

Hvidbog - Ventilation af eksisterende etageboliger

Erfaringsopsamling og anbefalinger

Afshari, Alireza; Rasmussen, Birgit; Knudsen, Henrik N.; Kragh, Jesper; Gunnarsen, Lars; Bergsøe, Niels Christian; Vogelius, Peter

Creative Commons License
Ikke-specificeret

Publication date:
2020

Document Version
Også kaldet Forlagets PDF

[Link to publication from Aalborg University](#)

Citation for published version (APA):

Afshari, A., Rasmussen, B., Knudsen, H. N., Kragh, J. (red.), Gunnarsen, L., Bergsøe, N. C., & Vogelius, P. (2020). *Hvidbog - Ventilation af eksisterende etageboliger: Erfaringsopsamling og anbefalinger*. (1. udgave udg.) Institut for Byggeri, By og Miljø (BUILD), Aalborg Universitet. SBI Nr. 2020:12

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal -

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at vbn@aub.aau.dk providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

SBI 2020:12

Hvidbog Ventilation af eksisterende etageboliger

Erfaringsopsamling og anbefalinger



HVIDBOG

Ventilation af eksisterende etageboliger

Erfaringsopsamling og anbefalinger

Alireza Afshari
Birgit Rasmussen
Henrik N. Knudsen
Jesper Kragh
Lars Gunnarsen
Niels Christian Bergsøe
Peter Vogelius

SBi 2020:12
BUILD, Aalborg Universitet København
2020

TITEL	Hvidbog – Ventilation af eksisterende etageboliger
UNDERTITEL	Erfaringsopsamling og anbefalinger
SERIETITEL	SBi 2020:12
FORMAT	Tryksag
UDGIVELSEÅR	2020
FORFATTER	Alireza Afshari, Birgit Rasmussen, Henrik N. Knudsen, Jesper Kragh (red.), Lars Gunnarsen, Niels Christian Bergsøe, Peter Vogelius
REDAKTION	Kasper Lægring & Jesper Kragh
SPROG	Dansk
SIDETAL	59
LITTERATURHENVISNINGER	Side 57-59
EMNEORD	Ventilation, renovering, formidling
ISBN	978-87-563-1948-5
TEGNINGER	Claus Nielsen
OMSLAGSILLUSTRATION	Claus Nielsen
UDGIVER	BUILD, Aalborg Universitet A.C. Meyers Vænge 15, 2450 København SV E-post sbi@sbi.aau.dk www.build.aau.dk

Der gøres opmærksom på, at denne publikation er omfattet af ophavsretsloven.

INDHOLD

FORORD	5
SAMMENFATNING	6
Anbefalinger til overvejelser og undersøgelser	6
1 INDLEDNING	10
Baggrund	10
Formål	10
Metode	10
Definitioner og afgrænsning	11
2 ETAGEBOLIGBYGGERI	14
2.1 Byggeår, boligareal og ejerforhold	14
2.2 Varmebesparelser	15
3 VENTILATIONSSYSTEMER OG REGULERING	18
3.1 Mekanisk ventilation	18
3.2 Naturlig ventilation	21
3.3 Hybrid ventilation	21
3.4 Regulering af ventilationen	21
3.5 Behovsstyring	22
3.6 Forslag til overvejelser og undersøgelser	22
4 LOVGIVNING OG STANDARDER	24
4.1 Ventilation	24
4.2 Lydforhold	25
4.3 Bestemmelser vedrørende nyinstallation	25
4.4 Funktionsafprøvning	26
4.5 Bestemmelser vedrørende eksisterende installationer	26
4.6 Lydklasser for støj fra tekniske installationer	27
4.7 Forslag til overvejelser og undersøgelser	27
5 BEBOERNES OPLEVELSER	30
5.1 Beboernes oplevelser før og efter renovering	30
5.2 Beboernes oplevelser ved forskellige ventilationsprincipper	32
5.3 Resultater fra dialogmøderne	35
5.4 Forslag til overvejelser og undersøgelser	36
6 SUNDHED OG KOMFORT	38
6.1 Forureningskilder i boliger	38
6.2 Ventilationens betydning	39
6.3 Gener og sundhedstab fra eksponeringer i boliger	40
6.4 Forslag til overvejelser og undersøgelser	43

7 RENOVERINGSPROCESSEN	46
7.1 Helhedsperspektiv	46
7.2 Renoveringssagens rammer	46
7.3 Planlægning	47
7.4 Forslag til overvejelser og undersøgelser	51
8 DRIFT OG VEDLIGEHOLDELSE	54
8.1 Drift	54
8.2 Vedligeholdelse	54
8.3 Serviceordning for ventilationsanlæg	55
8.4 Erfaringer fra praksis	55
8.5 Forslag til overvejelser og undersøgelser	56
LITTERATUR	57

FORORD

Utilstrækkelig ventilation kan føre til utilfredsstillende indeluftkvalitet, herunder høje koncentrationer af partikler og kemiske forbindelser samt fugtproblemer og skimmelsvampevækst. I eksisterende etageboligbyggeri er det sjældent enkelt at lave nye installationer, der forbedrer ventilationsforholdene, blandt andet fordi ældre bygninger ikke er forberedt til nutidens ventilationsløsninger, og i mange tilfælde kræver den enkelte bygning sin egen løsning. Derfor er der gennem tiden gennemført talrige projekter om emnet, hvor forskellige tekniske løsninger er undersøgt.

Nærværende hvidbog har til formål at beskrive og diskutere de ventilationstekniske løsninger og pege på anbefalinger og overvejelser, der bør udføres for dels at styrke den eksisterende viden, der i dag ligger til grund for hvordan ventilationsanlæg i eksisterende etageboliger renoveres, og dels at tilvejebringe ny viden.

Hvidbogen er baseret på den viden, der blev indsamlet under et forstudie og tre åbne dialogmøder afholdt for interesserede beboere og professionelle fra ventilationsbranchen. Forstudiet havde fokus på rådgivere og udførende i byggebranchen. Det resulterede i rapporten *Kilder til viden om ventilation af eksisterende etageboliger*. Rapporten indeholder et overblik over og en systematisering af litteratur på området samt en afrapportering af en interviewundersøgelse af praktikernes kilder til viden. Dialogmøderne blev afholdt den 3/6 og den 27/8-2019 hos Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet i København med deltagelse af ca. 80 interesserede fra ventilationsbranchen inkl. et antal beboerrepræsentanter.

Hvidbogen er udarbejdet med økonomisk støtte fra Grundejernes Investeringsfond og Landsbyggefonden.

Seniorforsker Jesper Kragh og redaktør Kasper Lægning har redigeret hvidbogen med bidrag fra professor Alireza Afshari, seniorforsker Birgit Rasmussen, seniorforsker Henrik N. Knudsen, professor Lars Gunnarsen, seniorforsker Niels Christian Bergsøe og seniorforsker Peter Vogelius.

BUILD, Statens Byggeforskningsinstitut
Aalborg Universitet

Søren Aggerholm
Forskningschef

SAMMENFATNING

I nærværende hvidbog er samlet viden om renovering af eksisterende etageboligers ventilationssystemer, især med fokus på de mange udfordringer, der viser sig i praksis.

Hvidbogens formål er at tilvejebringe et vidensoverblik, fremme vidensdeling og pege på udviklingsbehov, så renovering af ventilationssystemer i etageboligbyggeriet fremover kan få et bedre udgangspunkt for renoveringsprocessen. I sidste ende er målet, at der opnås velfungerende, driftssikre og vedligeholdelsesvenlige ventilationsløsninger, som bidrager til et sundt og komfortabelt indeklima.

Hvidbogen er inddelt i 6 overordnede kapitler: ventilationssystemer, lovgivning og standarder, beboernes oplevelser, sundhed og komfort, renoveringsprocessen og drift og vedligeholdelse. Hvert kapitel beskriver den nuværende viden og afsluttes med nogle anbefalinger til overvejelser og undersøgelser af forhold, som der bør fokuseres på fremadrettet for at løse nogle af de mange udfordringer, der er ved renovering og drift af eksisterende etageboligers ventilationssystemer.

Der er en række emner relateret til kravene i bygningsreglementet, hvor det anbefales, at der foretages undersøgelser af, om kravene skal udbygges, skærpes eller tydeliggøres. Beboerundersøgelser viser, at beboernes tilfredshed generelt stiger efter renoveringer, hvor der installeres mekaniske ventilationssystemer. Undersøgelserne viser dog også, at der er utilfredse beboere, som der bør tages hensyn til. Fx ved at reducere støjgener fra komponenter eller forhindre "lydveje", hvor støj overføres fra et rum til et naborum eller fra en bolig til en anden bolig samt selve renoveringsprocessen, hvor beboerinddragelse og uddannelse af driftspersonalet er vigtige elementer for at opnå højere beboertilfredshed og velfungerende ventilationsanlæg.

Anbefalinger til overvejelser og undersøgelser

Der er i hvidbogens forskellige hovedkapitler givet en række specifikke anbefalinger til overvejelser og undersøgelser, der bør udføres for dels at styrke den eksisterende viden, der i dag ligger til grund for hvordan ventilationsanlæg i eksisterende etageboliger renoveres, og dels at tilvejebringe ny viden om hvor der er behov for innovation og udvikling. Nedenfor er givet et overordnet samlet resumé af de anbefalinger, der er beskrevet under hvert enkelt hovedkapitel.

Ventilationssystemer

Dagens teknologi giver gode muligheder for, at regulering af ventilationen kan ske automatisk med potentiale for store energibesparelser, men anvendelse af automatik indebærer også mere komplekse ventilationssystemer, der er sårbare over for fejlregulering af ventilationen. Følgende bør overvejes:

- Systematisk dokumentation og eksperimentel undersøgelse af behovsstyret ventilation.

Byggelovgivningen

Der er en række emner relateret til kravene i bygningsreglementet, hvor det anbefales, at der foretages undersøgelser af, om kravene skal udbygges, skærpes eller tydeliggøres:

- Kan man have forskellige ventilationskrav til eksisterende byggeri og nybyggeri?
- Afklaring af kravet om at ventilationsafkastet skal føres over tag

- Skal grænseværdien for ventilationsstøj i boligers opholdsrum skærpes?
- Kan kravene udformes således, at brugertilpasning af ventilationen vil være lettere?
- Bør der stilles krav om regelmæssig service og vedligehold af ventilationssystemer?

Beboernes oplevelser

Beboerundersøgelser viser, at beboernes tilfredshed med deres indeklima generelt stiger efter renoveringer, hvor der installeres mekaniske ventilationssystemer. Undersøgelserne viser dog også, at der er behov for at afklare følgende forhold:

- Årsagerne til, at ventilationssystemer giver anledning til gener for nogle beboere
- Betydningen af, hvordan ventilationsanlæg indreguleres, for hvordan luft og lugt overføres mellem lejligheder
- Hvordan ventilationssystemer kan gøres mere brugervenlige, intuitive og robuste, så de bliver anvendt efter hensigten
- Oplevelsen af tør luft, støj og lugtgener på grund af luftoverførsel mellem boliger kræver særlig opmærksomhed.

Sundhed og komfort

Ventilationen fortynder forureningen af indeluften i form af fugt, CO₂, kemiske stoffer og partikler, der skyldes indendørs forureningskilder, herunder mennesker, byggematerialer, inventar mm. Ventilationsanlægget kan dog også selv være forureningskilden i form af støj fra komponenter eller "lydvej" for støj fra et rum til et naborum i samme bolig eller mellem rum fra en bolig til en anden bolig. Følgende forhold er der behov for at afklare:

- Hvordan reduceres partikelindholdet i indeluften?
- Muligheder for at reducere fugt i indeluft og materialer
- Afledte problemer med skimmelsvampevækst og opformering af husstøvmider.
- Skærpe krav til ventilationsstøj i boliger.

Renoveringsprocessen

Renovering skal altid ses som en helhed, og ventilation er ofte kun et af flere aspekter. Beboernes orientering om og inddragelse i hele renoveringsforløbet og uddannelse af driftspersonalet er afgørende for at opnå et velfungerende ventilationsanlæg med høj tilfredshed blandt beboerne. Følgende forhold er der behov for at afklare:

- Opsamling af brugernes og driftspersonalets erfaringer med, og opfattelse af, ventilationssystemer i nyrenoverede byggerier.
- Brugerorienteret design – hvordan gentænkes ventilationssystemer ud fra vores viden om brugerpraksis?
- Hvordan kan eksisterende krav (lovgivning) til ventilation udformes således, at brugertilpasning vil være lettere – uden at kompromittere det gode indeklima?
- Hvordan tager man hensyn til forskelligheden af bygninger, der indgår i samme byggeri? Det bør overvejes, om samme løsning er den rigtige for alle dele af byggeriet. Yderligere forskning i, hvordan der etableres en systematisk proces for dette, er tiltrængt.

The background of the page features decorative elements in the corners. The top-left and bottom-right corners are filled with a pattern of concentric, curved lines that create a sense of depth and movement. The top-right and bottom-left corners are plain white.

