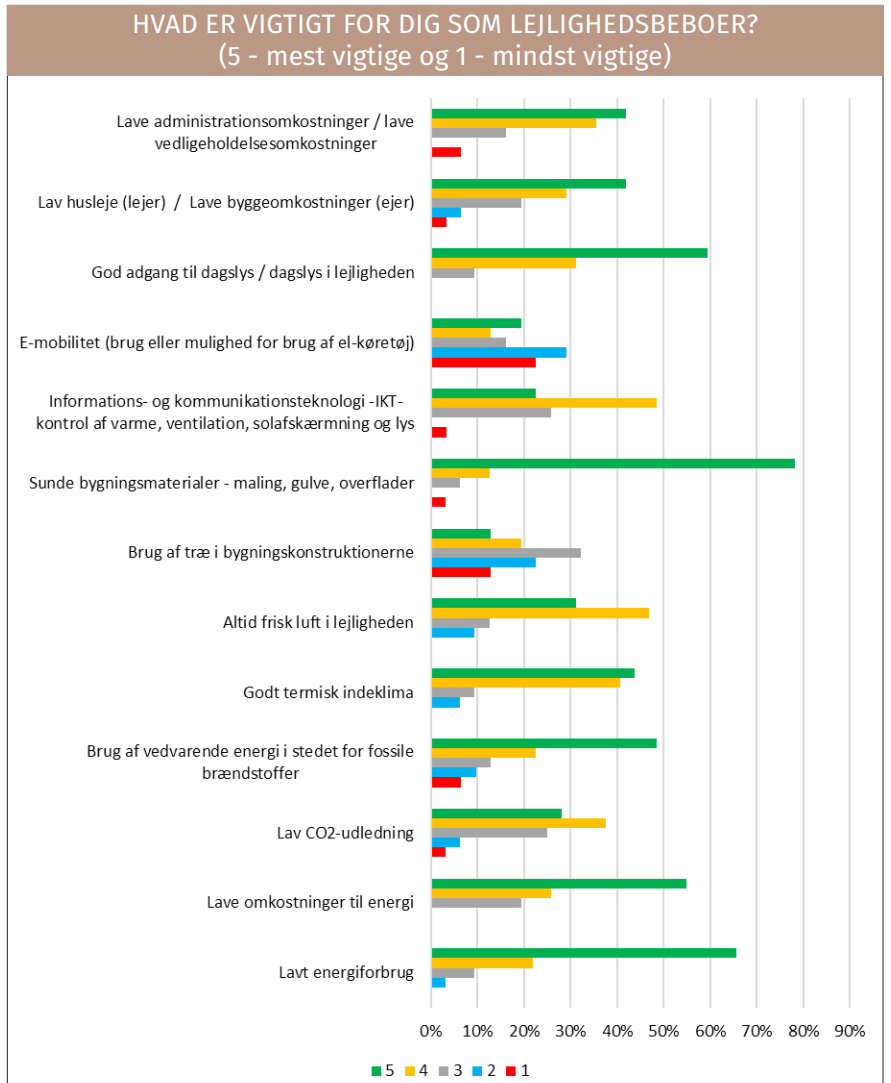


Figur 4: Teknologier, der karakteriserer lavenergiboliger - beboernes mening i Slovenien



## TYSKLAND

De tre vigtigste faktorer for de tyske beboere i lavenergiboliger er sunde byggematerialer, lavt energiforbrug og god adgang til dagslys. Det skal nævnes, at i den tyske udgave af spørgeskemaet blev "sunde materialer" oversat til "ikke-farlige materialer", hvilket kunne være årsagen til, at denne faktor blev vurderet vigtigere i Tyskland end i de andre lande.



Figur 5: Betydningen af lavenergiboligens egenskaber for beboerne i Tyskland



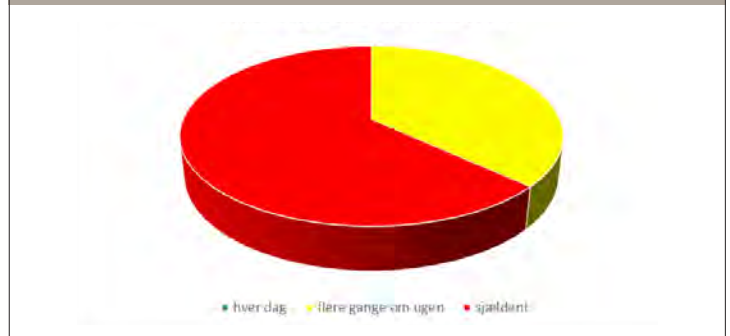
## DANMARK

Den danske undersøgelse gav et ikke overraskende resultat om brugernes vaner. Alle lavenergi etageboliger i Danmark har mekanisk ventilation på grund af et krav i det danske bygningsreglement, men på trods af dette hævder 37% af beboerne, at de åbner vinduerne flere gange hver uge for at sikre frisk luft i deres lejligheder, og de fleste af beboerne (70%), der åbner vinduerne, lader vinduerne være åbne i mere end 10 minutter. Det er ret almindeligt i Danmark, at beboere lufter kort ud i deres boliger et par gange i døgnet uanset ventilationsform i boligen.

