

Sunde Boliger Renovering

Erfaringer og resultater fra
forsøg med indeklimaløsninger
i tre enfamiliehuse



**“ The person who designs and operates
your building has a greater impact on
your health than your doctor.**

Joseph G. Allen
Harvard University



9

Tætte boliger sætter indeklimaet under pres

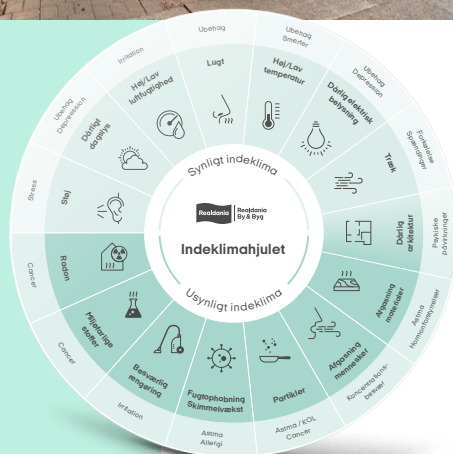
20

Indeklimaet kunne forbedres i tre helt almindelige huse



28

Systematiske målinger og involvering af forskere



Indhold

- 4 Forord: Det handler om vores sundhed
- 6 10 erfaringer fra Sunde Boliger Renovering
- 9 Tætte boliger sætter indeklimaet under pres
- 13 Indeklimaproblemer kan løses med renovering
- 20 Indeklimaet kunne forbedres i tre helt almindelige huse
- 27 Indeklimaløsninger afhjalp flere problemer på én gang
- 28 Systematiske målinger og involvering af forskere
- 32 Perspektivering: Win-win for boligejere, bygninger og byggebranche

Forord

Det handler om vores sundhed

Det gode indeklima synes at stå i skyggen af både klima og økonomi, når boligen skal renoveres, men der kan være god grund til også at tage højde for sundheden. Realdania By & Bygs forsøg med renovering af tre enfamiliehuse i Randers har vist, at indeklimaet kan bringes helt op på niveau med et nybygget hus.

Skimmelsvamp, der kan give astma eller allergi. Partikler fra madlavning, der kan medføre lunge- og hjerte-kar-sygdomme. Dårligt lys, der giver ubehag, og støj, der gør os stressede. Indeklimaet i vores huse er rigtig mange forskellige ting, som alle påvirker vores livskvalitet og i værste fald gør os alvorligt syge.

Nogle af tingene styrer vi selv gennem vores daglige adfærd, men meget afhænger også af selve boligen, herunder hvordan den understøtter en fornuftig adfærd. Hvor vigtigt indeklimaet er, understreges af, at vi opholder os 90 % af tiden inden døre, og det meste af tiden i vores egen bolig.

Det gode er, at problemer med dårligt indeklima altid kan løses – ikke kun når vi bygger nyt, men også når vi har med ældre huse at gøre. Der er i disse år et stærkt fokus på at bygge mindre og renovere mere for på den måde at bremse byggeriets klimapåvirkning, og også på grund af energikrisen er der fokus på mulighederne for at nedbringe energiforbruget i eksisterende bygninger.

Men selvom boligens indeklima er den faktor i boligen, som har direkte betydning for vores helbred, trænger hensynet ofte i baggrunden i forhold til både energiforbedringer og almindelige boligforbedringer. Her spiller den enkeltes økonomi uden tvivl en stor rolle - men hvorfor ikke slå flere fluer med ét smæk og tage et greb om boligens vigtige betydning for sundheden, når man alligevel ønsker at give boligen et løft?

Projektet "Sunde Boliger Renovering", som Realdania By & Byg har gennemført i årene 2018-22, har haft som mål at finde ud af, hvilke indeklimaløsninger der giver mest sundhed for pengene, når et ældre enfamiliehus renoveres.

Med afsæt i ny forskningsbaseret viden, herunder fra det Realdania-støttede forskningscenter CISBO [Center for Indeklima og Sundhed i Boliger] og Realdania By & Bygs egne erfaringer fra det eksperimenterende nybyggeri "Sunde Boliger" i Holstebro, er tre forskellige og hver især tidstypiske enfamiliehuse i Randers blevet renoveret. Det er sket med skarpt fokus på indeklima, alt imens husene har været beboet af velvillige forsøgsfamilier.





Bungalow, 1937



Muremestervilla, 1953



Parcelhus, 1962

Metoden har bygget på omfattende målinger af indeklimaet både før og efter renoveringen. På baggrund af et "sundhedstjek" for hvert hus besluttede Realdania By & Byg i samråd med sine rådgivere og et bredt felt af landets førende forskere og fageksperter, hvordan hvert af husene skulle renoveres til mest mulig gavn for indeklimaet for et budget på 500.000 kr. inkl. moms. Efter renoveringen har nye målinger sammenholdt med de tidligere klarlagt, hvor indsatsen har gjort en forskel.

Projektet har vist, at man kan opnå et lige så godt indeklima ved at renovere et ældre hus som ved at bygge et nyt. I denne publikation kan man i artikler og interviews med eksperter læse om forsøgene og deres konklusioner. Derudover kan man som rådgiver måske hente inspiration til dialog med husejere i indeklimahjulet, der har tjent som styringsværktøj gennem hele projektet Sunde Boliger Renovering. Hjulet giver overblikket over de mange aspekter af boligens indeklima, og hvordan de påvirker beboernes sundhed og trivsel.

Det gode indeklima handler ikke kun om huset men også om adfærden hos dem, der bor i det. Derfor har renoveringen af de tre huse haft fokus på at skabe et robust indeklima, som er mindre afhængigt af beboernes adfærd og brug af huset.

Håbet er, at erfaringerne kan inspirere rådgivere og entreprenører, som arbejder med renoveringsprojekter, og som ønsker at rådgive boligejerne i at løfte boligens indeklima. For i takt med, at vi bliver mere bevidste om, at vi skal bygge mindre og renovere mere, bliver det kun vigtigere at styrke fokus på sundheden for de danske boligejere, hvoraf 65 % bor i et hus fra før 1980, hvor f.eks. kravene til isolering ikke var de samme som i dag.

Udover at øge livskvaliteten for nuværende og kommende boligejere, har indeklimaforbedringer også den store samfundsmæssige fordel, at de kan forlænge husenes levetid til gavn for klima og miljø.

10 erfaringer fra Sunde Boliger Renovering

Mange indeklimaproblemer er usynlige, og vi opdager ikke, at de gør os trætte, uoplagte og syge. Derfor kan entreprenører, rådgivere og håndværkere med fordel tale med boligejerne om at tænke indeklimaet ind, når de alligevel står over for at skulle renovere boligen. Her følger 10 erfaringer fra Realdania By & Bygs indeklimaprojekt Sunde Boliger Renovering.

Har du talt med en boligejer om indeklimaproblemer for nylig? Hvis ikke, kan der være god grund til at tage fat på snakken snarest muligt. Indeklimaproblemer som fugt, radon, partikler og støj påvirker os nemlig i hverdagen og forårsager alt fra mindre gener til alvorlig sygdom.

Men hvis danske boligejere skal få skovlen under boligens indeklimaproblemer, må de først blive klar over, at problemerne overhovedet findes. Én af de vigtigste erfaringer fra projektet Sunde Boliger Renovering er, at mange af vores indeklimaproblemer sniger sig under radaren i hverdagen.

“Hvis andestegen brænder på juleaften, åbner vi vinduerne og lufter ud. Men mange indeklimaproblemer er usynlige, så vores

sanseapparat ikke opdager dem. Det sunde indeklima handler om at skabe en erkendelse af, at der findes en række problemer, vi ikke kan se, lugte eller mærke, men som påvirker både vores egen og vores børns sundhed og livskvalitet,” siger Jørgen Søndermark, projektchef og arkitekt i Realdania By & Byg.

Heldigvis viser erfaringerne fra Sunde Boliger Renovering, at indeklimaproblemerne kan løses, og at løsningerne går fint i spænd med øvrige renoveringer af huset, der f.eks. skal forbedre boligens energimærke.

Projektet Sunde Boliger Renovering har givet anledning til følgende 10 erfaringer, der kan bruges som gode råd og vejledning til boligejeren, der ønsker at forbedre indeklimaet i hjemmet.

01



Indeklimaproblemer er ofte usynlige - særligt problemer med luftkvalitet kan være svære at forholde sig til. Derfor kan det give god mening at tale med boligejeren om dette i forbindelse med renovering.

02

Renoveringer kan gavne indeklimaet og klimaet generelt i ét hug. F.eks. kan bedre isolering, tættere vinduer og ventilation med varmegenvinding både reducere boligens energiforbrug og fjerne indeklimaproblemer som fugt, træk og støj.



03

Tæthed og ventilation hører sammen. Jo tættere boligen bliver, jo større bliver behovet for ordentlig ventilation. God ventilation afhjælper problemer med radon, skimmel, afgasning fra materialer og partikler, som kan fjernes ved at skifte indeluften ud med frisk luft.

04

Køkkenet er ofte en kilde til betydelig udledning af skadelige partikler fra stegepanden og ovnen til stuen og resten af huset via køkkenalrummet.

05

Emhætten er tit det svage led. Den bør være effektiv og desuden støjsvag, så brugeren ikke slukker den for tidligt eller skruer den ned på et minimum. Opstart og slukning af emhætte kan med fordel automatiseres. Emhættens afstand til ovn og kogeplade har betydning for, hvor effektivt stegepartikler fjernes.



06

Udluftning med åbne vinduer og døre sænker niveauet af indeklima-påvirkninger kortvarigt, men særligt om vinteren lufter danskerne ud for sjældent. Mekanisk ventilation sikrer en jævn udskiftning af luften hen over alle døgnets timer.



07

Boliger med kælder kan opleve udfordringer med radon og fugt/skimmel. Mekanisk ventilation af luften i kælderen kan være en effektiv løsning på begge problemer. Mere omfattende løsninger som radonsug eller radonspærre er ikke nødvendigvis påkrævet, hvorimod skimmel bør afrenses fysisk, hvor det er synligt.



08

Hvis man ved at løse indeklimaproblemer i kælderen som f.eks. fugt eller radon kan få den godkendt til beboelse - f.eks. et teenageværelse - kan udgiften til renoveringen forventeligt hentes helt eller delvist hjem ved forøgelse af boligens salgsværdi.