1

INDLEDNING

1 INDLEDNING

Baggrund

Der er ofte utilstrækkelig ventilation i eksisterende etageboliger, og kun sjældent er ventilationen kontrolleret. Ydermere kan det ofte ved renovering af etageboliger konstateres, at nyinstallerede mekaniske ventilationssystemer ikke er tilstrækkeligt velfungerende (Afshari & Bergsøe, 2017).

I etageboliger opført før 1977 er der typisk naturlig ventilation, som bygger på luftfjernelse gennem aftrækskanaler i toilet/badeværelse og køkken og udelufttilførsel gennem udeluftventiler i beboelsesrummene. Drivkræfterne i systemet er trykforskelle hidrørende fra termisk opdrift og vindpåvirkning af bygningen. Med bygningsreglementet fra 1977 blev det et krav at anvende mekanisk udsugning i etageboliger med indeliggende bade- og wc-rum, og fra 1982 blev det et krav at anvende mekanisk udsugning i alle etageboliger.

Kravet om fuld mekanisk ventilation (mekanisk udsugning, mekanisk indblæsning og varmegenvinding) i etageboliger blev indført med bygningsreglementet fra 2010.

Ventilationskravene i det gældende bygningsreglement BR18 (TBST, 2018) gælder ved nybyggeri og ved gennemgribende ombygninger eller anvendelsesændringer af eksisterende byggeri. Ved mindre ombygninger, eksempelvis udskiftning af vinduer og døre, skal det sikres, at bygningens ventilationsforhold ved opførelsetidspunktet opretholdes. Det nu-gældende bygningsreglements bestemmelser om ventilationssystemer gælder både ved nyinstallation i en eksisterende bygning og ved total udskiftning af et eksisterende ventilationssystem.

Formål

Nærværende hvidbog har til formål at præsentere viden om renovering af ventilationssystemer i eksisterende etageboliger. Hvidbogen fokuserer på de mange udfordringer, der i praksis viser sig at være i forbindelse med renovering af ventilationssystemer i eksisterende etageboligbyggeri, og søger herudfra at give en række anbefalinger til en bedre renoveringsproces. Ligeledes skal hvidbogen pege på områder, hvor der er behov for innovation og udvikling både med hensyn til ventilationsløsninger og til renoveringsprocessen, herunder beboerinddragelse, projektering, udførelse, aflevering og drift.

Hvidbogen skal dermed give overblik og fremme vidensdeling, så renovering af ventilationssystemer i etageboligbyggeriet fremover kan gennemføres med større sikkerhed for at renoveringen øger indeklimaets kvalitet, med et minimalt ressourceforbrug og en tilfredsstillende renoveringsproces for beboerne.

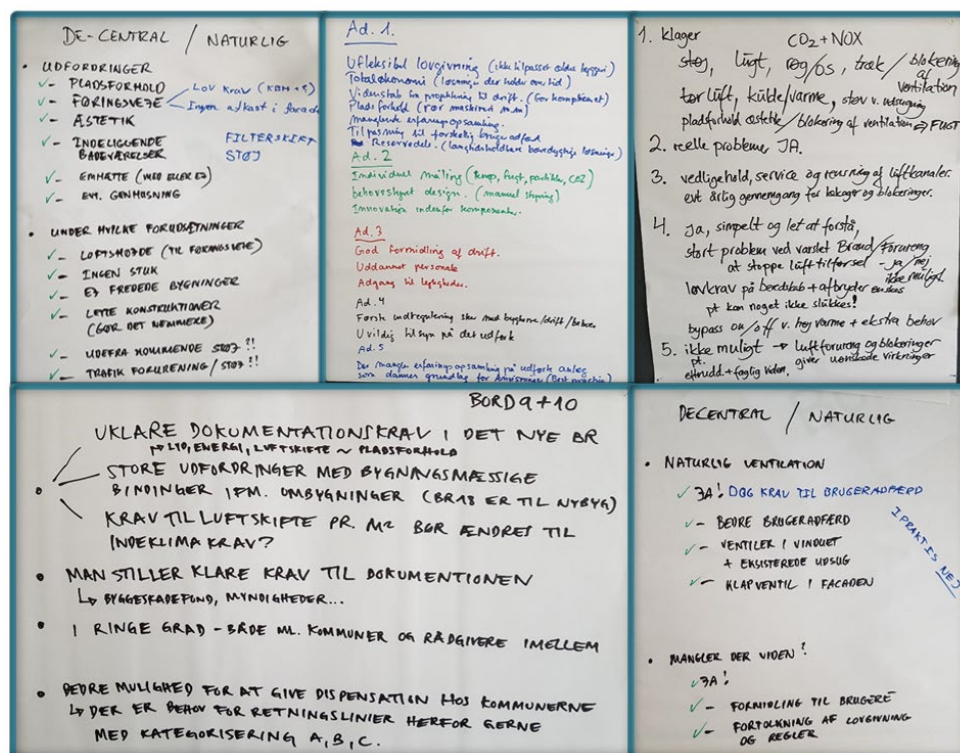
Metode

Hvidbogen bygger videre på den viden, der er indsamlet under et forstudie. Resultatet af forstudiet, beskrevet i rapporten (Kragh & Raunkjær, 2019), er baseret på en interviewundersøgelse af praktikernes kilder til viden og en indsamling og systematisering af litteratur.

Interviewundersøgelsen tegnede et billede af en branche, der på kryds og tværs udveksler uformel viden og erfaringer, men som kun i begrænset omfang anvender viden fra lærebøger, håndbøger og andre skriftlige kilder.

Søgningen efter kilder til viden, der specifikt omhandler renovering og projektering af ventilationssystemer til eksisterende etageboliger, resulterede i et relativt begrænset antal publikationer, uden at det dog kan konkluderes, at de eksisterende materialer er utilstrækkelige. Den begrænsede mængde af kilder om emnet harmonerer med konklusionen fra interviewundersøgelsen, som kun i begrænset omfang pegede på specifikke kilder.

Efterfølgende er der i 2019 afholdt tre dialogmøder hos Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet i København med deltagelse af ca. 80 fagpersoner inkl. et mindre antal beboerrepræsentanter. Ved fagpersoner forstås personer, der arbejdsmæssigt beskæftiger sig med emnet om ventilation af etageboligbyggeri.



FIGUR 1. Opsamling på nogle af konklusionerne fra en workshop afholdt i forbindelse med dialogmødet d. 3/6-2019 med interesserede fra ventilationsbranchen og et mindre antal beboerrepræsentanter.

Definitioner og afgrænsning

Hvidbogen har fokus på renovering af eksisterende etageboligers ventilationssystemer. Installation og drift af ventilationssystemer i nybyggeri er ikke behandlet i hvidbogen.

Ventilation betegner her den volumenstrøm af udeluft som et ventilationssystem yder, og har enheden l/s pr. m² opvarmet etageareal. Ventilationens størrelse beskrives også ofte ved betegnelsen "luftskifte", der angiver volumenstrømmens størrelse i forhold til det ventilerede volumen, og som har enheden gange pr. time, h⁻¹.

Ved ventilationssystemer forstås et teknisk anlæg eller en bygningsudformning med åbninger mod det fri, der sikrer en kontrollerbar tilførsel af luft udefra. Utætheder i klimaskærmen og beboernes udluftningsvaner betragtes ikke som en del af ventilationssystemets ydeevne. Begreberne ventilationssystemer og ventilationsløsninger skal her forstås bredt og omfatter både naturlig og mekanisk ventilation og en kombination af disse og med særligt fokus på danske forhold.



2

ETAGEBOLIGBYGGERI

2 ETAGEBOLIGBYGGERI

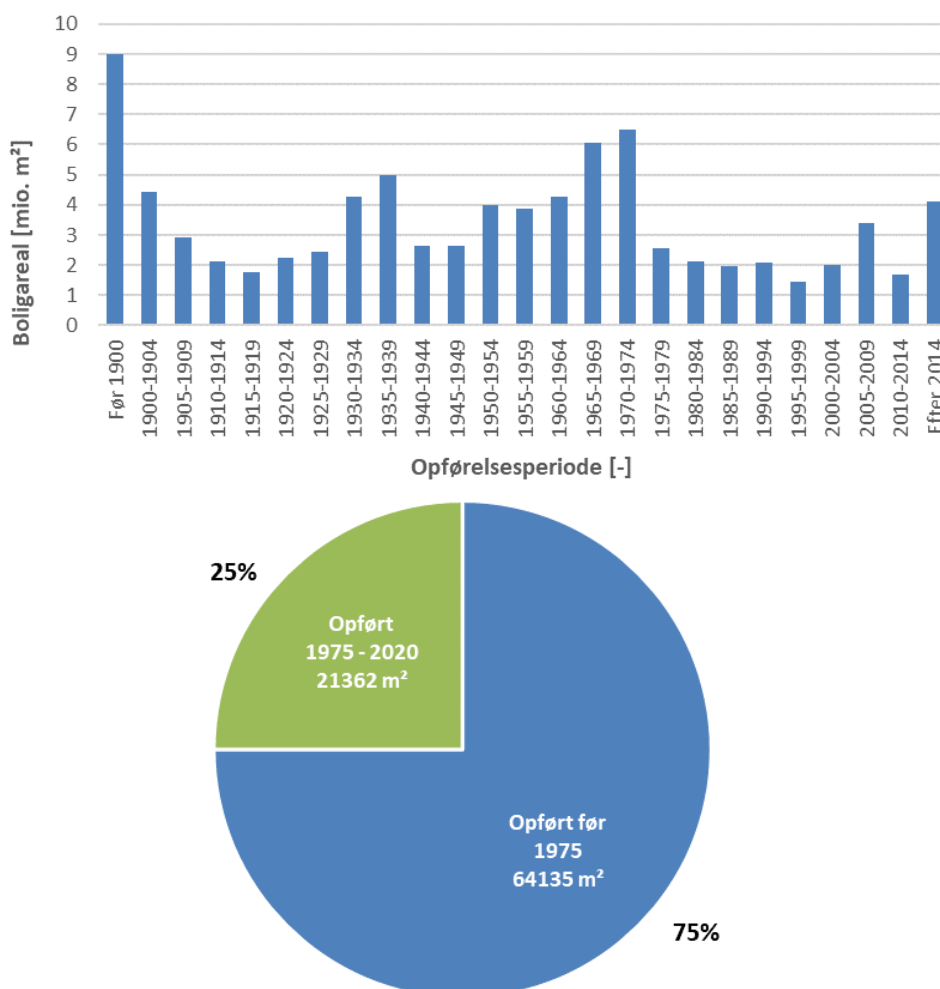
Af seniorforsker Jesper Kragh

Det kan i praksis være forbundet med udfordringer at forbedre ventilationsforholdene i eksisterende etageboliger. Fx er de fleste etageboliger, der er mere end 50 år gamle, ikke forbedret for mekaniske ventilationsanlæg, og etablering af sådanne kan i disse etageboliger være teknisk krævende og indebære betydelige omkostninger.

2.1 Byggeår, boligareal og ejerforhold

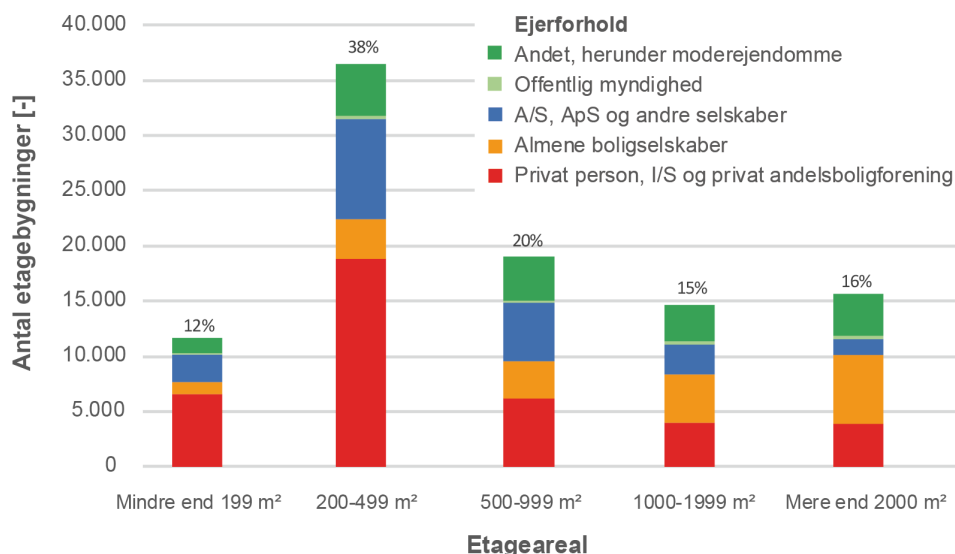
Etageboligbyggeriet i Danmark har et samlet boligareal på ca. 85 mio. m², og udgør 28 procent af det samlede boligareal (Danmarks Statistik, 2020c).

Figur 2 viser etageboligbyggeriets samlede boligareal opgjort efter opførelsesperioder (Danmarks Statistik, 2020b). Cirka 75% af det samlede boligareal er opført før 1975, hvor bygningsreglementet ikke stillede krav om mekanisk udsugning.