## ITALIEN

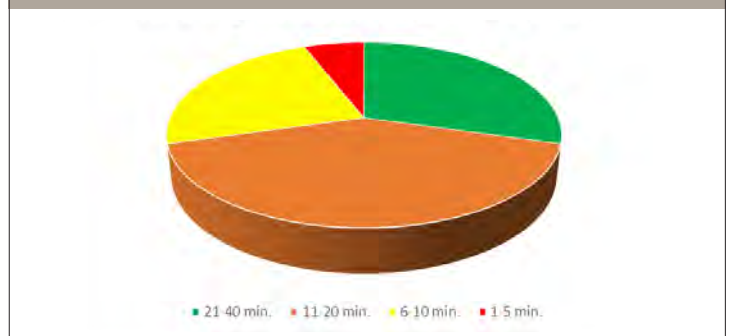
I Italien vurderede beboere, der bor i lavenergi-boliger, at en vis teknisk forståelse er nødvendig for at bruge lavenergibygninger. Ca. en tredjedel af lavenergibolig-beboerne har i det mindste et grundlæggende kendskab til de installerede teknologier, mens andre mener, at en lavenergi-bolig kan bruges uden teknologisk viden, men at en velinformeret bruger kan forbedre boligens energimæssige ydeevne.

### HVOR OFTE ÅBNER DU VINDUERNE



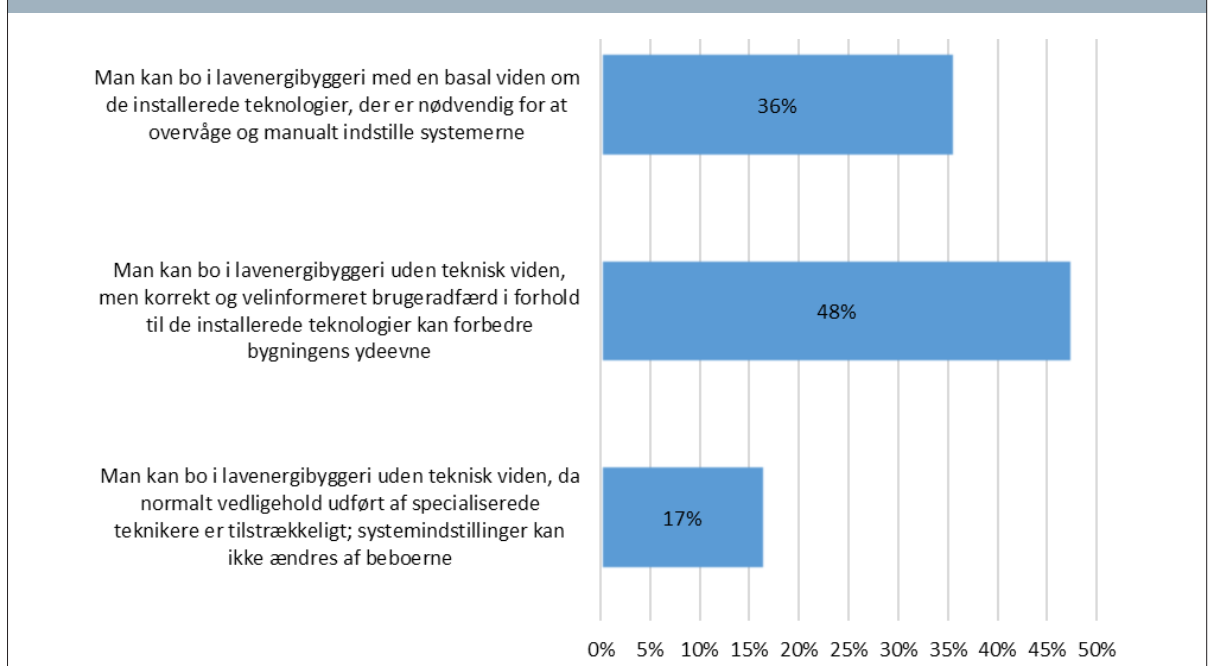
Figur 6: Hvor ofte åbner beboere vinduerne i mekanisk ventilerede lejligheder? (Danmark)

### HVOR LÆNGE LADER DU VINDUERNE VÆRE ÅBNE?



Figur 7: Hvor længe har beboere vinduerne åbne i mekanisk ventilerede lejligheder? (Danmark)

### ER FORUDGÅENDE TEKNISK VIDEN NØDVENDIG FOR AT BO I LAVENERGIBOLIGER?



Figur 8: Hvor vigtig er teknisk viden for at bo i lavenergiboliger (Italien).