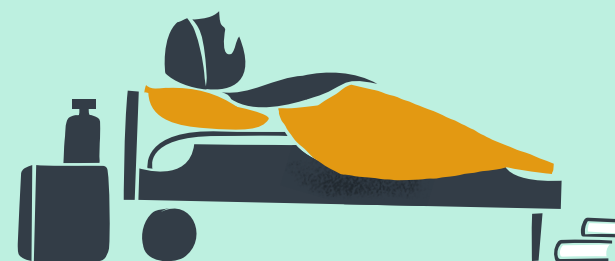
10

Ved renoveringsprojekter bør boligejeren og håndværkeren være opmærksom på, om de anvendte byggematerialer og vådprodukter som maling, lak, lim eller fugemasse er indeklimamærkede. Hvis ikke, er de så afgassede inden montering?



09

Man skal ikke acceptere standardfilteret i ventilationsanlægget. Mekanisk ventilation kan nemlig være særligt fordelagtig for allergikere ved installation af væsentligt bedre filtre, der f.eks. frafiltrerer pollen, uden at det bliver markant dyrere i energiforbrug.





Tætte boliger sætter indeklimaet under pres

En velisoleret bolig er godt for pengepungen i en tid med energikrise, men det stiller krav til ordentlig ventilation i hjemmet. Ellers risikerer vi at leve en stor del af døgnets timer i en cocktail af radongas, CO₂, stegepartikler og skimmelsvamp, som skader både vores egen og vores børns sundhed og livskvalitet, fortæller to eksperter i indeklime i dette interview.

“ Det handler om at understrege, hvor mange timer vi tilbringer i vores eget hjem, og hvor meget vi selv bidrager til forureningen af indeklimaet.

Lektor Grethe Elholm,
Institut for Folkesundhed, Aarhus Universitet

Vores hjem bliver mere og mere tætte. Det gælder uanset, om man lejer sin bolig eller ejer den selv. Nybyggerier får bedre klimaskærm end nogensinde før for at spare på energien. Men også ældre ejendomme bliver i stigende grad bedre isoleret i takt med energirenoveringer som f.eks. nye vinduer, hulmursisolering eller nyt gulv.

Og der kan sagtens være god fornuft i at gøre boligen bedre isoleret - også for indeklimaet. For eksempel kan det mindske støj fra gaden, fjerne træk og gøre det lettere at holde en behagelig temperatur. Men der er klare ulemper for indeklimaet og dermed for vores sundhed og livskvalitet, som viser sig, hvis ikke ventilationen i hjemmet følger trop.

“I takt med, at vores huse bliver mere tætte, opstår der nogle nye problematikker omkring indeklimaet. Men det kan være svært for folk at forholde sig til indeklimaproblemer, fordi

mange af dem er usynlige, og fordi vi har andre udfordringer som f.eks. energikrisen at se til,” siger Grethe Elholm, lektor ved Institut for Folkesundhed, Aarhus Universitet.

Børn, ældre og syge i risikozonen

Danskerne opholder sig indendørs gennemsnitligt 80-90 % af livet, og vores hjem er dér, hvor vi tilbringer det meste af døgnet - op til 16 timer. Luften derhjemme kan ifølge Miljøstyrelsen indeholde flere end 900 forskellige slags kemikalier, partikler og mikroorganismer, og selvom de ikke alle nødvendigvis er farlige, kan mange af dem enten for sig selv eller i reaktion med andre skabe problemer for vores sundhed og livskvalitet.

“Ud fra en sundhedsmæssig betragtning er det især børn, ældre og syge - for eksempel folk med astma og KOL - der er i risikozonen,” siger professor Torben Sigsgaard fra Institut for Folkesundhed, Aarhus Universitet.

Når vi laver mad i køkkenrummet, tørrer tøj i stuen eller sover med døren lukket til soveværelset, bliver kvaliteten af den luft, vi trækker ned i lungerne, i høj grad påvirket af hjemmets egne forureningskilder. Og det er bare nogle af kilderne til dårligt indeklima. Som de tre testhuse i denne publikation viser, kan det heldigvis lade sig gøre at renovere selv ældre boliger på en måde, som både løser indeklimaproblemerne og reducerer energiforbruget. Renoveringerne kan altså slå to fluer med et smæk ved både at sikre et godt indeklima og mindske boligens CO₂-aftryk.

Men hvis ikke indeluften udskiftes via ordentlig ventilation - enten mekanisk eller i form af god, gammeldags udluftning - er kimen lagt til høje niveauer af bl.a. CO₂, radon, stegepartikler og skimmelsvamp.

“Det sunde indeklima handler om at sørge for frisk indeluft, en fornuftig temperatur og

om at fjerne de eksponeringer, man selv er herre over. Det gælder for eksempel fra madlavning, stearinlys, kæledyr og rygning. Hvis ikke man har et ventilationssystem i hjemmet, skal man sørge for at lufte ud med gennemtræk. Men husmoren er populært sagt død, så i dag får mange af os ikke luftet ordentligt ud, fordi begge parter arbejder og derfor er ude af huset i dagens løb,” siger Torben Sigsgaard.

Indeklimahjul giver overblik

Her bør vi dvæle lidt ved de typiske indeklimaproblemer, og hvordan de påvirker vores sundhed og livskvalitet. Problemer med indeklimaet omfatter en række faktorer, som både kan være synlige og usynlige. De kan være svære at holde styr på, og derfor har Realdania By & Byg i samarbejde med Pluskontoret, Lendager Group og Artelia A/S udviklet et indeklimahjul, som giver et visuelt overblik over 15 forskellige synlige og

usynlige parametre, der kan påvirke indeklimaet negativt [se figur]. Ud over usynlige parametre som CO₂, radon og stegepartikler dækker indeklimahjulet også synlige eller mærkbare indeklimaproblemer som støj, belysning, lugt og dårlig arkitektur.

Nogle af faktorerne kan påvirke vores helbred og livskvalitet her og nu. For eksempel kan forhøjede CO₂-niveauer, som vi selv bidrager med fra vores åndedræt, give koncentrationsbesvær og hovedpine. Skimmel-svamp og stegepartikler kan give åndedrætsbesvær for astmatikere og KOL-patienter. Andre faktorer påvirker os først på den lange bane - det gælder for eksempel den radioaktive gas radon, som siver op fra undergrunden og kan være kræftfremkaldende. Derudover kan afgangning af flygtige organiske forbindelser [VOC'er] fra byggematerialer, møbler og andre forbrugsvarer, der introduceres i hjemmet, være hormonforstyrrende.

Som Grethe Elholm påpeger, bliver vores boliger løbende bedre isoleret og dermed mere tætte. Det er en udvikling, som drives frem af en større bevidsthed omkring energiforbrug og klimabelastning. Vores egne vaner bag hjemmets fire vægge er derfor i høj grad med til at styre, hvordan indeklimaet påvirker os. Det viser sig for eksempel i soveværelset og børneværelserne.

”Man bør lade dørene til soveværelset og børneværelset stå åbne, fordi der ellers sker en opkoncentration af CO₂ i rummene hen over natten. Men det er ikke alle mennesker, der er tilhængere af at sove med åben dør. Derfor

vinder det også mere frem med mekanisk ventilation ude i værelserne, fordi selvom vi tænker over udluftning, bliver det tit nedprioriteret,” siger Grethe Elholm.

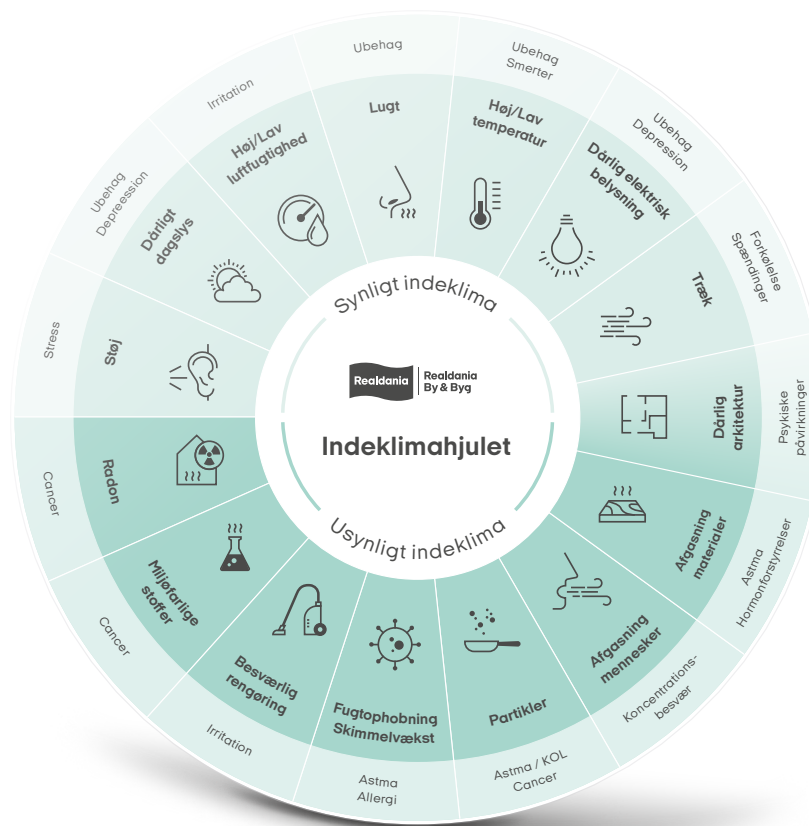
Køkkentrends udfordrer indeklimaet

Bevæger man sig ud af sove- og børneværelset og ind i køkkenet, åbner der sig en helt særskilt problematik for indeklimaet - stegeos fra kogepladen og partikler fra ovnen. Begge dele udleder partikler, som af størrelse kan sammenlignes med partikler fra trafikforurening. Det omfatter ultrafine partikler og fine partikler, som menes at forårsage luftvejs- og hjertekarsygdomme.

Torben Sigsgaard og Grethe Elholm peger på flere overordnede tendenser i indretningen af vores køkken, som sætter det sunde indeklima under pres. Den mest iøjnefaldende er køkkenalrummets indtog i det moderne hjem, der har åbnet hele stuen og potentielt resten af boligen op for partiklerne fra baconstegning på panden og pommes frites i ovnen.