FIGUR 2. Boligareal i etageboligbyggeri opgjort efter opførelsesperioder (Danmarks Statistik, 2020b).

Figur 3 viser antallet af etageboligbygninger opgjort efter arealstørrelse og ejerforhold (Danmarks Statistik, 2020a). Ca. 50% af etageboligbygningerne har et etageareal, der er mindre end 500 m². Der er således et renoveringsbehov af ventilationssystemer i både små og store etageboligbygninger.



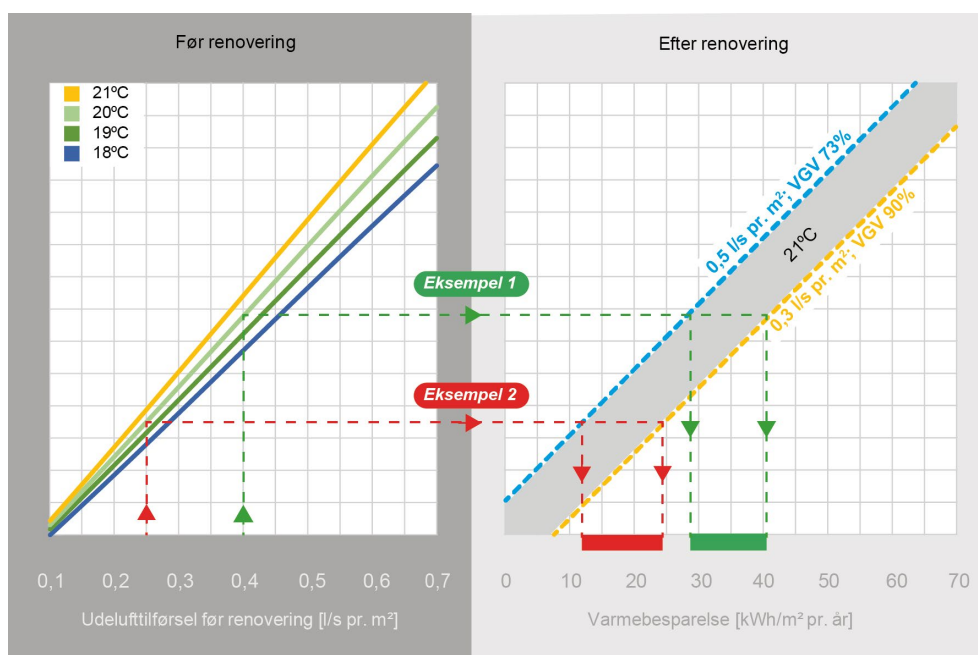
FIGUR 3. Antal etageboligbygninger efter arealstørrelser og ejerforhold (Danmarks Statistik, 2020a).

2.2 Varmebesparelser

Installation af nye mekaniske ventilationsanlæg i eksisterende etageboligbyggeri foretages ofte ud fra et ønske om at opnå et bedre indeklima og en varmesbesparelse ved et reduceret ventilationsvarmetab. Opfyldes bygningsreglementets krav om et grundluftskifte på 0,5 gang pr. time er det årlige ventilationstabsvarmetab ca. 35 - 40 kWh/m² ved en rumhøjde på 2,3 – 2,5 m (Tommerup, 2004). For ældre etageboligbyggeri med et varmeforbrug på 100 – 125 kWh/m² pr. år vil ventilationsvarmetabet udgøre mellem 30 – 40% af det totale varmeforbrug (Wittchen, Kragh, & Aggerholm, 2017).

Ventilationsvarmetabet kan typisk reduceres med 75-90% ved brug af et ventilationsaggregat med indbygget varmegenvinder, der genvinder den termiske energi i afkastluften til forvarmning af den indblæste udeluft.

Ved den teoretiske beregning af den forventede varmesbesparelse ved installation af et nyt mekanisk ventilationsanlæg er det i høj grad også det eksisterende ventilationssystems driftsforhold (rumtemperatur og volumenstrøm), der påvirker den beregnede varmesbesparelse. Figur 4 viser ventilationsvarmesbesparelsen, hvor der tages udgangspunkt i driftsforholdene for det eksisterende ventilationssystem og et typisk driftsområde for nye ventilationsanlæg med hensyn til volumenstrøm og varmegenvindingsgrad (VGV) svarende til det markerede område til højre på figuren.



FIGUR 4. Beregnet varmebesparelse ved renovering af ventilationssystem uden varmegenvinding (VGV) til nyt balanceret mekanisk ventilationsanlæg med varmegenvinding. Figuren viser to eksempler, hvor driftforholdene for det eksisterende ventilationssystem er forskellige, hvilket påvirker den resulterende varmebesparelse.

El-forbrug

El-forbruget til drift af et mekanisk ventilationsanlæg med varmegenvinding vil typisk udgøre ca. 4 kWh/m² pr. år i etageboligbyggeri, såfremt anlægget overholder bygningsreglementets krav til maksimalt elforbrug til lufttransport (SEL-værdien) på 1.500 J/m³ ved et grundluftskiftet på 0,3 l/s m² (TBST, 2018).

Varmetab ved udluftning

Beboernes udluftningsvaner får ofte skylden for en manglende varmebesparelse efter installation af et nyt mekanisk ventilationsanlæg med varmegenvinding. Varmetabet ved normal kortvarig udluftning er dog meget begrænset. Varmetabet ved én udluftning, hvor al rumluft ved fx 20 °C udskiftes med udeluft med en temperatur på 5 °C er ca. 0,01 kWh pr. m² opvarmet boligareal med en rumhøjde på 2,4 m. En lejlighed hvor der foretages én daglig 100% udluftning af al rumluft i alle rum gennem hele fyringssæsonen vil have et teoretisk varmetab på ca. 2 kWh/m² pr. år. Udluftning i fyringssæsonen må dog i praksis formodes at blive foretaget i en begrænset del af en lejlighed med henblik på fx at fjerne fugt fra badeværelse, eller lugt fra et køkken eller værelse. Varmetabet ved typisk rumudluftning i lejligheder vurderes derfor at være marginalt i forhold til det samlede varmetab.

Udluftningsvaner, hvor vinduer altid står på klem, vil dog have indflydelse på udnyttelsen af varmegenvinderen i ventilationsanlægget, hvorved virkningsgraden reduceres.

Tæthed og infiltration

Tæthed af bygningens klimaskærm er især vigtig for ydeevnen af mekaniske ventilationsanlæg med varmegenvinding. Det er nødvendigt at indregulere anlægget med et mindre undertryk for at undgå risiko for, at fugtig rumluft presses ud i konstruktionerne. Undertrykket kan dog føre til forøget infiltration af udeluft, fx gennem samlinger mellem bygningsdele. Derved reduceres den luftmængde, der passerer varmegenvindingsaggregatet, hvilket betyder, at en del af den potentielle varmebesparelse mistes. Derfor er klimaskærmens tæthed afgørende for at opnå det fulde besparelsespotentiale.

VENTILATIONS- SYSTEMER OG REGULERING

3 VENTILATIONSSYSTEMER OG REGULERING

Af seniorforsker Niels C. Bergsøe og professor Alireza Afshari

Boliger skal ventileres for at sikre tilfredsstillende luftkvalitet i sundhedsmæssig, hygiejnisk og komfortmæssig henseende og for at kontrollere fugtforholdene. Almindeligt forekommende forureninger i indeklimaet stammer fra forureningskilder, som kan være relateret til selve boligen og bygningsmæssige forhold, til beboernes tilstedeværelse og til beboernes aktiviteter. Forureninger, som skyldes beboernes brug af boligen, håndteres ved hjælp af ventilation, hvor lufttilførslen har til formål at nedbringe forureningskoncentrationen gennem fortynding.

Grundlæggende fungerer boligventilationssystemer efter princippet om, at luftfjernelse skal ske fra boligens luftforurenede og fugtbelastede rum, typisk køkken, baderum, wc-rum og bryggers, mens lufttilførsel skal ske i beboelsesrummene, dvs. stuer og værelser. Princippet har til formål at fremme betingelserne for, at der internt i boligen forekommer luftbevægelser, som i overvejende grad fører luft *fra* beboelsesrummene *til* de luftforurenede og fugtbelastede rum. Hensigten er at modvirke luftoverføring fra mere til mindre luftforurenede og fugtbelastede rum ved at fjerne forureningen eksempelvis fugten effektivt direkte ved kilden.

3.1 Mekanisk ventilation

Ved mekanisk ventilation er drivkræfterne elektrisk drevne ventilatorer.

Mekanisk udsugning

I ældre etageboliger kan ventilationen være baseret på mekanisk luftfjernelse i køkken, bade- og wc-rum og passiv udelufttilførsel gennem udeluftventiler anbragt i ydervæggene eller i vinduerne i beboelsesrummene. Det gældende bygningsreglement tillader ikke, at systemet nystalleres ved renovering af eksisterende etageboliger.

Balanceret mekanisk ventilation

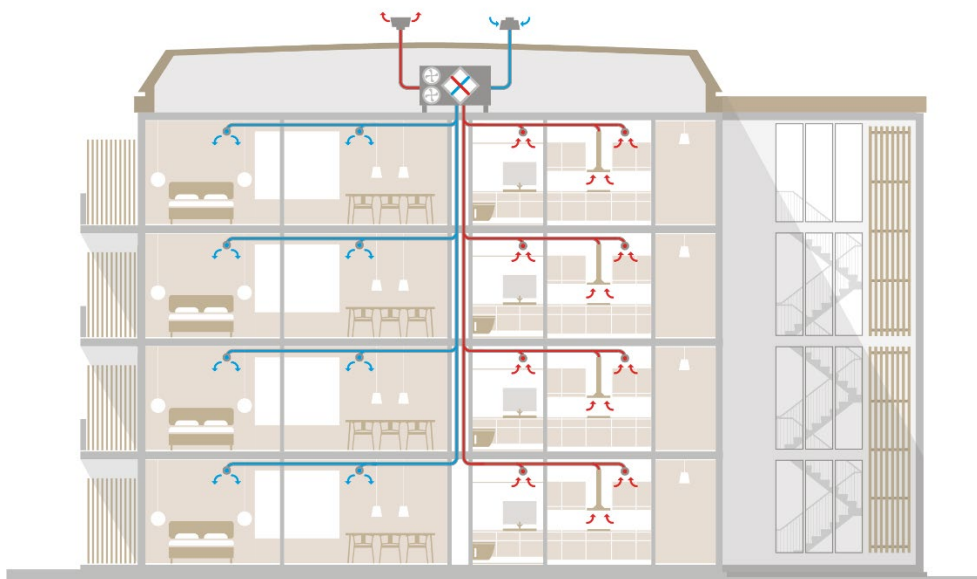
I nyere etageboliger er ventilationen baseret på balanceret mekanisk ventilation, dvs. mekanisk luftfjernelse i køkken, bade- og wc-rum og mekanisk lufttilførsel i beboelsesrummene. Ordet "balanceret" henfører til, at der totalt for boligheden er balance mellem den fjernede luftmængde og den tilførte luftmængde. Almindeligvis tilstræbes det dog, at systemet indreguleres, så den fjernede luftmængde er lidt større end den tilførte. Derved opstår et lille undertryk i boligen, hvilket reducerer risikoen for, at fugtig indeluft trænger ud i bygningens konstruktive dele. Balanceret mekanisk ventilation indbefatter varmegenvinding, der er i stand til at genanvende op til 95 % af varmen i den fjernede luft til forvarmning af indblæsningsluften.

I etageboliger kan den mekaniske ventilation være udført som et centralt eller et decentralt ventilationssystem.

3.1.1 Centralt ventilationssystem

Ventilationsaggregatet i et centralt ventilationssystem er typisk anbragt i bygningens loftsrum, og aggregatet betjener flere etageboliger gennem et lodret hovedkanalsystem og vandrette grenkanaler i boligerne.

Umiddelbare fordele ved et centralt system er, at det er enkelt at opnå central overvågning af driften, der er kun ét aggregat, der skal serviceres, der er et relativt lavt materiale- og mandtimeforbrug forbundet med service, og emhætten kan indgå som en integreret del af ventilationssystemet. Ulemperne ved systemet er, at der skal afsættes plads til aggregatet, kanalføring – navnlig lodret – kan være en udfordring, og det er ikke på en enkel måde muligt at opnå individuel brugertilpasning af ventilationen. Endvidere er der risiko for, at systemet kan forårsage overføring af lyd mellem boliger.