# MYTER om lavenergiboliger



Kvinde, 60 år, der bor i et almindeligt lejlighedskompleks fra 70-erne:

»Jeg er bekymret for disse nye lufttætte bygninger. Jeg vil ikke indånde brugt luft.«

## For høj lufttæthed kan give mangel på frisk luft

Det er korrekt at nye lavenergiboliger er tætte – det er en del af forudsætningen for at kunne opnå status som lavenergi-byggeri. Men i stedet for at luften fornyes ved at trække ind gennem revner og sprækker i bygningskonstruktionen, er lavenergi-bygningerne typisk forsynet med et mekanisk ventilationsanlæg. Dette sikrer, at luften fornyes ca. en gang hver anden time, hvilket er helt som beskrevet i reglerne i Bygningsreglementet i Danmark. Dermed vil luftkvaliteten typisk være bedre end i boliger uden ventilationsanlæg, hvor mange beboere ikke får luftet nok ud.

Fordelen ved moderne ventilationsanlæg er desuden, at de genvinder varmen fra den brugte luft i en såkaldt varmeveksler, eller varmegenvinder, som er konstrueret så den friske luft ikke kommer i berøring med den brugte, men modtager varmen gennem mange, meget tynde plader.



## Lavenergiboliger er for varme om sommeren

Både almindelige boliger og lavenergiboliger kan blive for varme om sommeren. Dog er der mulighed for at anvende arkitektoniske og/eller tekniske løsninger for at undgå overophedning om sommeren, selv uden et klimaanlæg. Det kan være nyttigt at vide i alle typer af boliger. En meget effektiv og økonomisk måde er at anvende naturlig afkøling om natten, der opnås ved at åbne vinduerne og derved benytte den kølige natteluft til at afkøle bygningen. En anden meget effektiv måde at reducere overophedning på er at benytte en udvendig solafskærmning. Dette kan være alt fra en markise, et enkelt udhæng til et udvendigt bambusgardin fra IKEA.

## Højeffektive lavenergi-bygninger har mindre dagslys

Det danske bygningsreglement indeholder tekniske regler, der definerer kravet til dagslys fra vinduer, glasdøre, ovenlys osv. Når der anvendes trelagsvinduer med lavere lysgennemgang øges kravet derved til glasarealet, sådan at det samlede dagslysniveau stadigvæk kan overholdes. Samtidigt er det værd at huske på, at trelagsvinduer mærkbart reducerer varmetabet og forbedrer den temperaturmæssige balance indendørs, således at det f.eks. er muligt at udnytte gulvarealet bedre, da man kan opholde sig nær vinduerne uden at opleve kuldenedfald, således som det er tilfældet i ældre huse med dårligere vinduer.



Kvinde, 45 år, der bor i en almindelig bolig fra 70-erne:

»Trelagsvinduer og vinduer der sidder tilbagetrukket i tykke vægge vil reducere dagslyset i huset.«

Ikondesign Freepik

## Avancerede teknologier, der anvendes i lavenergiboliger kan øge vedligeholdelses- og driftsomkostningerne

På den ene side vil lavenergiboliger normalt have højere vedligeholdelsesomkostninger på grund af flere avancerede byggeteknologier, men på den anden side kompenseres de højere vedligeholdelsesomkostninger af lavere energiudgifter. Samlet vil det betyde, at beboere i lavenergiboliger kan forvente betydelige besparelser i samlede energi- og driftsomkostninger i forhold til ikke-lavenergibygninger.