”Man har lavet stue og køkken om til et stort fællesareal, og vores undersøgelser viser, at hvis ikke der er lukket af ud til køkkenet under madlavning, så er niveauet af partikler i hele huset højt i lang tid bagefter. Her er effektive emhætter vigtige for at kunne fjerne partiklerne ordentligt,” siger Torben Sigsgaard.

Emhætten kan dog få problemer med at fjerne partiklerne, da ovnen i dag ofte er placeret flere meter fra emhætten i stedet for direkte under den. Ved brug af varmlufts-ovn ventileres luft og dermed partikler fra



Indeklimahjulet

Værktøjet giver overblik over en lang række faktorer med betydning for boligens indeklima. Læs mere om indeklimahjulet på side 31.

“Et sidste problem, som er kommet til i de senere år, er brugen af pyrolyse til at rense ovnen. Det svarer i praksis til at tænde bål inde i huset, og det forurener hele boligen, selvom ventilationsanlægget kører.

Professor Torben Sigsgaard,
Institut for Folkesundhed, Aarhus Universitet

ovnen og direkte ud i boligen. Desuden viser undersøgelser foretaget i forbindelse med Sunde Boliger Renovering i Randers, at ældre emhætter ikke altid formår at fjerne stegepartikler effektivt. Og selv moderne emhætter kan komme til kort, hvis de som dikteret af tidens indretningstrends er placeret højt over en kogeø.

“Et sidste problem, som er kommet til i de senere år, er brugen af pyrolyse til at rense ovnen. Det svarer i praksis til at tænde bål inde i huset, og det forurener hele boligen, selvom ventilationsanlægget kører,” siger Torben Sigsgaard.

For at klare indeklimaproblemer med partikler fra madlavning er tilstrækkelig ventilation løsningen som et supplement til emhætten - enten i form af udluftning med gennemtræk via vinduer og døre, eller ved brug af eksempelvis mekanisk ventilation i boligen.

Indeklima kan forbedres

Under boligen finder man en potentiel kilde

til indeklimaproblemer, som beboerne i husstanden i modsætning til f.eks. stegeos ikke selv kan styre mængden af - den radioaktive gas radon. Radon er i kombination med rygning forbundet med cirka 280 dødsfald årligt. Hvis boligen er forsynet med kælder, bør man derfor være særligt opmærksom på at løse radonproblemer med enten ventilation eller installation af en radonspærre - ikke mindst når rummene bruges til beboelse af for eksempel husstandens teenager. I to af de tre testhuse i Randers afslørede indeklimamålinger før renoveringerne problemer med radon i kælderetagen, foruden skimmelsvamp, fugt og kulde. Det blev løst med mekanisk ventilation i begge huse.

“Man bør finde ud af, hvor boligen ligger i forhold til grænseværdien for radon. Når man kender radonniveauet, kan man derefter afgøre, om kælderen bør ventileres, så man undgår at få for meget radon ind i boligen,” siger Torben Sigsgaard.



Grethe Elholm og Torben Sigsgaard fra Aarhus Universitet.

Som det fremgår af indeklimahjulet, findes der flere andre faktorer, der spiller ind på indeklimaet i hjemmet. Det gælder bl.a. miljøfarlige stoffer, mangel på dagslys og rengøring, der ikke udføres ofte eller grundigt nok.

Ifølge de to forskere er det vigtigt at skabe opmærksomhed omkring indeklimaet og de tilhørende problemer for sundheden og livskvaliteten. Og ikke mindst, at indeklimaet kan forbedres både gennem ændrede vaner og konkrete tiltag i boligen som f.eks.

installation af mekanisk ventilation.

“Det handler om at understrege, hvor mange timer vi tilbringer i vores eget hjem, og hvor meget vi selv bidrager til forureningen af indeklimaet. Det er virkelig en suppe, man får skabt, hvor mange indeklimafaktorer kan være til stede samtidig. Og suppen bliver kun mere koncentreret, jo flere mennesker der opholder sig i boligen,” siger Grethe Elholm.

Indeklimaproblemer kan løses med renovering

I projektet Sunde Boliger Renovering har renoveringstiltag løst en lang række indeklimaproblemer i tre ældre testhuse og dermed skabt bedre forudsætninger for beboernes sundhed og livskvalitet. Projektet viser, at renoveringer - ud over at gavne klimaet i form af energiforbedringer - også kan bringe indeklimaet helt på niveau med nybyggede huse.



“ Sunde Boliger Renovering viser, at man kan renovere en ældre bolig til et bedre indeklima end dét, bygningsreglementet kræver i dagens byggeri.

Projektchef Jørgen Søndermark,
Realdania By & Byg

Ældre huse er håbløst utætte, så varmen slipper ud, og træk, fugt og skimmelsvamp trænger ind i boligen. Nye huse er derimod energibesparende, og så er de supersunde at bo i. Sådan kan fordommen om nye kontra ældre huse ridses lidt firkantet op. Men indeklimaprojektet Sunde Boliger Renovering viser, at ældre huse fra før 1980, hvor andre krav til for eksempel isolering var gældende, kan bringes på omgangshøjde med nutidens krav til det gode indeklima.

“Sunde Boliger Renovering viser, at man kan renovere en ældre bolig til et bedre indeklima end dét, Bygningsreglementet kræver i dagens byggeri. Det er endnu et slagkraftigt argument for at renovere en ældre bolig i stedet for at bygge nyt, fordi du kan opnå et lige så sundt indeklima, men med en meget lavere samlet klimabelastning end det nybyggede hus,” siger Jørgen Søndermark, projektchef og arkitekt i Realdania By & Byg.

65 % af danskerne bor i huse fra før 1980, og før eller siden melder behovet sig for at forny taget, udskifte vinduerne eller renovere kælderetagen. Ofte bliver et ældre hus renoveret inden for seks måneder efter et ejerskifte, og man kan med fordel tage hånd om indeklimaproblemerne, når håndværkerne alligevel er i sving nede i kælderen eller oppe mellem spærene.

Problemer skjuler sig i luften

Dårligt indeklima omfatter alt fra fugt, træk og støj til partikelforurening, der er skyld i sygdomme som astma, KOL og kræft. Jørgen Søndermark henviser til den amerikanske indeklimaforsker Joseph G. Allen fra Harvard University, som påpeger, at de ansvarlige for en boligs opbygning, arkitektur og drift kan være vigtigere for vores sundhed end vores egen læge.

Ligesom de to forskere Grethe Elholm og

Torben Sigsgaard peger Jørgen Søndermark på luften i boligen som det helt store fokusområde.

“De største sundhedsudfordringer i vores huse finder man i luften, og det er dem, som vi selv skaber alene ved at eksistere som mennesker i vores hjem. Vi steger mad i køkkenet, som udleder partikler, vi sover med for høje CO₂-niveauer i sove- og børneværelset, og derudover bidrager faktorer som radongas, afgangning fra møbler og byggematerialer samt skimmelsvamp til det dårlige indeklima,” siger Jørgen Søndermark.

Testhusene i projektet Sunde Boliger Renovering omfatter tre enfamiliehuse i Randers - en bungalow fra 1937, en murer mestervilla fra 1953 og et parcelhus fra 1962. Alle tre huse er blevet målt og undersøgt for bl.a. radon, partikelforurening, CO₂, miljøfarlige stoffer og afgangning fra flygtige organiske forbindelser

[VOC'er] - både før og efter renoveringerne. Et vigtigt aspekt ved forsøgsdesignet bag de tre testhuse har været at “rense” målingerne for beboernes egne vaner i hjemmet for at fjerne potentielle usikkerheder ved forbedringer af indeklimaet før og efter renoveringerne [se artikel om forsøgsdesignet s. 28].

Ventilation løste flere problemer

En af de vigtigste pointer fra Sunde Boliger Renovering er, at mange af de mest alvorlige indeklimaproblemer er usynlige - og at de kan løses med tilstrækkelig ventilation i boligen. Det kan enten ske med grundig udluftning flere gange om dagen, eller ved installation af mekanisk ventilation. Sidstnævnte har vist sig at være en særligt effektiv løsning på problemer med luftkvaliteten, da mekanisk ventilation sikrer et jævnt lavt niveau af f.eks. skadelige partikler og gasser i luften fordelt over alle døgnets timer. Desuden viser data fra Videncentret Bolius, at ca. tre fjerdedele

af danskerne - 74 % - kun lufter ud én gang om dagen eller sjældnere, hvilket langt fra er nok til at udskifte den dårlige indeluft. Samtidig holder et mekanisk ventilationsanlæg varmen inde i huset, og sparer markant på varmeregningen.

To af de tre testhuse er forsynet med kælder, hvor formålinger afslørede problemer med indeklimaet i form af fugt, skimmelsvamp og radon. Radon-problematikken er meget sted-safhængig, så der i det samme boligområde kan være problemer med et højt radonniveau i et hus, men ikke i et andet længere nede ad samme vej. I bungalowen fra 1937 blev der målt et radonniveau over grænseværdien.

“De såkaldt “disponible rum” i kælderen udgør en helt særlig problematik. Ofte er de slet ikke godkendt til beboelse, men vi ved, at mange familier i dag er sammenbragte, så der fx hver anden uge er behov for plads til mange børn. Derfor kan det være fristende at indrette nogle af børneværelserne i kælderen. Men vores undersøgelser viser, at det ikke er nogen god idé uden at gøre noget for indeklimaet, og uden at sikre godkendelse til beboelse hos kommunen” siger Jørgen Søndermark.

Udgifter kan tjene sig ind

I de to huse med kælder er der brugt hhv. ca. 90.000 og 117.000 kroner på at installere mekanisk ventilation for at løse problemerne med bl.a. fugt og radon.

“Det spændende i forhold til radonproblematikken har været, at det hidtil har været god latin af installere et radonsug eller en radonbarriere for at løse radonproblemerne.



Formålinger i testhusene har ifølge Jørgen Søndermark vist partikel niveauer langt over niveauet på befærdede veje.

Vi gjorde i stedet det, at vi sørgede for at ventilere kælderen og få indført et ordentligt luftskifte, og det løste problemerne i vores tilfælde,” siger Jørgen Søndermark. Det vil naturligvis afhænge af den specifikke sag, om ventilation er en tilstrækkelig løsning, tilføjer projektchefen.