FIGUR 5. Centralt ventilationssystem med ventilationsaggregatet placeret i loftrummet og et lodret hovedkanalsystem med vandrette grenkanaler i boligerne

Eksempler på fordele og ulemper

- + Enkelt at opnå central overvågning af driften
- + Kun ét aggregat at servicere
- + Lavt materiale- og mandtimeforbrug til service
- + Emhætten kan indgå som en integreret del af ventilationssystemet

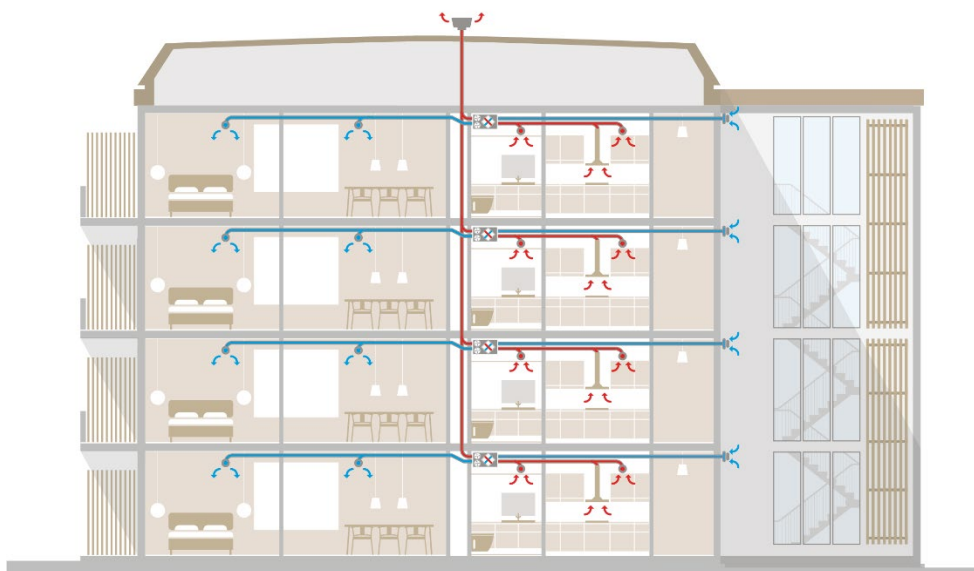
- Behov for reserveret plads til aggregatet
- Kanalføring – navnlig lodret – kan være en udfordring og medfører tryktab
- Individuel brugertilpasning er normalt begrænset til grundluftskifte og forceret luftskifte
- Risiko for overføring af lyd mellem boliger

3.1.2 Decentralt ventilationssystem

Ved decentral ventilation er der et ventilationsaggregat i hver enkelt bolig. Aggregatet kan være anbragt i et skab fx i boligens entré eller i køkkenet, eller det kan være anbragt over et nedhængt loft i entréen eller i badeværelset. Fra aggregatet er der ført vandrette kanaler til de enkelte rum i boligen.

Fordele ved et decentralt ventilationssystem er bedre mulighed for individuel tilpasning af ydelsen, færre kanaler og generelt mere enkel kanalføring i sammenligning med et centralt system. Imidlertid kan et decentralt ventilationssystem indebære risiko for støjgener i boligen fra selve aggregatet, og et synspunkt fra ejendommens driftspersonale kan være, at der vil

være et øget tidsforbrug forbundet med service og vedligehold grundet mange aggregater, og det kan være vanskeligt at overvåge driften af de enkelte anlæg.



FIGUR 6. Decentral ventilation hvor der er et ventilationsaggregat i hver enkelt bolig og med fælles kanalsystem til afkastluft ført op over tag.

Eksempler på fordele og ulemper

- + Bedre mulighed for individuel tilpasning af ydelsen
- + Færre kanaler og mere enkel kanalføring i sammenligning med et centralt system
- + Kort kanalføring – lavt tryktab

- Det kan være en udfordring at placere udeluftindtag og afkast
- Øget tidsforbrug til service og vedligehold på grund af mange aggregater
- Driftspersonale kan have vanskeligheder ved at overvåge driften af de enkelte anlæg
- Behov for separat kanalsystem til emhætter og system til at sikre erstatningsluft
- Risiko for støjgener inden for boligen
- I lejligheder med stor udskiftning af lejere kan det være en udfordring vedvarende at få oplært nye lejere i driften og brugen af deres ventilationsanlæg.

Rumbaserede anlæg

En variant af et decentralt ventilationssystem er et vekselretnings-ventilationssystem, som består af et antal små, kompakte ventilationsenheder med indbygget ventilator. Ventilationsenhederne anbringes normalt i ydervæggene i boligens beboelsesrum. Enhederne fungerer skiftevis som luftindtag og som luftafkast. I hver enhed er der indbygget en varmeakkumulator. Når luftstrømmen skifter retning, opnås der genvinding af varme fra afkastluften ved at varmeakkumulatoren henholdsvis modtager varme fra afkastluften og efterfølgende afgiver varmen til indtagsluften, når luftstrømmen skifter retning. Enhederne fungerer parvis eller sætvis sammen, så der samlet set bliver balance mellem luftindtag og luftafkast.

Et system bestående af separate ventilationsenheder fungerer uden et traditionelt kanalsystem, hvilket dels reducerer tryktab og dermed energibehovet til drift af ventilatorerne, dels frigør plads og forenkler installationen. Endvidere er det enkelt at tilpasse ventilationen rum for rum. Systemet udgør normalt ikke i sig selv et komplet system, idet det ikke indbefatter dedikerede komponenter herunder styring til luftfjernelse fra boligens luftforurenede og fugtbelastede rum.

3.2 Naturlig ventilation

Ved naturlig ventilation er drivkræfterne i systemet trykforskelle hidrørende fra termisk opdrift og vindpåvirkning af bygningen. Luftfjernelse sker gennem aftrækskanaler i køkken, bade- og wc-rum, mens udelufttilførsel sker gennem åbninger til det fri, typisk udeluftventiler, i beboelsesrummene. Systemets ydeevne er i første række følsomt over for udeklimaet, men også udformning og placering af aftrækskanaler og udeluftventiler har indvirkning på funktionen.

Eksempler på fordele og ulemper

- + Intet elforbrug til ventilatorer
- + Ingen direkte støjgener fra ventilationssystemet, men risiko for støj fra omgivelserne
- Risiko for trækgener
- Risiko for både overventilering og underventilering idet systemets ydeevne afhænger af udeklimaet (temperaturdifferens inde/ude og vindpåvirkning)
- Det er ikke umiddelbart muligt at udnytte varmegenvinding

Ved renovering af etageboligbyggeri tillader bygningsreglementet ikke etablering af et nyt naturligt ventilationssystem.

3.3 Hybrid ventilation

Hybrid ventilation er et ventilationsprincip, som gennem hensigtsmæssig bygningsudformning og tilpasset styring kan veksle mellem at udnytte henholdsvis naturlige og mekaniske drivkræfter. Styringssystemet udgør et centralt element ved hybrid ventilation, idet ventilationssystemet i perioder kan fungere som et naturligt ventilationssystem og i andre perioder som et mekanisk. Kriterierne for skift mellem de to funktionsmåder – eller sågar en kombination af funktionsmåderne – afgøres af styringssystemet, blandt andet ud fra et mål om minimering af energibehov.

Ventilationsprincippet gør det muligt at kombinere passiv køling og naturlig ventilation i sommerperioden med god energieffektivitet i vinterperioden via mekanisk ventilation med varmegenvinding.

Hybrid ventilation i etageboliger er installations- og driftsmæssigt kompleks og svær at implementere i etageboliger på rentabel vis. Systemet er alene medtaget her for fuldstændighedens skyld.

3.4 Regulering af ventilationen

Bygningsreglementets regler for ventilationen i en bolig indebærer, at detailprojektering af ventilationssystemet i de fleste tilfælde er unødvendig. Hvis der derimod afviges fra bygningsreglementets krav til minimumluftmængden, og navnlig hvis et fremtidigt bygningsreglement giver mulighed for at reducere luftmængden periodisk og under visse betingelser, opstår behov for, at ventilationssystemet projekteres i detaljer. Tanken om at variere ventilationsluftmængden kunne fx bygge på, at den nødvendige luftmængde til ventilation fastlægges ud fra behovet for basisventilation og grundventilation. Basisventilationen har til formål at nedbringe indeluftens koncentration af forureninger, som hidrører fra beboernes tilstedeværelse og beboernes aktiviteter. I perioder, hvor beboerne ikke er til stede i boligen, er det

muligt, at det er tilstrækkeligt, at boligen ventileres med grundventilation for at nedbringe koncentrationen af forureninger, som afgives fra byggematerialer og inventar.

Dagens teknologi giver gode muligheder for, at regulering af ventilationen kan ske automatisk baseret på en kombination af følere anbragt i boligens rum og automatik indbygget i ventilationsanlægget. Det er imidlertid nødvendigt at være opmærksom på, at anvendelse af automatik indebærer mere komplekse ventilationssystemer. Komplekse ventilationssystemer er sårbare, og der er potentielt en øget risiko for driftsforstyrrelser, som kan medføre, at systemets ydeevne reduceres. Fejl og driftsproblemer, som ikke afhjælpes korrekt og i tide, kan medføre forringet indeklima og/eller forøget energibehov.

3.5 Behovsstyring

I boliger er den primære parameter for styring af ventilationen indeluftens fugtindhold. Styring efter indeluftens CO₂-indhold vil kunne føre til meget lave luftskifter. Når det gælder boliger er det vigtigt, at styringen ikke fører til komplekse og sårbare ventilationssystemer, som kan være dyre i installation og drift, og som stiller særlige krav til brugernes adfærd eller indsigt i systemernes funktion. Undersøgelser har vist, at beboernes manglende viden om ventilationsinstallationerne i deres bolig kan medføre, at systemerne anvendes på en u hensigtsmæssig måde med middelmådt indeklima og unødvendigt energiforbrug til følge.

Generelt skal systemerne være robuste, og beboerne må ikke fratages muligheden for selv at påvirke systemet. Beboerne skal have mulighed for at overstyre anlægget fx i form af at forøge udsugningen i bade- og wc-rum eller aktivere forceret udsugning gennem emhætten i køkkenet, og beboerne skal have mulighed for at supplere med vinduesåbning.

Beboerne kan eventuelt også have mulighed for at ændre indblæsningsretning og/eller indblæsningsmønster fra indblæsningsarmaturerne i beboelsesrummene. Beboerne bør dog næppe have mulighed for at reducere ventilationen, såfremt følere i det behovsstyrede ventilationssystem signalerer forøget ventilationsbehov.

Det fremgår af de erfaringer, der er opnået gennem forskningsprojekter på området, at et ventilationssystem skal være konstrueret på en sådan måde, at beboerne kan regulere luftstrømme og temperatur i afhængighed af aktivitet i boligen (C. Bergsøe & Afshari, 2012). Det er almindeligt anerkendt, at hvis beboerne kan påvirke systemet, højnes beboernes tilfredshed med mekanisk ventilation (T.Nikolaïsson, Rahnama, Bergsøe, & Afshari, 2020).

3.6 Forslag til overvejelser og undersøgelser

Det er beregningsmæssigt påvist, at behovsstyret boligventilation kan reducere energibehovet til ventilation med 20-30 % uden at forringe indeklimaet (Bergsøe, 2000). Det er også påvist, at det generelt er fugtniveauet i en bolig, der skal kontrolleres. Dog kan det i soverum være relevant at kontrollere CO₂-koncentrationen. Velfungerende styring kan opnås ved at kombinere styring efter indeluftens fugtindhold og persontilstedeværelse i boligen. Styring efter indeluftens CO₂-koncentration giver ikke tilfredsstillende indeklima, med mindre der kombineres med styring efter luftfugtigheden.

Der er udført forsøg med behovsstyret ventilation i mekanisk ventilerede enfamiliehuse og etageboliger, men der foreligger endnu ikke tilstrækkelig systematisk dokumentation via eksperimentelle undersøgelser af behovsstyret ventilation til at vurdere om de beregningsmæssige fordele kan opfyldes i praksis.

LOVGIVNING OG STANDARDE

4 LOVGIVNING OG STANDARDER

Af seniorforsker Niels C. Bergsøe og seniorforsker Birgit Rasmussen

Lovgivning om ventilation og lydforhold i byggeri, herunder etageboliger, findes først og fremmest i bygningsreglementet (TBST, 2018). Kravene i bygningsreglementet skal sikre, at byggeri udføres og indrettes, så det er tilfredsstillende i både brand-, sikkerheds- og sundhedsmæssig henseende.

I bygningsreglementet henvises til en række standarder, som dermed udgør en del af byggelovgivningen, og som er grundlæggende kilder for ventilationsprojekter både ved nybyggeri og ved renovering af eksisterende bygninger.

4.1 Ventilation

Bygningsreglementet (TBST, 2018) fastlægger i kapitel 22 de overordnede krav med hensyn til tilførsel og fjernelse af luft, ventilationens størrelse, energieffektivitet m.m. Som noget nyt i forhold til tidligere reglementer stiller bygningsreglementet krav om, at der skal gennemføres en funktionsafprøvning af ventilationsanlægget før ibrugtagning. Funktionsafprøvningen skal dokumentere, at ventilationsanlægget overholder bygningsreglementets krav til luftmængder og specifikt elforbrug til lufttransport, samt at eventuel behovsstyring af ventilationen fungerer efter hensigten.

Bygningsreglementets bestemmelser på ventilationsområdet gælder også eksisterende byggeri, som undergår en renovering, fx udskiftning af komponenter i ventilationssystemet. I forbindelse med renovering er der dog en regelundtagelse om efterlevelse af krav til SEL-værdien, idet mulighederne for energieffektiv kanalføring og dimensionering i eksisterende byggeri kan være begrænset i forhold til nybyggeri.