Kvinde, 50 år, der bor i et lejlighedskompleks fra 40-erne:

»Jeg er bekymret for, om der er meget tør luft i de nye lavenergibygninger.«

## Tør luft i lavenergiboliger om vinteren

Boliger (og andre bygninger) i Danmark har generelt lav relativ luftfugtighed om vinteren. Det skyldes, at den friske luft, vi ventilerer bygningen med, kun har meget lidt vanddamp med ind. Når vi taler om relativ luftfugtighed betyder det i forhold til hvor meget vanddamp, der maksimalt kunne være ved den bestemte temperatur, vi ser på. Når luften er kold, kan den ikke indeholde ret meget vanddamp. Ved 0°C kan luften indeholde ca. 5 g vanddamp per m<sup>3</sup>, dvs. 4 gram vanddamp vil betyde at den relative fugtighed i udeluften vil være ca. 80% ( $100 \cdot 4/5$ ). Når udeluften med de få gram vanddamp kommer ind i bygningen og varmes op til stuetemperatur, kan den indeholde meget mere vanddamp. Ved 22 °C kan luften indeholde næsten 20 g vanddamp per m<sup>3</sup>. Derfor vil de 4 gram vanddamp, der var i udeluften kun svare til en relativ luftfugtighed på 20% ( $100 \cdot 4/20$ ). Det betyder, at jo mere vi ventilerer om vinteren, jo mere falder den relative luftfugtighed, og jo mere tør føles luften. Det sker i alle bygninger, uanset om det er lavenergibygninger eller ej. Måske nogle kan huske, at det en gang var ret almindeligt at hænge luftfugtere på radiatorerne, og det kan stadig være en god idé, hvis man er generet af tør luft.

## NATIONALE EKSEMPLER på lavenergietageboliger



Selv om lavenergibyggeri i en del EU-lande først bliver en obligatorisk standard for nye beboelsesbygninger ved udgangen af 2020, er mange "tidlige" lavenergibyggerier allerede etableret frivilligt.

På de følgende sider er der vist fire nationale eksempler på etagebygninger bygget i lavenergi standard fra CoN-ZEBs-landene (Slovenien, Tyskland, Danmark og Italien). Hver bygning er præsenteret med en teknisk beskrivelse og for Danmark endvidere med erklæringer fra tre beboere. Bygningerne er opført af forskellige boligselskaber (private eller offentlige). De er i flere tilfælde udformet og bygget før detaljerede nationale lavenergi-definitioner er blevet fastsat. De præsenterede eksempler på lavenergi etagebygninger kan således ses som fyrtårnsprojekter.

### Nationale eksempler:

- Etageboliger på Dortheavej, København (Danmark)
- Model House F3, Ljubljana (Slovenien)
- Frankfurter Klimaschutzhaus, Frankfurt (Tyskland)
- San Giusto, Prato (Italy)



## ETAGEBOLIGER - DORTHEAVEJ, KØBENHAVN

Dette lejlighedskompleks på Dortheavej i København ejes af Boligselskabet Bo-Vita. Det blev designet af det danske arkitektfirma BIG. Den bærende konstruktion er beton, og facaderne er dækket af sibirsk fyr. Bygningen er centralt opvarmet fra Københavns fjernvarme. Lejlighederne ventileres af et centralt mekanisk ventilationssystem med varmegenvinding.

**Bygningen er en lavenergibygning bygget efter bygningsklasse 2020 - defineret i Bygningsreglement 2015.**

Bygningen er udformet med en svag bue mod syd og skaber derved plads til et offentlig rum til gaden på sydsiden og med adgang til et intimt grønt område mod nord. Modulerne gentages langs kurven i samme højde som de omkringliggende bygninger. Store gulv til loft vinduer i lejlighederne giver masser af dagslys i lejlighederne. På den solrige sydlige side trækker balkoner sig tilbage og tilføjer dybden til facaden, mens den nordlige side af facaden er glat.

I begyndelsen af 2018 blev BIG og Bo-Vita hædret af Den Danske Arkitektforening med Lille Arne-prisen for at prioritere boligernes rumlige kvaliteter og samtidig overholde et stramt budget. Endvidere er bygningen i 2019 nomineret til Den Europæiske Unions Pris for Moderne Arkitektur - Mies van der Rohe Award.





**J. Mørk, beboer:**

"Vi er meget glade for vores lejlighed i forskudte planer. Indendørsklimaet er dejligt, men det blev varmt sidste sommer. Det er nu ikke så mærkeligt, da der er meget store vinduer fra gulv til loft. Dagslyset er fantastisk. Det er dejligt med et energieffektivt varmesystem, og radiatorerne er ikke meget i brug. Bygningen er velisoleret og der er ingen støj fra naboerne."



**J. Laursen, beboer:**

"Det er dejligt ikke at bruge meget varme til opvarmning, da boligen er så godt isoleret. Vi tændte først for varmen her i november. Der var varmt indendørs i den varme sommer her i år (2018), men det var svært at undgå med de høje temperaturer udenfor. Der er bare så godt dagslys. Vi er meget glade for at bo her! Indeklimaet er rigtigt dejligt og behageligt."