Kælderrenoveringer kan måske virke uoverskuelige og dyre, men de kan øge boligens salgsværdi ved at føje beboelige kvadratmeter til BBR. Her skal rummene leve op til en række lovkrav om blandt andet indeklima.

“Hvis du laver de nødvendige forbedringer af

et værelse i kælderen, så det kan godkendes til beboelse, kan udgiften til renoveringerne vise sig at blive tjent hjem senere ved en forøgelse af boligens værdi,” siger Jørgen Søndermark.

Ifølge Jørgen Søndermark er det generelt en god idé at koble en rådgiver på eksempelvis et ventilationsprojekt, hvis prisen overstiger ca. 50.000 kroner. Ellers risikerer man f.eks. at ende med et ventilationsanlæg, der ikke fungerer optimalt eller måske introducerer et andet indeklimaproblem i form af støj. Ved at installere ventilation med varmegenvinding kan der yderligere hentes nogle af udgifterne

til anlæggets strømforbrug hjem igen, fordi man sparer på varmetab fra udluftning. Og ventilation kan også gavne allergikere, hvis indsugningen forsynes med pollenfiltre.

Stegepartikler i hele boligen

Mange af de usynlige indeklimaproblemer opstår og forværres af vores egne vaner, og fugt og skimmelsvamp er endnu et eksempel. Fugtproblemer i kælderen kan forværres ved vask og tørring af tøj indendørs, men også her er der undervejs i Sunde Boliger Renovering-projektet lavet renoveringstiltag for at løse problemerne. I bungalowen fra 1937 er vanen med at tørre tøj inde forsøgt ændret ved at bygge en overdækket udendørs tørregård med direkte adgang fra vaskerummet, og dermed fjerne en markant barriere for, at beboerne tørrer deres tøj ude i stedet for i kælderen.

Det er dog ikke alle steder, at ombygninger og tilpasninger af den eksisterende arkitektur og rumdeling glider lige let ned hos beboerne. Én af de helt store indeklimaproblemer i nutidens hjem skyldes den store mængde stegepartikler fra madlavning, som breder sig fra køkkenet og videre ud i husets rum.

“Vi forstår udmærket, hvorfor folk i dag vil have et køkkenalrum. Men faktum er, at det skaber indeklimaproblemer, fordi køkkenet er arnestedet for skadelige partikler,” siger Jørgen Søndermark.

I bungalowen fra 1937 var køkkenet og stuen oprindeligt adskilt af en væg, da Realdania By & Byg købte huset. Her blev der lavet et kompromis i form af en mindre åbning mellem de to rum. Tidligere forsøg fra Realdania By



& Byg-projektet Sunde Boliger i Holstebro har vist, at en mindre åbning mellem stue og køkken som alternativ til det store, åbne køkkenalrum har en markant dæmpende effekt på spredningen af partikler fra køkkenet til resten af huset.

"I bungalowen var der et meget smalt og lukket køkken, og det var sikkert som amen i kirken, at husets næste ejer ville rive hele væggen mellem stue og køkken ned. Derfor gik vi efter en pragmatisk tilgang, hvor vi i stedet for at fjerne hele væggen udskar et hul i den. I parcelhuset fra 1962 lavede vi tilsvarende en dobbelt glasdør mellem køkken og stue, og i begge tilfælde var det tanken at åbne de to rum op mod hinanden, især visuelt,

men stadig holde så mange af partiklerne ude i køkkenet ved emhætten," siger Jørgen Søndermark.

Gode emhætter gør en forskel

I alle tre testhuse er emhætterne i forbindelse med renoveringerne blevet udskiftet for at fjerne flere partikler fra indeklimaet under og efter madlavning. Der er foretaget før-målinger, som ifølge Jørgen Søndermark viser niveauer af bl.a. ultrafine og fine partikler 4 til 6 gange højere, end det, der måles på befærdede veje som H.C. Andersens Boulevard i København i myldretiden.

"Et særligt problem er de såkaldte recirkulationsemhætter, som ikke sender luften ud i



det fri. De gør intet mod partikler, og det går ud over sundheden; de bør helt undgås. Vi har lavet målinger, som viser, at niveauet af stegepartikler med en tidsforsinkelse stiger helt ude i børneværelserne i forbindelse med madlavning. Med en god emhætte skærer du meget af partikeludledningen væk," siger Jørgen Søndermark.

Eksempelvis er der i murermestervillaen fra 1953 blevet installeret en ny kogeplade med integreret emhætte, som effektivt fjerner stegepartiklerne.

I de tre testhuse er der også foretaget renoveringer for at løse problemer med det synlige indeklima, f.eks. dårligt dagslys, støj,

lugt eller en arkitektur, som ikke understøtter indeklimaet. Men nøgleordet for at håndtere de mest skadelige indeklimaproblemer - dem, vi ikke kan se, høre eller lugte - er god ventilation.

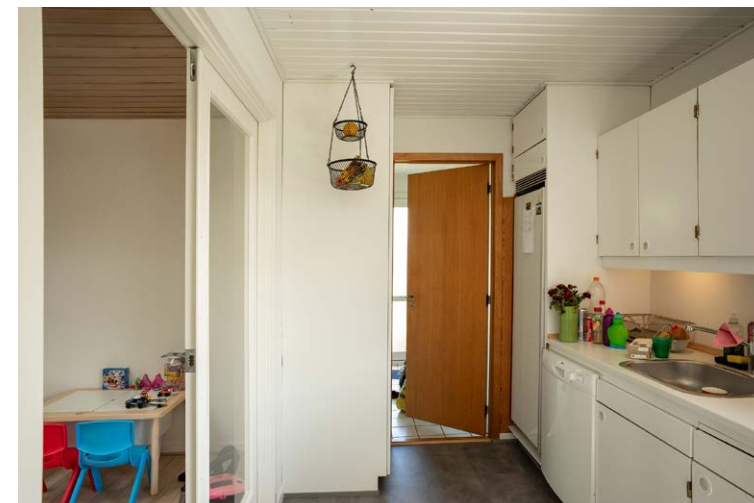
"Alle de usynlige indeklimaproblemer, vi er stødt på i de tre huse, kan løses med ordentlig ventilation," siger Jørgen Søndermark.

"Det er ikke ensbetydende med, at man slet ikke skal opsøge kilderne til indeklimaproblemerne og forsøge at fjerne dem. Men projektet viser, at hvis man sørger for at holde luften udskiftet løbende, kan man slippe af med de mest skadelige indeklimaproblemer."

I muremestervillaen fra 1953 blev den gamle loftshængte emhætte skiftet ud med en nyere bordemhætte, som er indbygget ved kogepladerne, og som suger luften ud i det fri via et rør i bryggerset bag køkkenet. Foruden den gamle emhætte blev de væghængte skabe omkring den fjernet med den effekt, at der nu kommer mere dagslys ind i køkkenet.



I parcelhuset fra 1962 blev en række køkkenelementer fjernet til fordel for at skabe en åbning mod stuen, som kan lukkes med en dobbelt glasdør. Med denne løsning opnås mere dagslys i både køkken og stue, samtidig med at man fortsat kan lukke af til køkkenet, så partikler og lugt fra madlavning ikke spreder sig til resten af hjemmet. Denne løsning skal ses som et alternativ til at vælte væggen og lave et køkken-alrum, hvor muligheden for at lukke af til køkkenet forsvinder.



Bungalow 1937

Snit set fra forsiden

1. Fugt

Der er registreret en høj relativ luftfugtighed i flere rum i boligen.

Løsning: Mekanisk ventilation, udendørs tørregård og renovering af kælderrum (isolering og omfangsdræn).

2. Afgasning fra materiale

Afgasning fra materialer og maling fjernes langsomt, da udluftning kun sker periodevist.

Løsning: Mekanisk ventilation.

3. Besværlig rengøring

Svære overflader, såsom trapper, giver besværlig rengøring. Ved ringe rengøring samles større mængder støv, som kan spredes rundt i boligen.

Løsning: Mekanisk ventilation har mindsket niveauet af partikler i luften.

4. Træk

Naturlig ventilation kan give trækgener, især om vinteren, når udeluften er kold.

Løsning: Mekanisk ventilation mindsker behovet for udluftning.



5. Dårlig arkitektur

Manglende "hjerterum" og ringe udnyttelse af kælderen. Desuden inviteres der ikke til brug af udearealerne.

Løsning: Åbning mellem køkken og spise-stue. Beboelige kælder giver bedreudnyttelse af kvadratmetre, og ny terrassedør i kælderværelset giver bedre adgang til haven.

6. Miljøfarlige stoffer

Der er fundet hormonforstyrrende stoffer i støv.

Løsning: Ikke løst. Kan imødekommes ved fokus på rengøring og fornuftigt valg af produkter.

7. Dårligt dagslys

Der er manglende lys i kælderen samt lave lofter og dybe rum. Det gør det sværere for dagslyset at trænge ind i hele rummet.

Løsning: I kælderen har en terrassedør givet mere dagslys. I køkkenet er mængden af dagslys forbedret ved at fjerne væggen mellem stuen og køkkenet.

8. Radon

Huset er tæt, hvilket har resulteret i ophobning af radon. Der er målt høje værdier i hele hjemmet - i kælderen helt op til 298 Bq/m³.

Løsning: Mekanisk luftskifte. Renovering af kælder giver øget tæthed, som også kan forebygge radon i at trænge ind.

Bungalow 1937

Snit set fra bagsiden

1. Lugt

Fund af skimmel samt mangel på kontinuerligt luftskifte til at bortventilere lugt fra mennesker og brugeradfærd.

Løsning: Mekanisk ventilation. Mere effektiv emhætte fjerner mados. Nyetableret tørregård opfordrer til tørre tøj udendørs.

2. Partikler

Stor spredning af partikler i indeklimaet ved madlavning, grundet emhætte med ringe sugesevne. Intet filter til at bortfiltrere partikler fra udeluften ved udluftning.

Løsning: Ny effektiv emhætte med kogechen. Mekanisk ventilation med ePM155 % filter i ventilationssystemet, som mindsker mængden af udefrakommende partikler.

3. Støj

Der vil være udefrakommende støj, da hjemmet kun kan ventileres ved at åbne døre og vinduer. Desuden støjer eksisterende emhætte.

Løsning: Mere støjsvag emhætte er installeret samt mekanisk ventilation mindsker behovet for at åbne vinduer.