Bygningsreglementets kapitel 22 om ventilation henviser til standarderne DS 447, DS 428 og DS 452. Standarderne udgør således, som nævnt overfor, en del af byggelovgivningen på lige fod med reglementet.

DS 447 (Dansk Standard, 2013a) har til formål at sikre, at ventilationssystemer indrettes, udføres og kan vedligeholdes på en teknisk og hygiejnisk forsvarlig måde blandt andet under hensyntagen til komfort og energieffektivitet. Standarden indeholder bestemmelser vedrørende projektering, udførelse, afprøvning og drift af ventilationssystemer. Derudover rummer standarden en række vejledende annekser.

DS 428 (Dansk Standard, 2011) har til formål at sikre, at mekaniske ventilationsanlæg indrettes, udføres og vedligeholdes, så risikoen for brands opståen, udvikling og spredning som følge af anlægget minimeres.

DS 452 (Dansk Standard, 2013b) har til formål at sikre, at der opnås en forsvarlig projektering og udførelse af termisk isolering af tekniske installationer såvel med hensyn til begrænsning af energitab og risiko for skader som sikring af rimelige driftsforhold og levetider for installationer og isoleringer.

Foruden de nævnte standarder findes der på ventilationsområdet en lang række standarder, som der ikke henvises til i bygningsreglementet. Nogle af standarderne er kort beskrevet i forstudiet (Kragh & Raunkjær, 2019).

Bygningsreglementets vejledninger, hvad angår boligventilation, er især <https://bygningsreglementet.dk/Tekniske-bestemmelser/22/Krav> og https://bygningsreglementet.dk/Vejledninger/Andre_vejledninger/Vejledning/Installationer-eksisterende-byggeri.

4.2 Lydforhold

Bygningsreglementet (TBST, 2018) fastlægger i kapitel 17 krav til lydforhold. For boliger stilles krav om overholdelse af lydklasse C i standarden DS 490 *Lydklassifikation af boliger* (Dansk Standard, 2018), som derfor udgør en del af byggelovgivningen. Lovkrav og lydklasser omfatter grænseværdier for luftlydisolation, trinlydniveau, efterklangstid samt lydtrykniveauer (støjniveauer) indendørs i boliger fra tekniske installationer og fra trafik. Grænseværdierne gælder overordnet for nybyggeri, men også for nye ventilationsanlæg.

DS 490 specificerer et klassifikationssystem for boligernes akustiske kvalitet med seks lydklasser, A-F, hvor A er den højeste klasse og F den laveste. Standardens Anneks B giver information om, hvorledes den subjektive vurdering af lydforholdene kan forventes at være i de seks lydklasser. Standarden har til formål at gøre det lettere for byggeriets parter at specificere standardiserede lydforhold i boliger samt at tilskynde byggeriets rådgivere til at forbedre den akustiske kvalitet af boliger. Standarden kan også anvendes af beboere, bygherrer og myndigheder som en vejledning til at stille krav om bedre lydforhold i boliger i såvel nybyggeri som ved renovering.

Alle grænseværdier gælder for lydforholdene i den færdige bygning. Grænseværdien for støj fra tekniske installationer gælder for den enkelte installation. Kontrolmåling af støj fra tekniske installationer udføres i henhold til DS/EN ISO 10052 (Dansk Standard, 2005). I øvrigt henvises til retningslinjerne i SBI-anvisning 217 (Rasmussen, Hoffmeyer & Olesen, 2017), hvor driftstilstand og måletidsrum (varighed) er beskrevet, samt til TBST-lydvejledningen på <https://bygningsreglementet.dk/Tekniske-bestemmelser/17/Vejledninger>. Korrektion for baggrundsstøj foretages efter retningslinjerne i DS/EN ISO 16032 (Dansk Standard, 2004).

4.3 Bestemmelser vedrørende nyinstallation

Bygningsreglementets bestemmelser om nyinstallation af ventilationssystemer i eksisterende byggeri kan sammenfattes således:

- I beboelsesrum såvel som i boligen totalt skal der til enhver tid være en udelufttilførsel på mindst 0,30 l/s pr. m² opvarmet etageareal. Kravet gælder også ved brug af behovsstyret ventilation.
- Ventilationen skal være til stede i benyttelsestiden. Bygningsreglementet anser boliger for at være benyttet døgnet rundt, og derfor skal den mekaniske ventilation være i drift permanent.
- Ventilationen skal ske ved mekanisk indblæsning i beboelsesrummene og mekanisk udsugning i bad, wc-rum, køkken og bryggers. Ventilationsanlægget skal have varmegenvinding, der forvarmer indblæsningsluften.
- I køkken og bade- og wc-rum skal luftfjernelsen kunne forsøges til henholdsvis 20 l/s, 15 l/s og 10 l/s.
- I køkkenet skal der være en emhætte over kogepladerne. Emhætten skal have mekanisk udsugning, afkast til det fri og have tilstrækkelig effektivitet.

4.4 Funktionsafprøvning

Bygningsreglementet stiller krav om, at der skal foretages funktionsafprøvning af en række bygningsinstallationer, herunder ventilationssystemer, inden ibrugtagning af bygningen. Kravet er en styrkelse af allerede eksisterende krav til eftervisning af ventilationssystemers ydeevne.

Kravet om funktionsafprøvning gælder også for eksisterende byggeri, hvor der udføres ændringer, der har betydning for bygningsreglementets bestemmelser, fx installation af en ny bygningsinstallation, der ikke tidligere har været i bygningen. Et typisk eksempel er et byggeri, der har været ventileret med naturlig ventilation, og som renoveres ved at få installeret et mekanisk ventilationsanlæg med varmegenvinding. Ligeledes gælder kravene om funktionsafprøvning ved udskiftning af eksisterende installationer med nye tilsvarende installationer.

Dokumentation for resultatet af funktionsafprøvningen skal indsendes til kommunen, og opfyldelse af kravene er en forudsætning for, at bygningen må tages i brug.

4.5 Bestemmelser vedrørende eksisterende installationer

Generelt vil arbejde med tekniske installationer i bygninger, herunder ventilationssystemer, være omfattet af bygningsreglementet (TBST, 2018). Nedenfor nævnes typiske operationer relateret til ventilation, som kan forekomme i forbindelse med renovering af etageboliger:

- Ny installation
 - Krav: Operationen betragtes som nybyggeri, hvilket indebærer, at bygningsreglementet gælder inkl. funktionsafprøvning før ibrugtagning.
 - Eksempel: En bygning med naturlig ventilation får installeret mekanisk ventilation med varmegenvinding.
- Udskiftning af en eksisterende installation
 - Definition: Nedtagning af eksisterende installation og erstatning med en ny.
 - Krav: Operationen betragtes som nybyggeri, hvilket indebærer, at bygningsreglementet gælder.
 - Eksempel: Udskiftning af ventilator, varmegenvinder, ventilationskanaler: Bygningsreglementet gælder herunder krav til varmegenvinderens temperaturvirkningsgrad, men der stilles ikke nye krav med hensyn til den energimæssig ydeevne, fx SEL-værdier.
Udskiftning må ikke medføre, at tidligere gældende krav ikke opfyldes.
- Flytning af en eksisterende ventilationsinstallation
 - Definition: Nedtagning og geninstallation i samme ejendom, bygning eller rum.
 - Krav: Operationen betragtes normalt som nyinstallation, hvilket indebærer, at bygningsreglementet gælder.
 - Eksempel: Flytning af ventilationskanaler indebærer, at bygningsreglementet gælder, men der stilles ikke nye krav med hensyn til den energimæssige ydeevne, fx SEL-værdier.
Flytning må ikke medføre, at tidligere gældende krav ikke opfyldes.
- Fjernelse af en installation
 - Krav: Operationen medfører ofte krav svarende til nyinstallation eller udskiftning.

Eksempel: Facaderenovering fører til, at udeluftventiler fjernes. Operationen medfører behov for nyinstallation af mekanisk ventilation, hvilket indebærer, at bygningsreglementet gælder.

Nedtagning af ældre udtjent ventilationsanlæg svarer til en udskiftning, hvilket indebærer, at bygningsreglementet gælder.

- Udbygning af eksisterende installation

Krav: Udbygningen skal opfylde bygningsreglementet. Der stilles ikke nye krav for ydeevnen af det eksisterende anlæg med hensyn til varmegenvinderens temperaturvirkningsgrad og SEL-værdier.

Eksempel: Udbygning af eksisterende anlæg i forbindelse med ny tilbygning.

- Reparation og vedligeholdelse af varmegenvinder

Krav: Der stilles ikke nye krav, men tidligere gældende krav skal opfyldes.

- Ændret anvendelse af bygning med eksisterende mekanisk ventilation

Krav: Ventilationsanlægget skal – eventuelt gennem renovering – leve op til bygningsreglementet for den nye anvendelse.

Eksempel: Bygningen ændres til anvendelse som bolig indebærer, at bygningsreglementets krav vedrørende boligventilation skal opfyldes, herunder varmegenvinderens temperaturvirkningsgrad og SEL-værdier.

4.6 Lydklasser for støj fra tekniske installationer

Lydklasser for støj i boligen fra tekniske installationer findes i DS 490, tabel 4 (Dansk Standard, 2018). Tabellen er gengivet nedenfor i tabel 1. For lydklasse C er grænseværdien 30 dB gældende indendørs i boligerne for bygningens tekniske installationer hver for sig. For installationsstøj fra erhvervsenheder samt udendørs støj gælder andre værdier, se bygningsreglementets lydvejledning <https://bygningsreglementet.dk/Tekniske-bestemmelser/17/Vejledninger>.

Grænseværdien er principielt den samme for alle installationer, dvs. fx varmeanlæg, ventilationsanlæg vand, afløb, emhætte, elevatorer, men målebetingelserne varierer, se lydvejledningen.

TABEL 1. Lydklasser for støj i boligen fra tekniske installationer. Grænseværdier angivet som højeste værdier for A-vægtet ækvivalent lydtrykniveau, $L_{Aeq,T}$. Gengivet fra DS 490 (Dansk Standard, 2018).

Rumtype	Målestørrelse	Klasse A dB	Klasse B dB	Klasse C dB	Klasse D dB	Klasse E dB	Klasse F dB
I beboelsesrum, køkkener og fælles opholdsrum	$L_{Aeq,T}$	≤ 20	≤ 25	≤ 30	≤ 35	≤ 40	Ingen Krav

4.7 Forslag til overvejelser og undersøgelser

Nedenfor er angivet udvalgte bestemmelser, som eventuelt kan give anledning til overvejelser med hensyn til udformning og drift af ventilation i renoverede etageboliger samt støjniiveau fra tekniske installationer:

- Bygningsreglementet stiller et generelt krav om, at der i boliger skal være en lufttilførsel på mindst 0,3 l/s pr. m², og at lufttilførslen skal være til stede, når boligen er i brug. Byg-

ningsreglementet definerer, at boliger altid er i brug. Det betyder, at i boliger skal ventilationen være i drift døgnet rundt – i modsætning til fx undervisnings- og kontorbyggeri, hvor det er muligt at reducere ventilationen i perioder uden persontilstedeværelse.

- Bygningsreglementet stiller krav om, at køkkener i boliger skal forsynes med emhætte med udsugning over kogepladerne. Emhætten skal have regulerbar, mekanisk udsugning og afkast til det fri og have tilstrækkelig effektivitet til at fjerne fugt og luftformige forureninger fra madlavning. Bestemmelsen indebærer, at emhætter med indbygget kulfilter, såkaldte recirkulationsemhætter, ikke lever op til kravet.
- Når det gælder emhætter, stiller bygningsreglementet krav om, at udsugningen skal være effektiv, og at luftmængden skal kunne forøges til mindst 20 l/s. Reglementet angiver imidlertid ikke et krav til emhættens effektivitet med hensyn til fjernelse af fugt og partikler fra madlavning, samtidigt med at det antydes, at emhættens effektivitet er knyttet til udsugningsluftmængden.
- TBST's vejledning "Vejledning om installationer i eksisterende bygninger" giver en overordnet beskrivelse af regler med hensyn til, hvornår bygningsreglementets nugældende regler skal overholdes i forbindelse med typiske tekniske installationsarbejder i eksisterende bygninger. På ventilationsområdet kan det fx være nyinstallation, udskiftning, ombygningsarbejde, flytning af installation eller reparation og vedligeholdelsesarbejde. På trods af vejledningen kan der være tvivlstilfælde.
- I forbindelse med renovering kan det være en udfordring at leve op til bygningsreglementets bestemmelser på ventilationsområdet, herunder reglerne, der gælder installationsarbejder i eksisterende bygninger.
- Der høres ofte om klager over ventilationsstøj i boliger, men der findes ikke repræsentative data for hvor mange, der er generet, idet støj fra installationer ikke indgår i de nationale sundheds- og sygelighedsundersøgelser. Klager vedrører primært nye ventilationsanlæg. Ventilationsanlæg kører i døgndrift – i modsætning til mange andre installationer. Det bør overvejes, om grænseværdien for ventilationsstøj i boligers opholdsrum skal skærpes, fx 5 dB svarende til den nugældende lydklasse B.