**E. Duus, NZEB beboer:**

"Det er en dejlig bygning, og det har også vist sig at være en velfungerende lejlighed med et godt indeklima. Her er masser af dagslys med store vinduer. I efteråret er der lidt kondens udenfor på vinduerne om morgenen, men det viser kun, at det er gode vinduer! Det var muligt i løbet af den varme sommer at lave krydsventilation ved at åbne terrassedøren og vinduet, selv om det normalt ikke er nødvendigt, da den mekaniske ventilation fungerer godt."

**Byggeprojektet i oversigt:**

**Arkitekt:** BIG, Denmark

**Bygherrer:** Boligselskabet Bo-Vita

**Antal lejligheder:** 66 i alt, 21 forskellige typer og størrelser, fra 61–115 m<sup>2</sup>

**Antal andre boliger:** 1 ungdomsbolig på 36 m<sup>2</sup>

**Samlet beboeligt areal:** 6.800 m<sup>2</sup>

**Teknisk bygningsbeskrivelse**

Bærende konstruktion	Betonkerne
Væg	Ca. 250 mm isolering dækket med sibirsk fyr
Vinduer, døre	Træ-aluminium, tre-lags glas
Opvarmning	Fjernvarme med radiatorer og gulvvarme i bad
Ventilation	Mekanisk ventilation med varmegenvinding
Køling	Ingen
Varmt brugsvand	Opvarmes af fjernvarmen
Vedvarende energi	Solceller (PV) på taget – 120 stk. poly-krystallinske paneler, hver 1.666 x 999 mm med en total effekt på 31.800 Wp
Beregnete energiforbrug:	Bygningsklasse 2020 (efter BR2015) Netto varmebehov: 29,4 kWh/m <sup>2</sup> /år Totalt energibehov: 37,8 kWh/m <sup>2</sup> /år Primært energibehov: 20 kWh/m <sup>2</sup> /år

# MODEL HOUSE F3 ZELENI GAJ, LJUBLJANA

FIRE ARKITEKTER, FIRE VISIONER, ET FÆLLES MÅL

Model House F3 ejes af Republikken Sloveniens boligfond. Det kombinerer visioner fra fire forskellige arkitekter, og er opdelt i fire sektioner, som adskiller sig fra hinanden hvad angår funktion, struktur, teknologi og design. Frem for alt er de forskellige med hensyn til de materialer, der anvendes til gulvbelægninger og ventilationsanlæg.

Den bærende konstruktion er armeret beton op til tredje sal, mens tredje sal og terrassegulv er opbygget af træ. De fem etager i sektion A og B er forbundet via udvendige trapper og en elevator, mens sektionerne C og D har hver sin egen indre trappe og elevator. Bygningen har et fælles kælderniveau. Taget over garagen fungerer som en forgård med parkeringspladser og indgang til bygningen.

Bygningen som helhed er designet til at være meget energieffektiv ved brug af avancerede materialer og bygningssystemer. Enkelte lejligheder har mekanisk ventilation med varmegenvinding, mens andre har fugtstyret udsugningsventilation.

Model house F3 har en innovativ tilgang til bygningens konstruktion, lejlighederne i den og de anvendte materialer.

- For det første var det et designeksperiment: Hvordan skaber man så mange forskellige rumlige løsninger som muligt i en enkelt konstruktiv ramme.
- For det andet introduceres et koncept med et optimalt forhold mellem innovation (brug af materialer, ventilationssystemer, kombinerede varmesystemer, energieffektivitet) og priser til at betale.

Det konceptuelle design af bygningen integrerer faktorerne energieffektivitet, arkitektonisk design, brug af materialer og sociologiske aspekter. Bygningen er en del af et særligt projekt, der undersøger komforten i en etagebolig, som forudsætter en periode på minimum tre år til implementering, forskning, overvågning og evaluering, hvor brugerens inddragelse og deres velbefindende er en meget vigtig faktor.



## Teknisk bygningsbeskrivelse

Bærende konstruktion	Stue og 2 etager: armeret beton; 3. etage og terrasse: træopbygning
Væg	Stue og 2 etager: Ventilerede fiberbeton paneler; Ventileret træfacade
Vinduer, døre	Træ-aluminium rammer med tre-lags glas
Opvarmning	Sektion A: Gulvvarme fra en luft/vand varmepumpe med en biomassekedel som supplement. Sektion B, C og D: Gulvvarme fra en biomassekedel (træflis) og solfangere (til at producere varmt vand og som tilskud til rumvarme)
Ventilation	Mekanisk ventilation med 85% varmegenvinding i 30 lejligheder. I de øvrige: fugtstyret udsugningsventilation
Køling	Ingen køling. Udvendig solafskærmning og rulleskodder
Varmt brugsvand	Produceres af varmesystem plus solvarme
Vedvarende energi	Solvarme og biomasse
Beregnete energiforbrug:	Energiklasse: A2 Netto varmebehov: 14 kWh/m <sup>2</sup> /år Samlet energibehov: 49 kWh/m <sup>2</sup> /år Primært energibehov: 36 kWh/m <sup>2</sup> /år