4. Afgasning fra mennesker

Høje CO₂-niveauer i soveværelser, da der ikke er en kontinuerlig udskiftning af luften. Ventilation sker kun ved periodevis naturlig ventilation.

Løsning: Mekanisk ventilation.

5. Lav temperatur

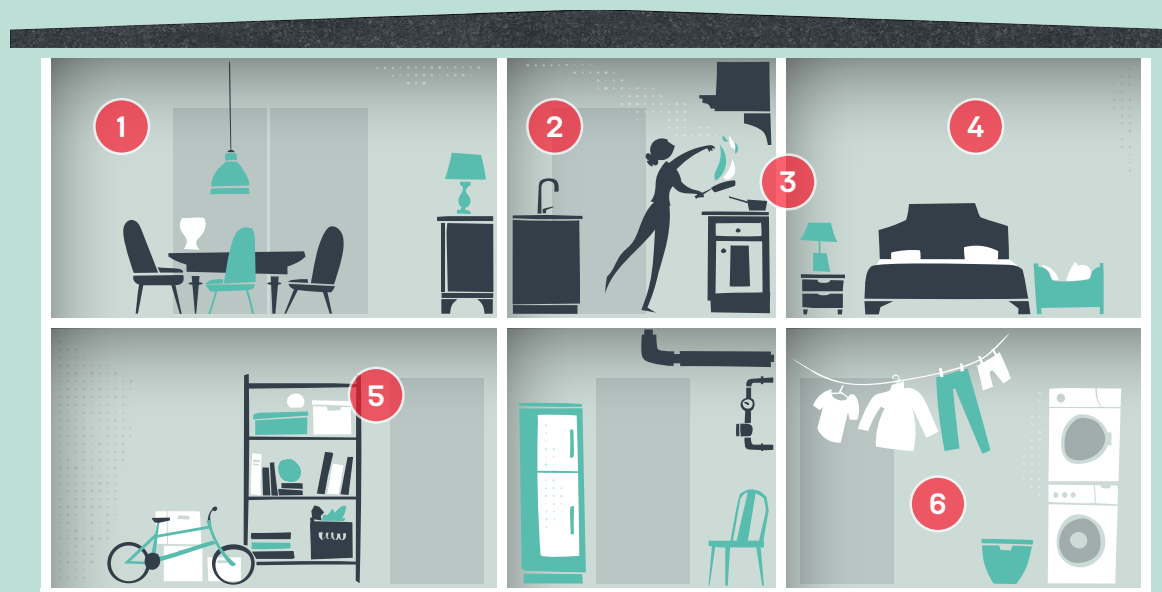
Naturlig ventilation medfører, at der lukkes kold luft ind om vinteren. Det kan resultere i lave temperaturer. Utæt kælderdør lukker kold luft ind.

Løsning: Mekanisk ventilation og ny dør i kælderen.

6. Skimmelvækst

Tøjvask og tørring af tøj i kælderen skaber et fugtigt miljø, som kan kondensere på kolde overflader. Det giver gode forudsætninger for skimmelvækst. Fugten bortventileres kun periodisk med naturlig ventilation.

Løsning: Det tidligere vaskerum er renoveret med omfangsdræn og isolering. Rummet er blevet godkendt til beboelse. Etablering af udendørs tørregård samt mekanisk ventilation.



Indeklimaet kunne forbedres i tre helt almindelige huse

Realdania By & Byg afdækkede fra starten af projektet Sunde Boliger Renovering en lang række sundhedsmæssige problemer i tre enfamiliehuse, som blev prioriteret løst inden for et budget på 500.000 kr. pr. hus. Indeklimamålinger var her et helt centralt værktøj til at prioritere ud fra, og efter renoveringen viste nye målinger, at alle tre huse var blevet markant sundere at bo i.

De omfattende indeklimamålinger i de tre huse, som Realdania By & Byg har renoveret i Randers, viste, at alle husene havde indeklimaproblemer, og netop målinger er den hjørnesteen i projektet, som sikrer, at problemer identificeres, og løsninger prioriteres, med afsæt i fakta. Indeklima opleves forskelligt af forskellige mennesker, og mange indeklimaproblemer lægger man slet ikke mærke til. Derfor er en evidensbaseret tilgang særligt vigtig, når det handler om indeklima.

Gennem målingerne blev der indsamlet data om blandt andet tæthed, radon, svampesporer, CO₂, fugt og partikler – og også tilstedeværelsen af de miljøskadelige stoffer PCB og asbest blev målt. Heldigvis var der ingen problemer med PCB, mens ét hus med asbesttag fik skiftet dette.

Efter renoveringen blev indeklimaet i de tre huse målt igen. Målingerne viste, at alle tre huse var blevet markant sundere at bo i – trods vidt forskellige familier med forskellig adfærd og brug af husene.

På de følgende sider kan du læse om nogle af de enkelte indeklima-problematikker – radon, stegepartikler, fugt og skimmel, afgangning fra mennesker og dårligt dagslys – og du kan se måleresultater fra husene hhv. før og efter renoveringen. Alle måleresultaterne fra de tre huse kan ses på www.realdania.dk/sbr under hvert hus.



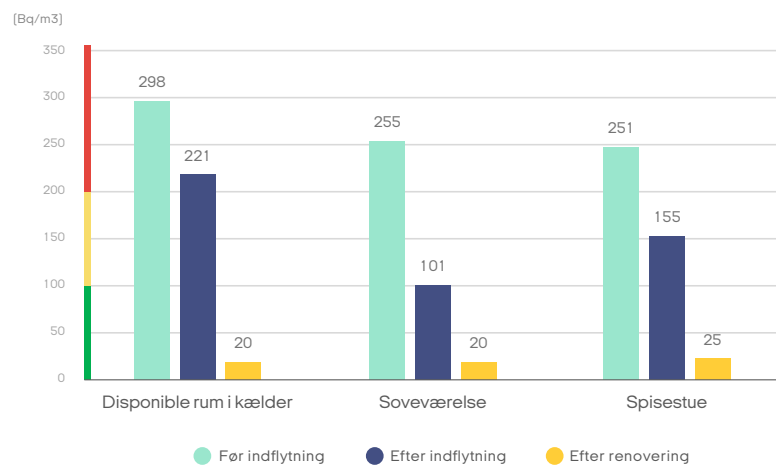
Radon

Radon var et problem i flere af husene. I bungalowen viste radonmålingerne relativt høje niveauer både før indflytning og under renovering. Det skyldtes til dels, at huset havde stået tomt i noget tid, inden Realdania By & Byg købte det, og dermed havde radon ophobet sig i huset på grund af manglende regelmæssigt luftskifte. Derudover var huset relativt tæt.

For at nedbringe mængden af radon i huset blev der installeret et ventilationsanlæg for at sikre et konstant, mekanisk luftskifte. Desuden blev kælderen i huset efter renoveringen mere tæt, hvilket også har bidraget til at forebygge radon i at trænge ind. Efter installation af ventilationsanlægget blev radonmængden bedre bortventileret. Niveauerne faldt i samtlige undersøgte rum og var nu væsentligt under Bygningsreglementets anbefalede 100 Bq/m³.



Selvom et ventilationsanlæg fylder en del, er det som regel muligt at passe det ind, især hvis man som her har kælder under huset.



Radon

Figuren viser radonmålinger i tre rum i bungalowen før og efter indflytning samt efter renovering.

Stegepartikler

Stegepartikler var også et generelt problem i husene i Randers. De eksisterende emhætter var ineffektive i alle tre boliger, og dermed blev stegepartikler fra madlavning sendt rundt i boligen.

I bungalowen viste forsøg med stegning af bacon inden renovering, at der var fine partikler i luften, både i køkkenet og i soveværelset.

Den eksisterende emhætte blev derfor erstattet af en ny og mere effektiv emhætte med forbedret sugsevne. Den gamle emhætte havde en maksimal sugsevne på ca. 45 l/s, mens den nye kunne indstilles til at suge mellem 59 l/s og 105 l/s. Den nye emhætte blev først installeret som en loftsemhætte, men senere blev der ved hjælp af 'skørter' dannet en kogeniche for at flytte suget tættere på forureningskilden. Det havde en tydelig positiv virkning på fjernelsen af partikler. Ved ombygning til kogeniche blev suget flyttet 1/3 tættere på forureningskilden.

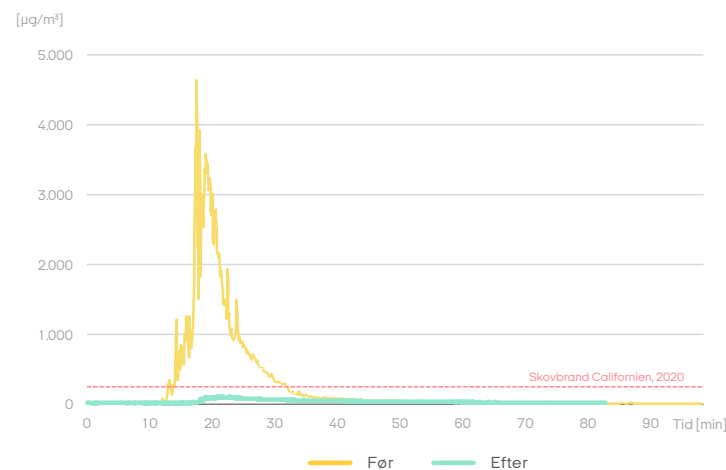
Den nye emhætte (med kogeniche) viste sig at fjerne partikler fra madlavning langt mere effektivt end den gamle emhætte (se grafen). Til sammenligning var det maksimale niveau på trin 3 for den gamle emhætte på 45 l/s, og partikelindholdet i luften var over 4.500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ i køkkenet, imens niveauet på det laveste niveau på trin 1 for den nye emhætte var på 59 l/s, og her kom luftforureningen maksimalt op på 118 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ i køkkenet.



Køkkenet i parcelhuset før renovering.



Køkkenet i parcelhuset efter renovering – med kogeniche omkring emhætten.



Partikler fra madlavning

Grafen viser måleresultaterne for den eksisterende emhætte i bungalowens køkken (gul = før renovering) og for den nye emhætte med kogeniche (grøn = efter renovering).