5

BEBOERNES OPLEVELSER

5 BEBOERNES OPLEVELSER

Af seniorforsker Henrik N. Knudsen

Ved omfattende (energi)renoveringer af eksisterende etageboliger installeres der ofte en ny form for mekanisk ventilationssystem. Herved vil lufttilførslen typisk blive større, hvilket kan betyde, at beboerne oplever, at luftkvaliteten er blevet forbedret pga. den øgede fortynding af forureninger, som kan lugtes. Omfattende renoveringer af etageboliger omfatter typisk også, ud over et nyt ventilationssystem, en række andre byggetekniske forbedringer som fx isolering af ydervægge og nye vinduer med energiruder. Alt i alt vil der være et potentiale for et forbedret indeklima i form af bedre luftkvalitet, bedre temperaturforhold, mindre træk og mindre støj udefra. Men bliver potentialet så indfriet? I dette kapitel beskrives nogle af de indeklimaoplevelser som beboere har haft i forbindelse med renovering af deres bolig, hvor der er installeret en ny form for mekanisk ventilationssystem. Det er blevet undersøgt ved en række spørgeskemaundersøgelser i eksisterende almene boliger, ligesom at erfaringer fra praksis kom frem under de åbne dialogmøder med interesserede deltagere der repræsenterede ventilationsbranchen og beboerne.

5.1 Beboernes oplevelser før og efter renovering

Beboeres oplevelser af problemer og tilfredshed i forbindelse med mere eller mindre omfattende (energi)renoveringer af en række almene boliger er blevet kvantificeret ved at de svarede på et spørgeskema (Knudsen & Jensen, 2015; REBUS, 2020; Thomsen et al., 2016).

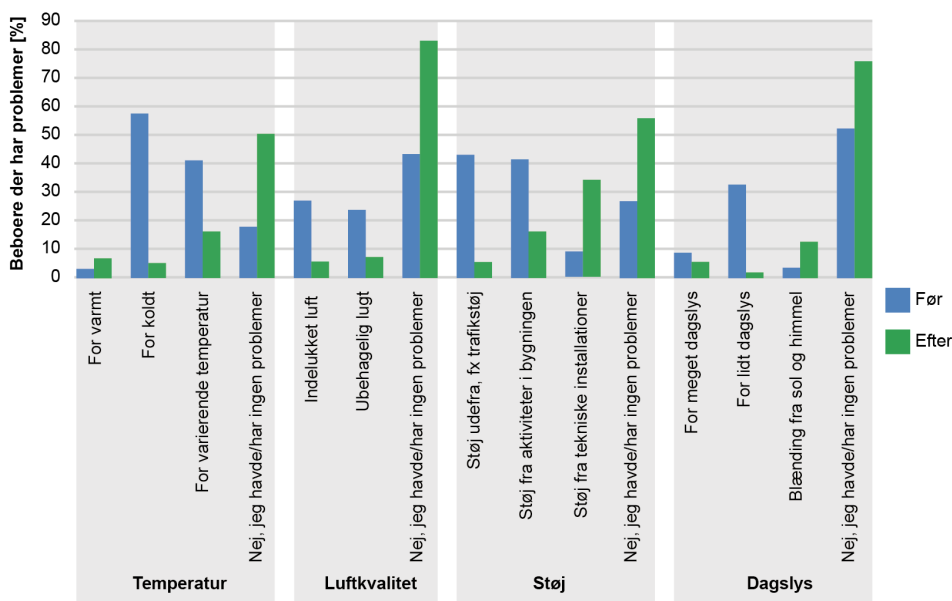


FIGUR 7. Eksempler på en omfattende renovering af rækkehuse i Albertslund Syd (til venstre) og en mindre omfattende renovering fra Vapnagaard i Helsingør (til højre).

Renoveringen af rækkehuse i Albertslund Syd vest for København er et eksempel på en omfattende renovering (Knudsen & Jensen, 2015). Renoveringen er interessant i forhold til denne hvidbog, da bebyggelsen fik installeret decentral mekanisk ventilation med varmegenvinding. Bebyggelsen består af 550 almene boliger, der blev opført i 1960'erne. Rækkehuse var i en dårlig stand før renoveringen, generelt nedslidte, uden isolering under gulve, utidssvarende slidte vinduer, mange bygningsskader, for eksempel utæt tag, slidte facader og omfattende problemer med skimmelvækst indendørs. For at afhjælpe disse problemer og for at reducere energiforbruget blev der ud over decentral mekanisk ventilation med varmegenvinding bl.a. foretaget efterisolering af ydervægge, gulve mod kælder og tag samt isætning af vinduer med lavenergiruder. Renoveringen reducerede varmekonsumet med 61%.

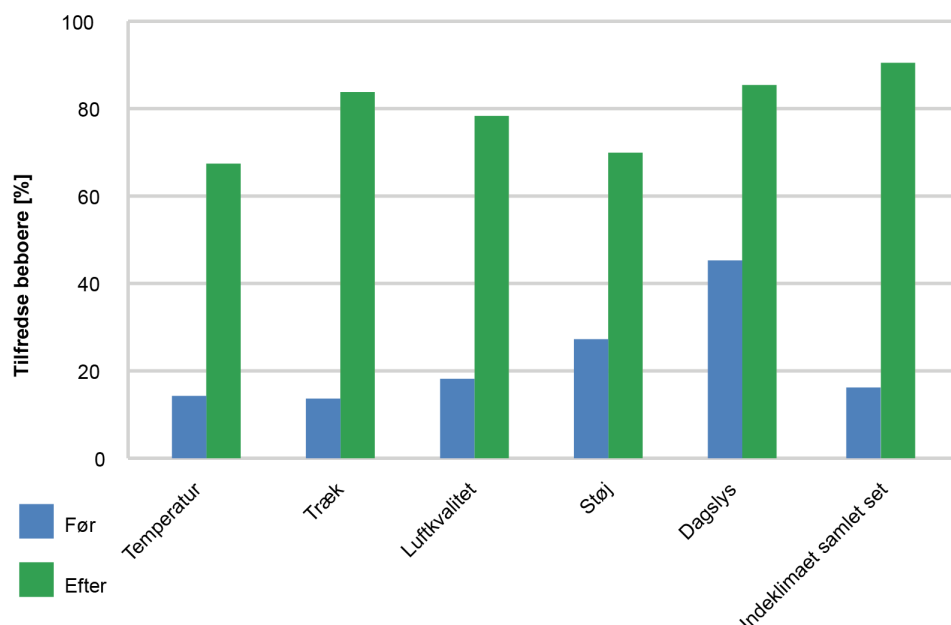
Der blev udsendt spørgeskemaer til beboere i 240 boliger, hvoraf 56 svarede, hvilket gav en svarprocent på 23%. På trods af at de fleste beboere oplevede gener/ulempen, imens renoveringen blev gennemført, viser spørgeskemaundersøgelsen, at beboerne overordnet set var tilføjede, da 63% fandt, at renoveringen levede op til deres forventninger, mens 74% kunne anbefale andre at få deres bolig renoveret.

Figur 8 viser andelen af beboere, der oplever at have haft problemer med forskellige aspekter af indeklimaet før og efter renoveringen. De væsentligste problemer før renoveringen handler om, at det er koldt om vinteren, at der er udefrakommende støj, at der er for lidt dagslys, og at luften opleves indelukket med ubehagelig lugt. Figur 8 viser, at disse oplevede problemer efter renoveringen blev reduceret markant. Andelen af beboere, der havde problemer med, at det var for koldt, faldt fra 58% før til kun 5% efter renoveringen. Ligeledes faldt andelen af beboere, der havde problemer med støj udefra og for lidt dagslys, fra 44% og 33% før til kun 5% og 2% efter renoveringen. Tilsvarende steg andelen, der ikke oplevede problemer med luftkvaliteten, fra 43% til 83%. Alle aspekter af indeklimaet blev imidlertid ikke bedre efter renoveringen, da flere af beboerne (35%) oplevede problemer med støj fra tekniske installationer (hovedsageligt fra ventilationssystemet ifølge deres uddybende bemærkninger) mod kun 9% før renoveringen. Dette understreger behovet for en helhedsorienteret tilgang til renovering af eksisterende bygninger, så løsningen af et problem ikke medfører fremkomsten af et nyt problem.



FIGUR 8. Andelen af beboere (i %) som har problemer med forskellige indeklimaparametre før og efter en omfattende renovering af rækkehusene i Albertslund Syd (Knudsen & Larsen, 2018).

Samlet set viser spørgeskemaundersøgelsen, at tilfredsheden med de forskellige indeklimaparametre stiger efter renoveringen. Figur 9 viser andelen af beboere, der var tilføjede med de forskellige indeklimaparametre før og efter den omfattende renovering. For alle parametre steg andelen af tilføjede beboere markant. For det oplevede indeklima som helhed steg antallet af tilføjede beboere fra 17% før til 91% efter renoveringen.



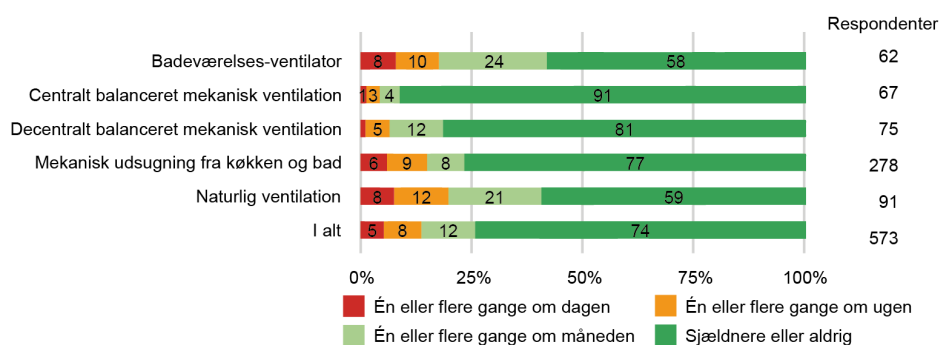
FIGUR 9. Andelen af beboere (i %) som er tilfredse med de forskellige indeklimaparametre og indeklimaet samlet set før og efter en omfattende renovering af rækkehusene i Albertslund Syd (Knudsen & Larsen, 2018).

5.2 Beboernes oplevelser ved forskellige ventilationsprincipper

Oftest gennemføres renoveringer i en mindre omfattende skala, end det var tilfældet i Albertslund Syd. Eksempler på mere normale og moderate renoveringer af etageejendomme indgik i en spørgeskemaundersøgelse gennemført som en del af REBUS projektet (REBUS, 2020). I det følgende vises udvalgte resultater fra undersøgelsen, som er relevante for emnet i denne hvidbog, da de giver et billede af beboeres indeklimaoplevelser i boliger med forskellige ventilationsløsninger. I undersøgelsen deltog 40 almene boligafdelinger fra de to boligforeninger Himmerland Boligforening og Frederikshavn Boligforening. Nogle af boligafdelingerne havde været igennem en (energi)renovering inden for de sidste år, og disse havde typisk fået installeret en form for mekanisk ventilationssystem.

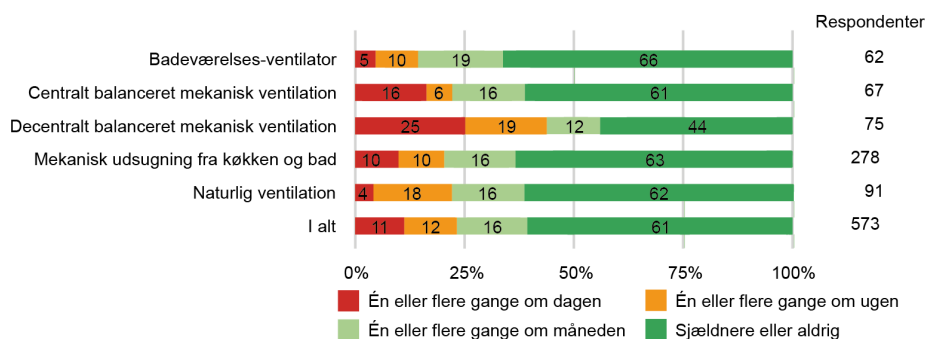
Der blev udsendt et spørgeskema (Knudsen, Heebøl, Clausen, & Bekö, 2020) til 4707 boliger, hvoraf 573 svarede, hvilket gav en svarprocent på 12%. Halvdelen af beboerne havde fået renoveret deres bolig inden for de seneste år. Boligerne havde fem forskellige ventilationsprincipper. De fem principper, med den procentvise andel i parentes, var: naturlig ventilation (ingen mekanisk ventilation) (16%), ventilator i badeværelset (11%), mekanisk udsugning fra køkken og bad (48%), decentral balanceret mekanisk ventilation (13%) og central balanceret mekanisk ventilation (12%). I det følgende vises en række udvalgte resultater fra undersøgelsen, som er relevante for hvidbogens fokus. Resultaterne/tendenser bruges til at give input til afsnittet "Forslag til overvejelser og undersøgelser". Alt efter hvilke pointer, der ønskes belyst, så indgår alle beboere (573), beboere fra Himmerland Boligforening (271) eller fra Frederikshavn Boligforening (302).