## Byggeprojektet i oversigt:

Prof. Aleš Vodopivec, arkitekt  
 Assoc. prof. Tadej Glažar, arkitekt  
 Prof. Janez Koželj, arkitekt  
 Assoc. prof. Jurij Kobe, arkitekt  
 Udendørs arealer: Dekleva Gregorič arhitekti d.o.o. Ljubljana

**Bygherre:** Republikken Sloveniens boligfond (SSRS)

**Varighed:** Konstruktionsstart i 2014. Færdiggørelse af bygningen og de udvendige arealer i 2016

**Antal lejligheder:** 52 (fordelt på 4 sektioner)

**Samlet netto boligareal:** 5.515 m<sup>2</sup>

**Andre udnyttelser:** 1 børnehave 207 m<sup>2</sup>, 2 kontorer 15 m<sup>2</sup>

**Parkeringsområder:** 110 P-pladser (68 i en garage under jorden, 42 udendørs)



# NZEB “FRANKFURTER KLIMASCHUTZHAUS”

Som led i et modelprojekt har ABG FRANKFURT HOLDING i Frankfurt am Main (Tyskland) opført 46 lejligheder, der er særligt energieffektive og samtidig til lave byggeomkostninger. Projektet blev gennemført i samarbejde med schneider + schumacher arkitekter, Frankfurt og EGS-plan GmbH i Stuttgart.

Bygningerne er udformet med henblik på at blive et forbillede med hensyn til arkitektur og energibalance. For at nå dette mål blev konventionelle standarder konsekvent gennemgået. En bygningstype blev udviklet, der sigter mod at minimere det opvarmede byggevolumen og gør det muligt at reducere byggeomkostningerne betydeligt ved at anvende præfabrikerede elementer. Arkitekterne valgte to parallelle, volumenoptimerede boligblokke med skrå tagflader.

Forholdet mellem bygningens overflade og volumen er gunstigt for det resulterende energibehov og udgør et vigtigt designelement for et koncept for en lavenergibygning. Særlige træk ved energikonceptet er:

- Bygningens installationsrum for varme og ventilation er placeret på loftet
- Central placering af lejlighedens skakte langs midten af bygningen
- Forsyningsluft via facaden (ventilationsriste)
- Varme genvindes fra udsugningsluften
- Solceller: Elektricitet benyttes til varmepumpe og ventilation og sælges til lejere
- Varmegenvinding fra det varme vand
- Central rørlægning (ikke i gulvkonstruktionen)
- Kompakt badeværelse med korte forsyningsrør



## Byggeprojektet i oversigt:

**Arkitekt:** schneider+schumacher architects, Frankfurt

**Bygherre:** ABG FRANKFURT HOLDING GmbH

**Konstruktion:** bauart Konstruktions GmbH & Co. KG

**Energikoncept:** EGS-plan Ingenieurgesellschaft für Energie-, Gebäude- und Solartechnik mbH

**Antal lejligheder:** 46 (2 - 4 rum)

**Antal bygninger:** 2 på hhv. 3 eller 4 etager

**Antal parkeringspladser:** 20 i en kælder garage + delebilspladser

**Samlet boligareal:** 2.949 m<sup>2</sup>

## Teknisk bygningsbeskrivelse

Bærende konstruktion	Massiv konstruktion. Overføring af kræfter via tværgående betonbånd og langs-gående armerede betongulve. Facaden har ingen statisk funktion.
Væg	Enkeltstens væg; 36,5 cm murstensblokke Ydervæggens U-værdi: 0,18 W/(m <sup>2</sup> K) Lufttæt klimaskærm
Vinduer, døre	Tre-lags vinduer i plastikrammer
Opvarmning	Gas kondenserende kedel, luft-til-vand varmepumpe, buffer lagertank
Ventilation	Ventilationsåbninger i facaden. Centralt udsugningssystem med varmegenvinding via en varmepumpe til varmt brugsvand
Køling	Ingen køling
Varmt brugsvand	Forvarmet fra udsugningsvarmepumpen og varmegenvinding. Lokal opvarmning i lejlighederne for at holde temperaturerne i varmesystemet lave
Vedvarende energi	Solceller
Beregnete energiforbrug:	Rumvarmebehov: 27 kWh/m <sup>2</sup> /år Leveret energibehov: 27 kWh/m <sup>2</sup> /år Primært energibehov: 31 kWh/m <sup>2</sup> /år



Source: ABG FH and schneider+schumacher

# NZEB "SAN GIUSTO" IN PRATO

Dette byggeri er beliggende i Prato, i centrum af Italien, og blev finansieret af det lokale sociale boligselskab Edilizia Pubblica Pratese. Bygningen ligger i udkanten af byen og repræsenterer et eksempel på byfornyelse, der forbinder to separate bebyggede områder.