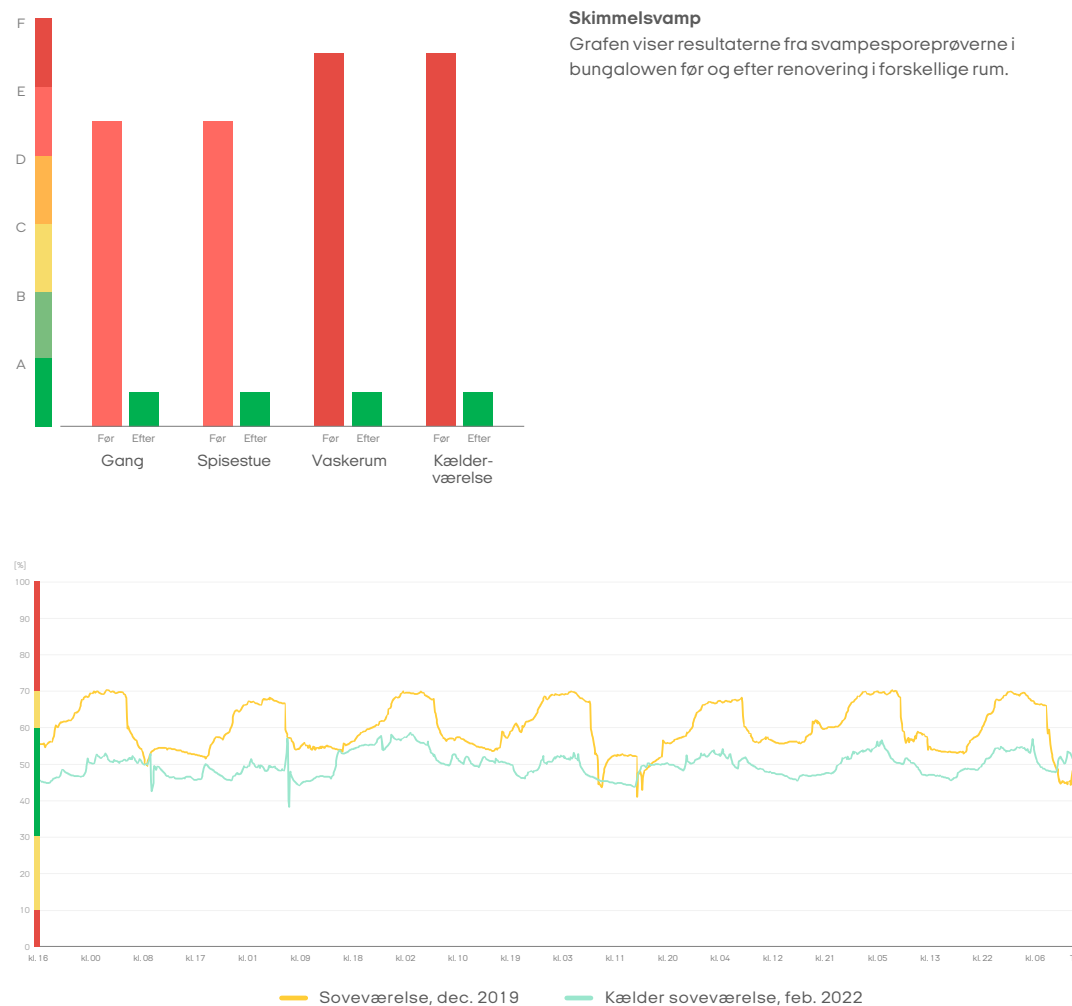
Fugt og skimmel

Også høje fugtniveauer og skimmelvækst var et problem i husene. De to af husene havde kælder, og særligt her var der udfordringer. I alle tre huse blev der foretaget DNA-tests i forskellige rum for at undersøge forekomster af svampesporer.

I bungalowen indikerede testene høje fugtniveauer flere steder. Især i vaskerummet blev der fundet diverse svampe, og testen blev kategoriseret med F i samtlige prøver på en ABCDEF-skala, hvor F er alvorligst. Dette skyldtes formentlig en kombination af indtrængende jordfugt og indendørs tørring af tøj. Resten af boligen havde også kritisk karakter [E] på samtlige målinger. Dette skyldtes formentlig spredning fra vaskerummet, samt en generel tæt konstruktion, som manglede ventilation og dermed skabte forholdsvis høje luftfugtigheder. For at nedbringe forekomsten af skadelige svampe blev vaskerummet renoveret, så det kan anvendes som et beboeligt værelse, der blev godkendt af Randers Kommune. Derudover blev der etableret en overdækket tørregård, så tøj fremover kan stilles til tørring udenfor, trods mulighed for regn i vejrudsigten. Samtidig blev der etableret en direkte udgang fra kælderen til haven og tørregården, så udendørs tøjtørring blev så nemt som muligt.

Derudover blev der installeret mekanisk ventilation, som bragte den indendørs luftfugtighed ned, og dermed blev risikoen for kondensering på kolde flader mindre.

Læs mere om skimmelproblemerne i de tre huse, og hvordan de er løst [i denne artikel](#).



Luftfugtighed

Grafen viser den relative luftfugtighed i bungalowens soveværelse hen over en uge hhv. før renovering (gul graf) og efter renovering.

Kælderen i bungalowen fra 1937 blev gjort beboelig gennem renovering. Der blev bl.a. installeret mekanisk ventilation for at løse problemer med fugt og radon.



I et forsøg på at ændre vanen med at tørre tøj indendørs fik bungalowen tilføjet en overdækket udendørs tørregård med direkte adgang fra vaskerummet.

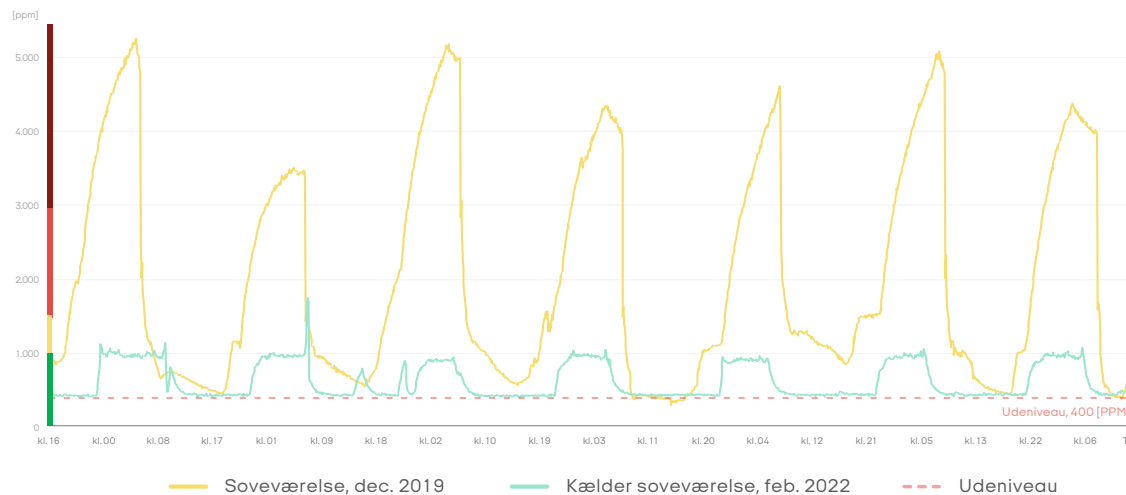


Afgasning fra mennesker

I alle tre huse var der udfordringer med afgasning fra mennesker, udtrykt ved CO₂-målinger, om natten i soveværelset. Høje CO₂-niveauer kan give hovedpine, træthed og koncentrationsbesvær, men samtidig ses CO₂ som et udtryk for de samlede mængder af afgasninger fra mennesker, som yderligere påvirker os.

I bungalowen blev der registreret meget høje niveauer af CO₂ om natten i soveværelset. Målingerne indikerede, at vinduerne var lukkede om natten i størstedelen af vinterhalvåret, hvilket formentlig skyldtes, at en lav udetemperatur ville skabe generende træk og underafkøle soveværelset.

Ved at installere mekanisk ventilation blev den CO₂ fjernet, som ophobede sig i soveværelset. Resultaterne kunne især ses i de kolde måneder om vinteren, hvor der tidligere ikke blev åbnet vinduer om natten. Niveauerne er faldet fra over 5.000 ppm (milliontedele) til nu højst at komme op på den anbefalede grænseværdi på 1.000 ppm.



Afgasning med CO₂ fra mennesker

Grafen illustrerer niveauerne for CO₂ i et topersoners soveværelse i bungalowen over en uge. Her ses, hvordan CO₂-niveauerne stiger markant om natten, når beboerne sover, og hvordan de falder igen om morgenen, når der luftes ud. Efter installation af mekanisk ventilation fjernes den CO₂, der ophober sig i soveværelset i løbet af natten (den grønne kurve). Niveauerne er faldet fra omkring de 5.000 ppm til nu højst at komme op på ca. 1.000 ppm. Soveværelset er gået fra tæt på ingen udluftning til at have en konstant mekanisk indblæsning på 36 m³/t [10 l/s]. Desuden er det værd at bemærke, at topersoners soveværelset efter renovering er flyttet fra stueetagen til kælderværelset, da dette rum nu er gjort beboeligt.

Dårligt dagslys

Mangel på tilstrækkeligt dagslys kan have negativ indvirkning på kroppens naturlige døgnrytme, som bl.a. følger naturligt lys. Et godt dagslys er derfor vigtigt for indeklimaet og beboernes sundhed. I parcelhuset havde spisestuen, som er det mest centrale rum i huset, dårligt dagslys. Spisestuen i huset er et dybt rum, som kun har vinduer i den ene side, og en senere tilbygning har dækket for flere af de oprindelige vinduer. Dagslyssimuleringer bekræftede også, at rummet ikke levede op til nutidens krav om minimum 300 lux i mindst 50 % af det relevante gulvareal i mindst halvdelen af dagslystimerne. I spisestuen var tallet kun 36 %.

Løsningen blev at installere et ovenlys i midten af spisestuen og at åbne mere op til køkkenet. Ved at lade en dobbeltdør af glas erstatte den eksisterende massive trædør, bliver der nu lukket mere dagslys ind i både spisestuen og køkkenet. Fra kun at overholde 300 lux-kravet på 36 % af gulvarealet i spisestuen bliver det nu overholdt i 85 % af gulvarealet.