Der er en tendens til, at beboere i boliger med balanceret mekanisk ventilation, uanset om der er tale om central eller decentral, sjældnere oplever problemer med ubehagelig lugt fra deres egen bolig, se figur 10.



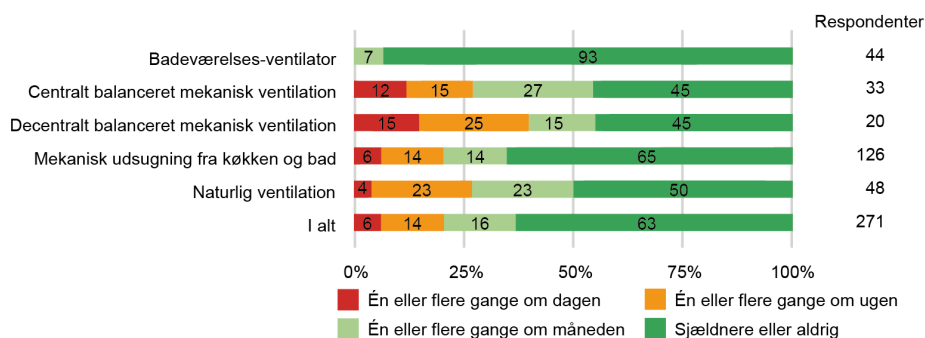
FIGUR 10. Beboernes svar på spørgsmålet "Hvor ofte oplever du problemer med at der er ubehagelig lugt fra egen lejlighed?".

Til gengæld oplever beboere med balanceret mekanisk ventilation, uanset om der er tale om central eller decentral, oftere problemer med følelsen af tør luft, se figur 11.



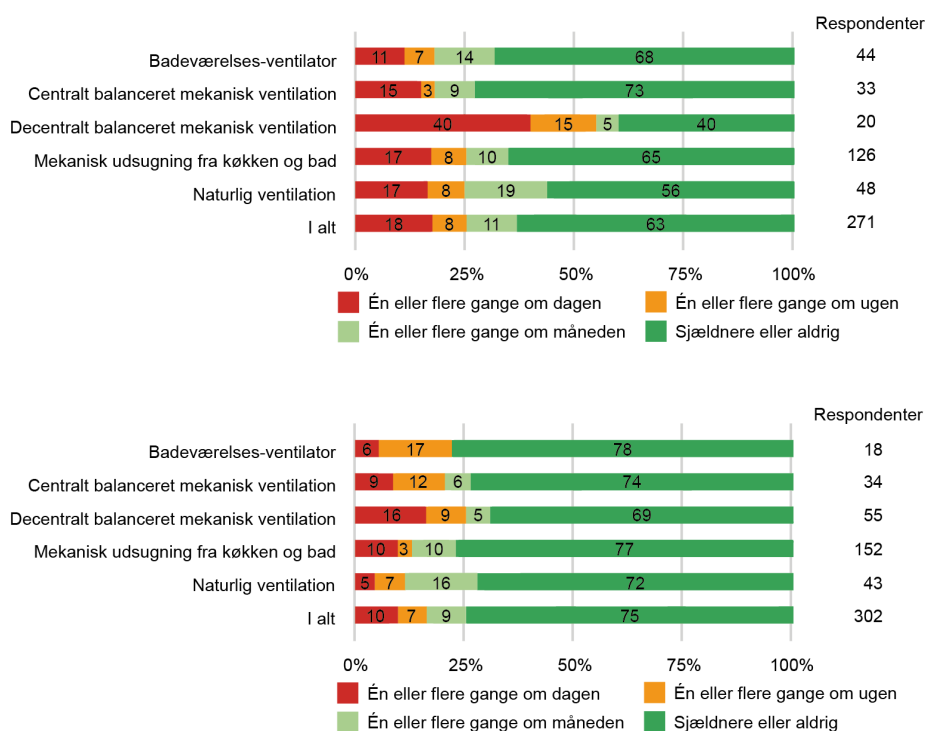
FIGUR 11. Beboernes svar på spørgsmålet "Hvor ofte oplever du problemer med at der er tør luft?".

Nogle beboere med mekanisk balanceret ventilation oplever problemer med ubehagelig lugt fra naboeligheder, figur 12. Af deres bemærkninger fremgår det, at det ofte drejer sig om lugt af tobaksrøg og lugt fra madlavning.



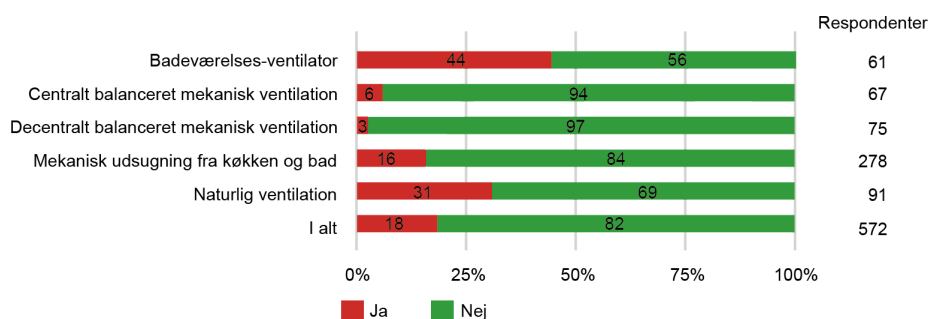
FIGUR 12. Beboernes svar på spørgsmålet "Hvor ofte oplever du problemer med at der er ubehagelig lugt fra andre lejligheder?".

Der er en tendens til, at beboere i boliger med decentral mekanisk ventilation, specielt i Himmerland Boligforening, oftere har problemer med støj fra de tekniske installationer end beboere med andre ventilationsprincipper, se figur 13. Præcis hvad det skyldes, vides ikke, men flere beboere bemærker, at det støj fra ventilationsanlægget. Dette betyder, at man i forbindelse med installation/renovering af ventilationssystemer skal være opmærksom på ikke at introducere nye indeklimaproblemer i form af fx støj- eller trækgener.

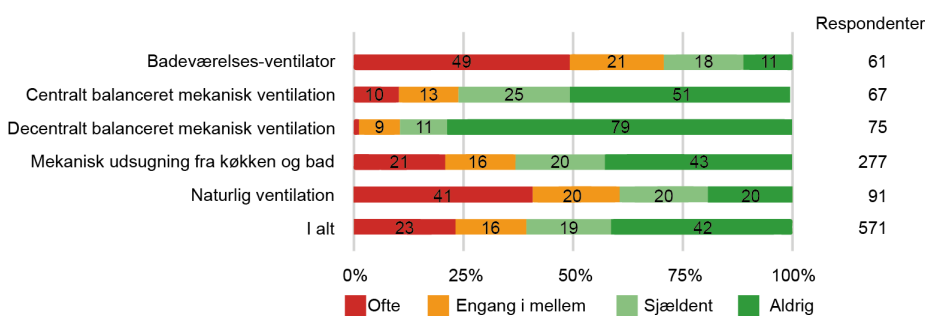


FIGUR 13. Beboernes svar på spørgsmålet "Hvor ofte oplever du problemer med at der er støj fra tekniske installationer?". Øverst Himmerland Boligforening og nederst Frederikshavn Boligforening.

Beboere med mekanisk ventilation oplever i mindre grad synlig mug eller skimmel i deres bolig, se figur 14. Ligeledes oplever beboerne med mekanisk ventilation sjældnere kondens på indersiden af ruderne, se figur 15.



FIGUR 14. Beboernes svar på spørgsmålet "Er der synlig mug eller skimmel i din bolig?".

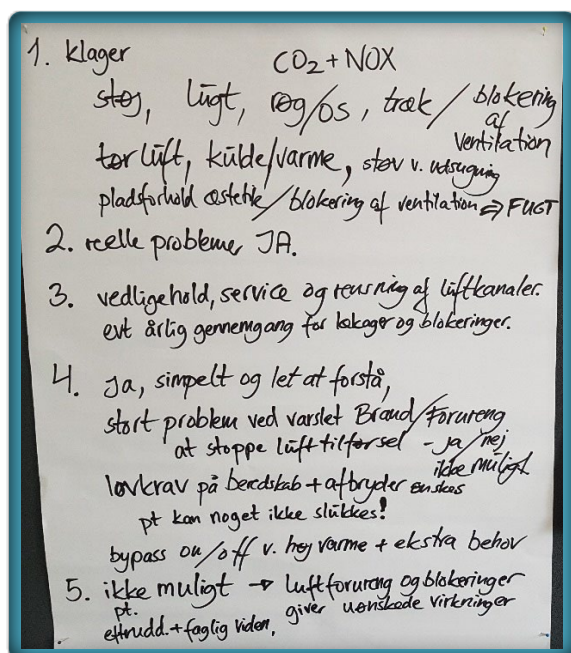


FIGUR 15. Beboernes svar på spørgsmålet "Hvor ofte oplever du, at der er kondens på INDERSIDEN af ruderne om VINTEREN?".

5.3 Resultater fra dialogmøderne



På dialogmøderne (afholdt hos SBI 3/6 og 27/8-2019) kom deltagerne ind på de samme problemstillinger i forhold til det oplevede indeklima, som blev identificeret ved ovennævnte spørgeskemaundersøgelser. Her blev nævnt klager over lugt af mad og cigaretrøg overført mellem lejligheder, støj, kulde og varme, træk, støv og oplevelsen af tør luft. Det blev også fremført, at beboerne klager over fugt, som fx kan opstå i forbindelse med blokerede ventilationskanaler. I forhold til beboeroplevelser, så blev det diskuteret, hvorvidt beboerne selv skal kunne regulere ventilationsanlægget i selve lejligheden, eller om det skal foregå centralt. Dette var der ikke enighed om. Nogle mente, at man selv skal kunne regulere sit ventilationsanlæg. Andre mente, at der derved er fare for at "beboere kan ødelægge det hele", så "ventilation skal kunne skifte luften i boligen, uden at beboerne skal gøre noget". Der blev argumenteret for og imod decentrale henholdsvis centrale ventilationsløsninger. En deltager fremførte, at "beboerne er mest tilfredse med de decentrale" anlæg. Det blev i den forbindelse nævnt, at den type anlæg kan larme mere end et centralt anlæg. Vedrørende brugervenlighed blev det fremført, at "det er alt for kompliceret" og at anlægstypen måske kunne tilpasses efter "beboertype". I forbindelse med diskussionen om træk blev det foreslået, at retningen på den indblæste luft bør kunne indstilles af beboerne.



FIGUR 16. Opsamling på nogle af konklusionerne om beboeroplevelser fra en workshop afholdt i forbindelse med dialogmødet d. 3/6-2019 med interesserede fra ventilationsbranchen og et mindre antal beboerrepræsentanter.

Det blev i øvrigt fremført/foreslået at:

- Brugere bør inddrages for at øge brugertilfredsheden.
- Man skal passe på med hele tiden at give beboerne skylden for at "ventilationen" ikke virker hensigtsmæssigt.
- Der er behov for information til beboerne og driften ("Viceværten").
- Lejere (i forhold til ejere) er ikke så fokuserede på ventilation. Derfor bør der være centrale anlæg i lejligheder og decentrale anlæg i ejerboliger.
- Anlæg bør være robuste - "beboeren må ikke kunne sabotere anlægget".
- Fabrikkerne bør lave anlæg, der ikke kræver instruktion (men er intuitive). Det bør være som en bil. Den kan køre, selvom man ikke læser manualen. Det kan et ventilationsanlæg ikke, og der mangler ofte en manual om det anlæg, der er sat op i boligen.
- Indregulering af anlæg er vigtig for at få det til at virke efter hensigten.
- Nogle gange går det galt, fordi beboerne stopper ventilerne til. De gør det typisk fordi indblæsningen er skyld i ubehagelige oplevelser i form af træk/kold luft.
- Beboere skal informeres bedre om, hvordan deres brugeradfærd kan påvirke deres indeklima, fx hvordan brugen af vinduer i kombination med et ventilationssystem kan foregå på en hensigtsmæssig måde.