Det er en blandet brugsbygning med tre boligarealer og et offentligt borgercenter i stueetagen. Forskellige lejlighedsstørrelser er udformet efter beboeres behov. Bygningen har også en have og en privat parkering, der sikrer en klar adskillelse mellem fodgængere og trafik. En fodgænger søjlegang i stueetagen forbinder visuelt den offentlige plads foran bygningen med det private grønne område.

Facaderne er udført med balkoner og glaserede rækværk. Der er installeret persienner på trappeopgangene for at forhindre overophedning. Lave energiforbrug og byggeomkostninger blev opnået ved hjælp af en hensigtsmæssig planlægning fra forskellige synsvinkler. For det første er design og teknologiske valg blevet forenklet så meget som muligt for at undgå ekstraomkostninger. For eksempel minimerer brugen af kontinuerlige facader antallet af kuldebroer. Derudover sænker udendørs i stedet for underjordisk parkering byggeomkostninger og husleje for beboerne. Bioklimatiske designkriterier er blevet implementeret, med særlig vægt på komfort om sommeren. Endelig er lokale genbrugsmaterialer blevet anvendt til den termo-akustiske isolering.

## Byggeprojektet i oversigt:

**Arkitekt:** Riccardo Roda

**Investor:** Edilizia Pubblica Pratese

**Antal bygninger:** 1

**Antal lejligheder:** 29 (netto boligareal fra 45 m<sup>2</sup> til 95 m<sup>2</sup>)

**Samlet netto boligareal:** 2.127 m<sup>2</sup>

**Andet:** Private kældre og et offentligt borgercenter i stueetagen, en fælles have og privat parkering



## Teknisk bygningsbeskrivelse

Bærende konstruktion	Mursten af ler; Tag: Tegl og XPS termisk isolering dækket af stålplader monteret på træbjælker – U-værdi 0,20 W/m <sup>2</sup> K
Væg	ETICS (ekstern termisk isolerings komposit system) U-værdi 0,17 W/m <sup>2</sup> K
Vinduer, døre	Argon-fyldte 2-lags vinduer med aluminium rammer U-værdi 1,46 W/m <sup>2</sup> K
Opvarmning	171 kW vand til luft varmepumpe plus 94 kW kondenserende kedel som backup
Ventilation	Naturlig ved åbning af vinduerne
Køling	Ingen køling, bioklimatiske løsninger til at minimere overopvarmning
Varmt brugsvand	94 kW kondenserende kedel med 2000 liters lagertank
Vedvarende energi	30 m <sup>2</sup> solfangere and 22 kWp (142 m <sup>2</sup> ) poly-krySTALLINSKE solceller
Beregnete energiforbrug:	Opvarmningsbehov: 4,15 kWh/m <sup>2</sup> /år Primært energibehov: 9,27 kWh/m <sup>2</sup> /år



# CoNZEBS projektet

Teknologier til omkostningsreduktion af lavenergibygninger kan omfatte løsninger til installationer og forsyning, præ-fab konstruktioner og systemer med vedvarende energi (fx ren elektrisk opvarmning i kombination med solceller eller kombinerede solcelle- og solfangerpaneler i forbindelse med en varmepumpe, så ingen jordkobling er nødvendig, decentral ventilation med lufttilførsel gennem vægge for at reducere omkostninger til kanaler, teglsten med isolering, decentral varmtvandsforsyning mv.). Alle teknologier samt samspil af teknologier vurderes med hensyn til økonomiske besparelser, energibehov og anvendelighed i etageboliger.

Evalueringen omfatter også en livscyklusvurdering, og der vil blive udført vurderinger af forskellige bygningsniveauer (bygninger opført efter bygningsreglementet samt lavenergibygninger) og for lavenergibygninger vil der gives et langsigtet perspektiv på de miljømæssige og økonomiske konsekvenser af alternative lavenergiløsninger.

En undersøgelse af brugernes erfaringer og forventninger sammen med denne vejledning om fordele ved lavenergibygninger vil fremme viden om at bo i disse bygninger og samtidig kunne forbedre beboernes adfærd og dermed mindske energiforbruget.