Før og efter: I parcelhuset fra 1962 blev der skabt markant mere dagslys i stuen ved hjælp af ovenlysvinduer og åbning mod køkkenet med en glasskydedør, som er indsat for, at man kan lukke af for stegeos under madlavning (se også side 17).



Dagslys

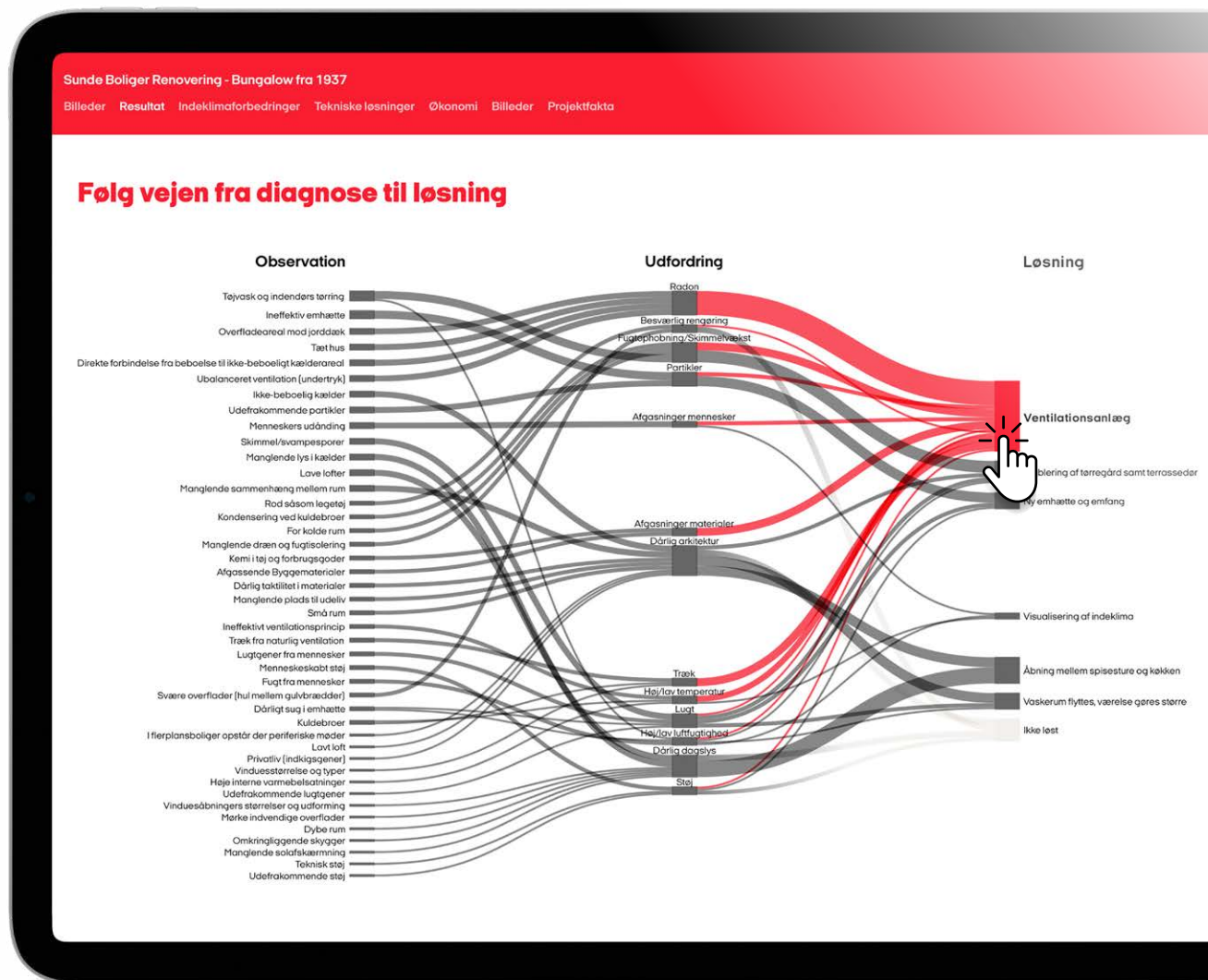
Figuren viser, at fra kun at overholde 300 lux-kravet på 36 % af gulvarealet i parcelhusets spisestue, overholdes det nu i 85 % af gulvarealet som følge af installation af ovenlysvindue og montering af dobbelt glasdør.

Indeklimaløsninger afhjælp flere problemer på én gang

I en indeklimatest er det naturligvis vigtigt at prioritere de økonomiske midler, som husejeren har til rådighed. I de tre huse blev løsninger prioriteret, som kunne afhjælpe flere indeklimaproblemer på én gang. Installation af mekanisk ventilation kunne f.eks. løse udfordringer med dårlig luftkvalitet, for højt niveau af stegepartikler og for høje radonniveauer.

Det illustreres blandt andet af et såkaldt Sankey-diagram. Yderst til venstre er husets indeklimaproblemer listet, i den midterste del det overordnede problem i indeklimahjulet og yderst til højre den konkrete løsning i huset. Jo bredere feltet er ud for løsningen, desto flere problemer afhjælper løsningen.

På www.realdania.dk/sbr under hvert hus findes et interaktivt Sankey-diagram, så man nemt kan se hvilke løsninger, der afhjælp hvilke problemer.



Systematiske målinger og involvering af forskere

Forsøgsdesignet bag Realdania By & Bygs projekt Sunde Boliger Renovering bygger både på en lang række målinger, tidligere indeklimateforsøg med nybyggeri og opdateret viden og vurderinger fra engagerede fageksperter.

Formålet med projektet Sunde Boliger Renovering har været at vise, med hvilken effekt det er muligt at forbedre indeklimaet i eksisterende beboelseshuse. Med afsæt i den nyeste viden og egne erfaringer fra tidligere forsøg har Realdania By & Byg anvendt en metode, som bygger på omfattende målinger af indeklimaet i projektets tre forsøgshuse i kombination med at inddrage førende fagkompetencer i at vurdere husenes problemer og drage konsekvenserne af dem.

Til brug for forsøget købte Realdania By & Byg i 2018 tre énfamiliehuse i Randers, som er typiske for hver deres periode og boligstil: en bungalow fra 1937, en murer mestervilla fra 1953 og et parcelhus fra 1962.

Som det første blev de tre huse forsynet med måleudstyr og gjort klar til udlejning, og i 2019 flyttede tre familier ind, som havde indvilget i at være forsøgsfamilier.

Sundhedsrapporter kom hele vejen rundt

I det første år blev boligernes aktuelle indeklimatilstand målt løbende med fokus på bl.a. temperaturforhold, fugt, og CO₂, samt via spotmålinger af skimmelsporer, partikel-forurening og dagslys, suppleret af en grundig byggeteknisk gennemgang. På baggrund af målingerne kortlagde Realdania By & Bygs rådgiver, Artelia A/S, indeklimaproblemerne i hvert af de tre huse i en sundhedsrapport med mest mulig viden om nærmest alle de indeklimaparametre, som illustreres i Realdania By & Bygs værktøj "Indeklimahjulet".

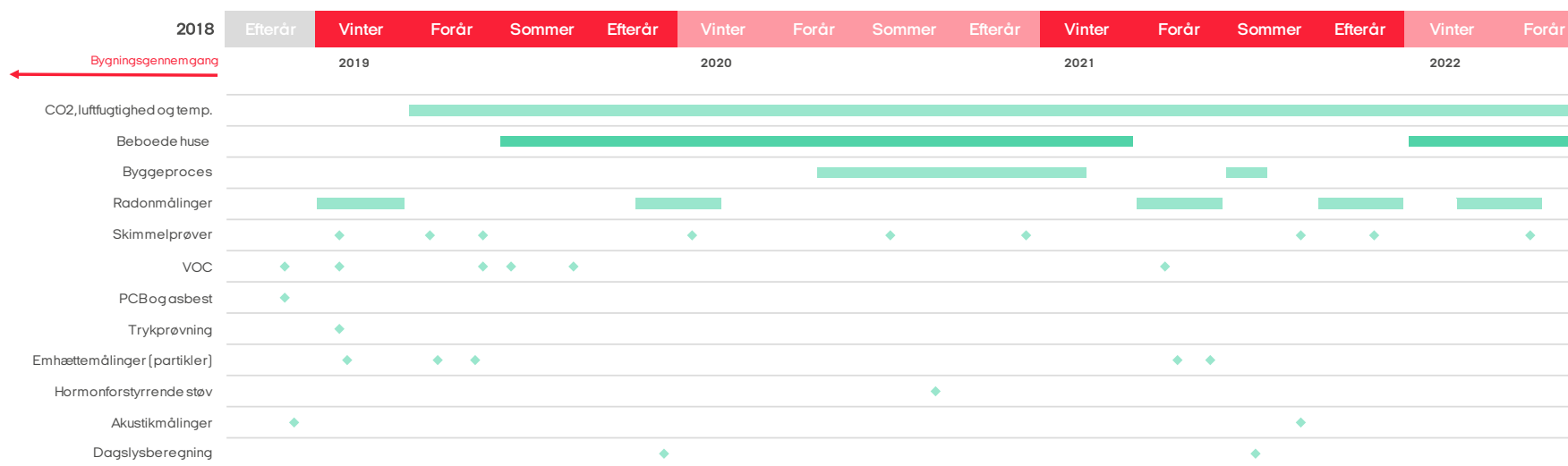


På baggrund af dette "sundhedstjek" for hvert hus skulle Realdania By & Byg beslutte, hvordan hvert af husene kunne renoveres til mest mulig gavn for indeklimaet for et budget på 500.000 kr. inkl. moms.

For at træffe de bedst mulige beslutninger og sikre, at renoveringen skete på baggrund af den nyeste forskning, samlede Realdania By & Byg en række førende forskere inden for indeklima og afholdt workshops, hvor fageksperterne deltog aktivt i beslutningsprocessen.

Mest sundhed for penge

I dette forum blev husenes indeklimaproblemer vægtet og de mulige løsninger prioriteret ud fra, hvor alvorlige konsekvenser indeklimaproblemerne kunne have for beboerne,



Tidsplan for projektet Sunde Boliger Renovering, bungalowen fra 1937.

og hvordan man kunne få mest indeklimateforbedring og sundhed for pengene gennem en håndværksmæssig indsats.

Herefter – i 2020-21 – blev selve renoveringen af husene gennemført med fokus på at løse de mest alvorlige problemer i forhold til sundhedsrisici.