Projektgruppen består af 9 organisationer - nationale forskningsorganisationer inden for lavenergibyggeri, samt boligselskaber fra 4 lande: Tyskland, Danmark, Italien og Slovenien. Projektperioden er fra 01/06/17 til 30/11/19.



[www.conzebs.eu](http://www.conzebs.eu); [conzebs@ibp.fraunhofer.de](mailto:conzebs@ibp.fraunhofer.de)

**Titel:** *Hvorfor er næsten nul-energi bygninger det rigtige valg? Erfaringer, forventninger samt fordele ved at bo i lavenergi boliger*

**Brochuren er tilpasset og oversat til dansk af:** Lise Jacobsen og Ove Mørck, Kuben Management; Kirsten Engelund Thomsen, Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet og Mikkel Jungshoved, Boligselskabernes Landsforening

**Originaltitel:** Why nearly zero energy buildings are the right choice: Experiences, expectations, and co-benefits of living in NZEBs

**Forfattere:** Marjana Šijanec Zavrl, Marko Jačimovič, Miha Tomšič, Henrik Gjerkeš, Neva Jčič, Mojca Štritof Brus, Damjana Varšek, Hans Erhorn, Heike Erhorn-Kluttig, Bernd Utesch, Michele Zinzi, Benedetta Mattoni, Kim Wittchen, Kirsten Engelund Thomsen, Ove Mørck, Ole Balslev-Olesen, Miriam Sánchez-Mayoral, Marco Corradi, Simone Gabrielli, Elisa Artioli

**Redaktører:** Marjana Šijanec Zavrl, Marko Jačimovič

**Forlægger:** Gradbeni inštitut ZRMK d.o.o. Dimičeva 12, 1000 Ljubljana, Slovenia

**Ansvarlig:** Marijan Prešeren

**Designet og forberedt af:** Tridesign d.o.o., Ljubljana, Barbara Železnik Bizjak

**Trykt af:** Ljubljana, Slovenia, februar 2019

**Oplag:** 1000 kopier



CoNZEBS projektet har modtaget finansiering fra EU's Horizon 2020 forsknings- og innovationsprogram under grant agreement nr. 754046.

Brochuren afspejler forfatterens syn. Kommissionen er ikke ansvarlig for enhver brug, der kan gøres af de oplysninger, den indeholder.

National finansiering ydes i Tyskland af Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat inden for forskningsinitiativet Zukunft Bau (SWD-10.08.18.7-17.33).

**Projektpartnere:**



**Koordinator**  
Fraunhofer Institute for Building Physics,  
Germany (Fraunhofer IBP)  
[www.ibp.fraunhofer.de](http://www.ibp.fraunhofer.de)



Aalborg Universitet, Denmark (AAU)  
[www.sbi.aau.dk](http://www.sbi.aau.dk)



Kuben Management AS, Denmark (Kuben)  
[www.kubenman.dk](http://www.kubenman.dk)



Agenzia Nazionale per le Nuove Tecnologie,  
l'Energia e lo Sviluppo Economico Sostenibile,  
Italy (ENEA)  
[www.enea.it/en](http://www.enea.it/en)



Gradbeni Institut ZRMK d.o.o., Slovenia  
(GI ZRMK)  
[www.gj-zrmk.si/en](http://www.gj-zrmk.si/en)



ABG Frankfurt Holding Wohnungsbau- und  
Beteiligungsgesellschaft mit beschränkter  
Haftung, Germany (ABG-FH)  
[www.abg-fh.com](http://www.abg-fh.com)



Boligselskabernes Landforening,  
Denmark (BL)  
[www.bl.dk/in-english](http://www.bl.dk/in-english)



Azienda Casa Emilia Romagna della Provincia  
di Reggio Emilia, Italy (ACER Reggio Emilia)  
[www.acer.re.it](http://www.acer.re.it)



Stanovanjski Sklad Republike Slovenije,  
Javni Sklad, Slovenia (SSRS)  
[www.ssr.si/eng/](http://www.ssr.si/eng/)



[www.conzebs.eu](http://www.conzebs.eu)



CoNZEBS projektet har modtaget finansiering fra EU's Horizon 2020 forsknings- og innovationsprogram under grant agreement nr. 754046.

Brochuren afspejler forfatterens syn. Kommissionen er ikke ansvarlig for enhver brug, der kan gøres af de oplysninger, den indeholder.

National finansiering ydes i Tyskland af Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit inden for forskningsinitiativet Zukunft Bau (SWD-10.08.18.7-17.33).