Efter renoveringen blev husenes indeklimate på ny målt i løbet af en sæson. På baggrund af data fra både før og efter renoveringen var det nu muligt at konstatere, om den forventede forbedring af indeklimaet blev skabt, og hvilke løsninger der mest effektivt formåede at forbedre det.

Renoveringen af de tre huse har af hensyn

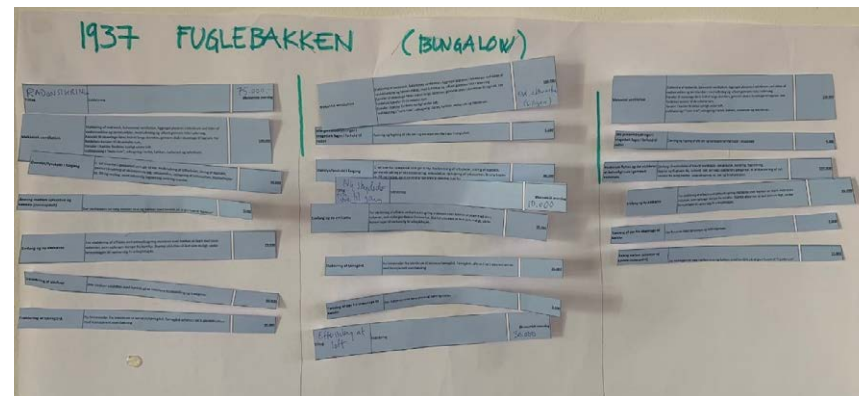
til forsøgets værdi været gennemført med skarpt fokus på indeklimate og sundhed. Når andre vil lade sig inspirere af projektet, vil prioriteringen af indeklimateforbedringerne imidlertid typisk gå hånd i hånd med andre hensyn som almindelige boligforbedringer og energibesparelser, der gavner både økonomi og klima. Ofte vil målet være at finde løsninger, som opfylder flere af disse formål på én gang.

Målinger og undersøgelser i de tre huse i Randers

- **Byggeteknisk gennemgang**
- **Miljøfarlige stoffer** [PCB og asbest]
- **Afgasning af VOC'er** [flygtige organiske forbindelser] før og efter klargøring til indflytning
- **Radonundersøgelse**
- **Blowerdoor test** [tæthedsmåling] **og termografering af klimaskærm**
- **Svampesporer – DNA-test**
- **Kontinuerlige indeklimatemålinger i de beboede huse** [CO₂, temperatur og fugt]
- **Dagslyssimuleringer**
- **Partikelmålinger** [baconstegning og brændeovn]
- **Hormonforstyrrende stoffer i støv**
- **Akustikmålinger**



Workshop med indeklimaekspertes hos Realdania By & Byg i København.



Perspektivering

Win-win for boligejere, bygninger og byggebranche

Et større fokus på indeklima i renovering af boliger rummer potentialer for ombygningsopgaver med masser af mening i, fordi de både gavner klimaet og menneskers sundhed.

- Det er i virkeligheden mærkeligt, så lidt boligens indeklima fylder, når man ved, hvor meget den almindelige dansker ellers går op i sund mad, motion osv. – og når man samtidig hører forskerne fortælle, hvor afgørende boligens indeklima er for vores trivsel og helbred. Måske skyldes det, at mange boligejere og beboere synes, at det er svært og indviklet, og fordi man ikke altid kan mærke det på sin krop, når der er noget galt med indeklimaet.

Sådan siger projektchef i Realdania By & Byg Jørgen Søndermark, der har ledet projektet Sunde Boliger Renovering. Han håber, at der vil komme mere fokus på betydningen af indeklimaet i en tid, hvor klimadagsordenen dikterer meget mere renovering frem for nybyggeri, og hvor de høje energipriser presser på for tiltag, der kan sætte energiforbruget ned.

Mennesker og bygninger holder længere

- Forbedring af husenes indeklima, så de bliver sundere at bo i, kan jo helt bogstaveligt betyde, at både mennesker og bygninger holder længere. God renovering kan forlænge bygningers levetid markant, og det er til stor gavn for klimaet, fordi man så skal bygge det mindre nyt, siger Jørgen Søndermark.

Eksempler på forbedringer, som både kan forbedre indeklimaet og få boligerne til at holde længere, kan være god isolering, udskiftning af vinduer og tilføjelse af ventilationsanlæg, som blandt andet kan forebygge skimmelsvamp. En af vejene til at skabe øget bevidsthed hos boligejerne om mulighederne for at gøre boligen sundere at leve i, er via de fagfolk, som tilbyder renovering og ombygning af huse eller på andre måder har

daglig kontakt med boligejere om kvaliteten af husene.

Stort behov for vejledning

- Meget tyder på, at der er et kæmpestort behov for seriøs vejledning og gode råd om, hvordan man på ofte ret enkel vis kan forbedre sundheden i en bolig af lidt ældre dato. Hvis de rådgivere, håndværkere, ejendomsrådgivere og andre gode folk, som den enkelte husejer møder, er klædt ordentligt på til denne opgave, er der ikke blot et sundhedsperspektiv for de små familier derude – men også et interessant potentialer for ombygningsopgaver med masser af mening i, siger projektchefen.

En god vejledning til boligejere bør altid omfatte både, hvad boligejeren selv kan gøre

gennem daglig adfærd og ændrede vaner, og hvordan en renovering af boligen kan bidrage – og her bør der være fokus på at få mest mulig værdi for pengene.

- Jeg tror, at det er vigtigt med fokus på at slå flere fluer med ét smæk, når man skal renovere. Tiden er nok ikke helt moden til at overbevise nogen om at investere 500.000 kr. i et forbedret indeklima alene, men hvis man alligevel er opsat på at spare på varmeregningen eller simpelthen gøre hjemmet mere lækkert, bør der altid være nogen eller noget, der siger boligejeren: Husk nu indeklimaet, slutter Jørgen Søndermark.



Sunde boliger

Bogen "Sunde boliger" fortæller om udviklingsbyggeriet i Holstebro, hvor Realdania By & Byg i 2016-17 opførte tre enfamiliehuse med hver sin eksperimenterende tilgang, som en slags 1:1-laboratorium, hvor forskere testede forskellige byggestrategier for et sundere indeklima.

Projektet havde til formål at danne bro mellem forskning og praksis og afsøge muligheder for et bedre indeklima med afsæt i byggematerialer, byggemetoder og teknologi. Fokus var bl.a. på ventilation, klimaskærm og fugt samt afgangning af skadelige stoffer fra byggematerialer.

Bogen kan downloades gratis eller købes trykt for 49 kr. [her](#).



Realdania By & Byg

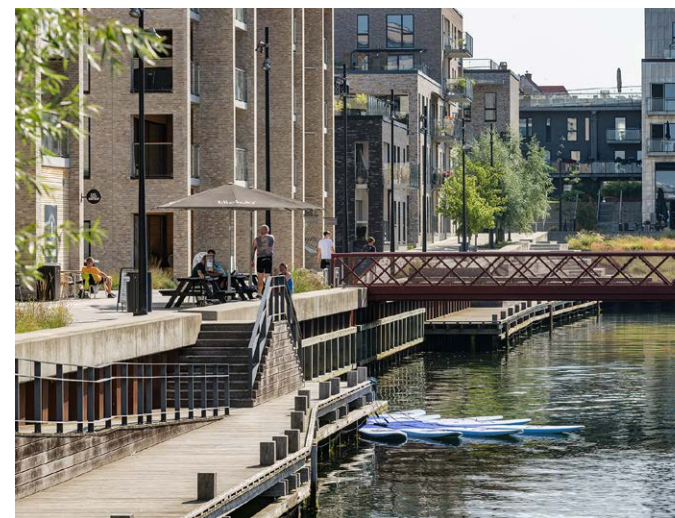
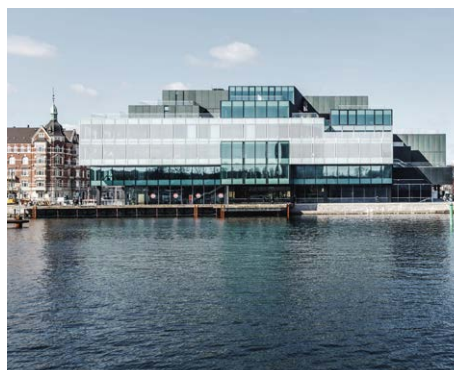
Realdania By & Byg er et datterselskab af Foreningen Realdania. Selskabet fører Realdanias mission om livskvalitet i det byggede miljø ud i livet gennem ejerskab af bygninger og arealer til byudvikling.

Realdania By & Byg har siden 2003 købt og restaureret mere end 50 historiske huse, udviklet mere end 15 projekter med eksperimenterende byggeri og er involveret i fire store byudviklingsprojekter i samarbejde med kommuner.

Læs mere på www.realdaniabyogbyg.dk

Via Realdania By & Byg Klubben er det muligt at opleve både byudvikling, historiske ejendomme og eksperimenterende nybyggeri helt tæt på. Der er særlige erhvervsarrangementer for fagfolk ca. otte gange om året.

Læs mere på www.realdaniabyogbygklubben.dk



Sunde Boliger Renovering

© Realdania By & Byg A/S, 2023

ISBN: 978-87-93746-71-8

Skribent/journalist:

Side 6-16 og 32: Mikkel Meister

Øvrig tekst og redaktion:

Realdania By & Byg A/S

Layout og illustrationer:

Dot Noir v/Victor Nguyen Johannesen

Fotos:

Helene Høyer Mikkelsen: Side 1 tv., 4, 16 [begge], 17 [alle], 20,

21 [begge], 22 [begge], 24 [alle] og 26 [begge]

Mikkel Meister: Side 3 øv., 9, 12, 13, 15 og 32

Artelia A/S: Side 28 og 30 [to nederste]

Kurt Rodahl Hoppe: Side 34 øv.

PalmePHOTO: Side 34 ned.th.

Rasmus Hjortshøj/BLOX: Side 34 ned.tv.

Realdania By & Byg: Side 5 [alle] og 30 [to øverste]

Realdania By & Byg

Jarmers Plads 2, 1551 København V

Nørregade 29, 5000 Odense C

Tlf.: 70 11 06 06

info@realdaniabyogbyg.dk

www.realdaniabyogbyg.dk