5.4 Forslag til overvejelser og undersøgelser

På baggrund af spørgeskemaundersøgelserne og dialogmøderne anbefales det at igangsætte undersøgelser af følgende forhold for at forbedre beboernes indeklimaoplevelser:

- For det samme mekaniske ventilationsprincip oplever nogle beboere indeklimaproblemer, fx støj og træk, mens andre ikke oplever problemer. Årsagerne til, at nogle ventilationssystemer giver problemer, bør identificeres ved at inspicere konkrete anlæg. Skyldes det fx forkert projektering, indregulering, monteringen af systemet eller manglende lyd-dæmpere?
- Ved en omfattende renovering bliver bygningens klimaskærm tættere, og der installeres typisk en form for mekanisk ventilationssystem. Ofte foretages der ikke yderligere tætning imellem boliger. Det stiller krav til korrekt indregulering af ventilationssystemer i forskellige boliger, så forskellige trykforhold ikke medfører uønsket overførsel af luft mellem boliger. Der er behov for at undersøge, hvad det betyder for oplevelsen af lugt fra nabo-lejligheder og for overførslen af luft mellem lejligheder.
- Der er behov for innovation med hensyn til at gøre ventilationssystemer mere brugervenlige, intuitive og robuste, så de bliver anvendt efter hensigten.
- Det bør undersøges hvor meget forskellige beboertyper selv skal kunne eller selv ønsker at kunne regulere et mekanisk ventilationssystem.
- En relativ stor andel af beboere, der har mekanisk ventilation, specielt decentral, oplever, at luften føles tør. Noget tilsvarende er tilfældet i nye enfamiliehuse med mekanisk ventilation, der opfylder Bygningsreglementets krav til ventilation. Årsagen hertil bør undersøges med henblik på at afhjælpe problemet.



6

SUNDHED OG KOMFORT

6 SUNDHED OG KOMFORT

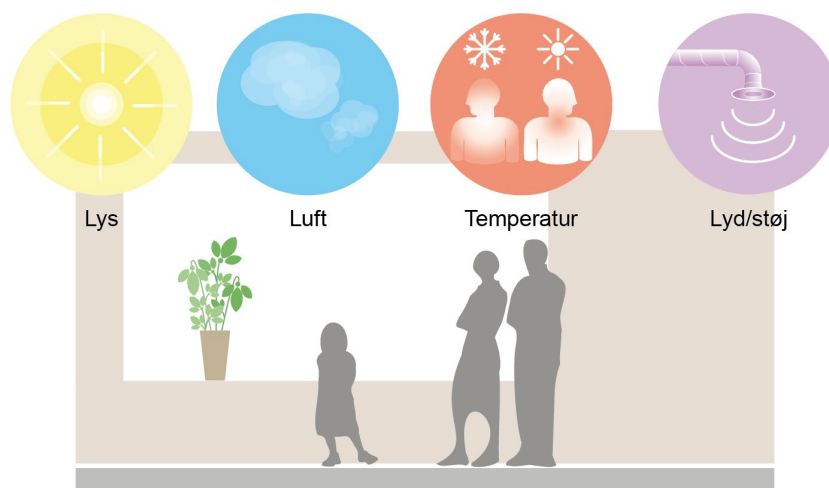
Af professor Lars Gunnarsen og seniorforsker Birgit Rasmussen

Mennesker opholder sig inden døre i 80-90 % af deres tid (Dimosthenis A. Sarigiannis, 2013) og (Klepeis et al., 2001). Et sundhedsmæssigt tilfredsstillende indeklima er derfor en nødvendig forudsætning for gode, lange liv i trivsel og komfort samt for god læring og produktivitet.

Sundhed er et bredt dækkende begreb, som WHO har defineret således: "*Sundhed er en tilstand af fuldkommen legemligt, sjæleligt og socialt velvære og ikke blot fravær af sygdom og gener*" (WHO, 1946). Indeklimaet kan i denne sammenhæng defineres som alle de væsentlige bygningsrelaterede påvirkninger, der har betydning for sundhed i bred forstand blandt brugerne af en bygning.

Påvirkningerne kan som vist i figur 17 opdeles i fire grupper. Påvirkningerne optræder samtidigt og for mange mennesker opleves indeklimaet holistisk bl.a. fordi det kan være svært at afgøre om hovedpine skyldes blænding fra lyset eller dårlig luftkvalitet.

De store indeklimaproblemer, der forårsager mange sundhedstab, er i væsentlig grad knyttet til indeluftens kvalitet.



FIGUR 17. Gruppering af indeklimaets væsentligste påvirkninger.

6.1 Forureningskilder i boliger

Ventilationen er vigtig for at opnå en god luftkvalitet i boligen og god luftkvalitet er en forudsætning for, at indeklimaet ikke giver skader på sundheden. Den tilførte udeluft fortynder forureningen fra de indvendige kilder der bl.a. omfatter byggematerialer, mennesker og deres aktiviteter som fx madlavning. Ikke tilfredsstillende luftkvalitet kan give øget risiko for alvorlige sygdomme, symptomer som hovedpine og træthed samt gener som generende lugt.

Ca. 22.000 sygdomsjusterede leveår tabes hvert år i Danmark med baggrund i forurening af indeluften (Jantunen et al. 2011).

Partikler i indeluften er suverænt den eksponering, der forårsager de største tab af sundhed. Kilderne til denne type forurening omfatter forurening fra den tilførte udeluft samt indvendige kilder som madlavning, tobaksrygning og brug af levende lys. Desuden vil der være

en betydelig partikelemission fra overflader med temperaturer over ca. 100 °C. Det kan være kogeplader, ovne, brændeovne, glødelamper og el-paneler, men også brugen af hårtørrer, strygejern og brødrister giver anledning til kraftig partikeldannelse. På grund af de markante indendørs kilder vil den gennemsnitlige partikeleksponering i boligen normalt være større end partikeleksponeringen udendørs.

Radon, der skyldes indtrængning af luft fra undergrunden, er normalt et mindre problem i etageboliger, men også denne eksponering kan yderligere reduceres ved god ventilation.

Ventilationsanlæg kan sprede partikler i og mellem boliger, men kan også virke som støjforureningskilde på flere måder og dermed give øget gene og reduceret komfort:

- Udstyrets komponenter kan udsende støj, som udbreder sig i luften.
- Udstyr fastgjort på bygningskonstruktioner kan medføre, at komponentstøjen udbredes via konstruktionerne og udstråles i andre rum.
- Ventilationskanalerne kan fungere som "lydvej" mellem rum, som kanalerne har åbninger til, og alle lyde fra samtaler og diverse aktiviteter kan således føres fra en bolig til andre boliger i bebyggelsen.
- Ventilationskanalerne kan tilsvarende fungere som "lydvej" mellem rum i samme bolig.

6.2 Ventilationens betydning

Ventilationen fortynder den forurening af indeluften i form af kemiske stoffer og partikler, der skyldes indvendige forureningskilder, herunder mennesker, byggematerialer, bohavede, forbrugerprodukter og aktiviteter.

Ventilationen fortynder også det vand, der afgives fra de indvendige fugtkilder, således at boligen ikke bliver for fugtig. Høj fugtighed i indeluften kan føre til øget forekomst af allergifremkaldende husstøvmider, øget risiko for skimmelsvampevækst på indvendige materialer og i gulle tilfælde føre til skader på bygningskonstruktionen. Fugttilførslen i boligerne afhænger navnlig af beboernes adfærd i forbindelse med badning, madlavning og tøjtørring.

Ventilationen bidrager også til temperaturregulering af boligerne. Overskudsvarme fra personer, apparater og solindfald kan fjernes ved tilførsel af kølig luft, og tilførsel af forvarmet ventilationsluft kan på kølige dage forebygge ubehag fra træk og kold luft.

Luftbevægelser og roterende ventilatorer i ventilationsanlæg kan give anledning til støj, og der er også mulighed for, at støj vil blive overført mellem forskellige rum via ventilationsåbninger og -kanaler.

Klimaskærmens tæthed er afgørende for mulighederne for at styre boligens ventilerings med udeluft. Ventileringen af utætte boliger vil typisk være stor i blæsevejr og på kolde dage. Dette kan medføre unødigt stor ventilerings på tider, hvor ventilationsbehovet er lille, og hvor gener fra træk og kulde fra den indtrængende udeluft kan blive betydelige.

I ældre bygninger med betydelige interne utætheder mellem de enkelte lejligheder kan forurenede luft transporteres fra en bolig til en anden og føre til lugtgener, bl.a. i forbindelse med tobaksrygning og madlavning. Bygningens trykforhold er sammen med tætheden af skellene mellem lejlighederne afgørende for luftoverføringen. Her kan det virke særligt generende og overraskende, at lugtgenerne kan blive særligt kraftige, når beboerne tænder deres emhætte og dermed sænker lufttrykket i boligen.

Luftforurening i udeluften kan også trænge ind i boligerne via ventileringen. Koncentrationen af kemiske forbindelser er normalt langt lavere i udeluften end indendørs, mens partikel-forurening kan være højere tæt på trafikbelastede veje. Udefrakommende partikelforurening kan reduceres betydeligt i boliger med balanceret mekanisk ventilation. Her vil anlæggenes partikelfiltre i betydelig grad kunne opfange partikelforureningen, før udeluften kommer ind i boligerne.

Alt i alt er der store sundhedsmæssige og komfortmæssige potentialer i forbedret boligventilation. Både bygherrer og rådgivere har behov for viden om, hvordan man bedst opnår tilfredsstillende ventilation i en given etagebolig. Dette omfatter, ud over ønsket om god luftkvalitet, en række forskellige hensyn til komfort, energiforbrug, totaløkonomi, betjening, driftssikkerhed og æstetik.

6.3 Gener og sundhedstab fra eksponeringer i boliger

Sundhedstab kan opdeles i gener, der kan opfattes som:

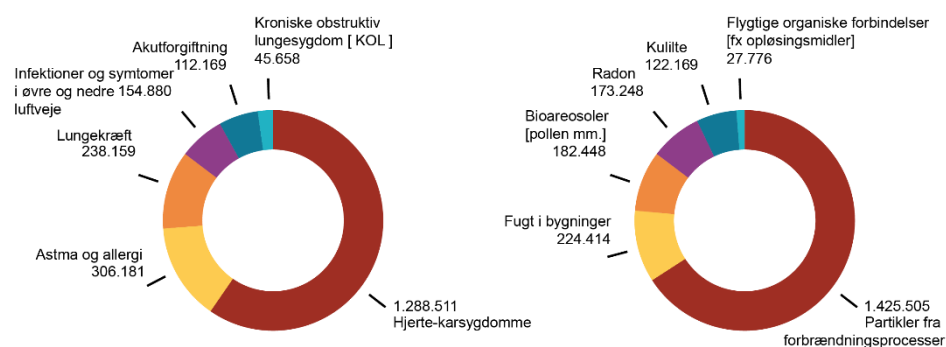
- generende sanseoplevelser, der tager fokus fra væsentlige forhold i livet
- symptomer, der er ubehagelige oplevelser fra kroppen, men ikke direkte er knyttet til sanserne
- eksponeringer, der på kort eller langt sigt giver anledning til egentlige sygdomme eller tidlig død.

I figur 18 vises øverst de vigtigste kilder til sygdomme og tidlig død i relation til indeklimaet, og i nederste række er vist de mere sensorisk baserede tab af komfort.



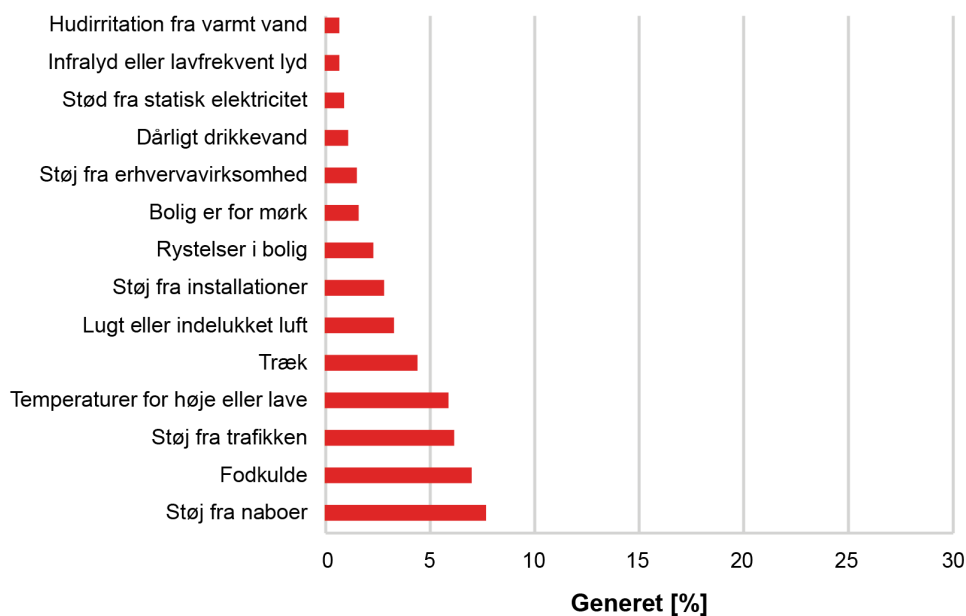
FIGUR 18. Oversigt over de eksponeringsforhold, der medfører de største tab af sundhed i danske boliger.

I figur 19 er i venstre side vist en oversigt over de sundhedstab i relation indeklimaet som har størst betydning. Det ses at hjerte-karsygdomme er meget dominerende foran astma og allergi og lungekræft. Figurens højre side viser på tilsvarende måde de forureningskilder der er ansvarlige for sundhedstabene. Partikler fra forbrændingsprocesser er her dominerende foran fugt og bioaerosoler.

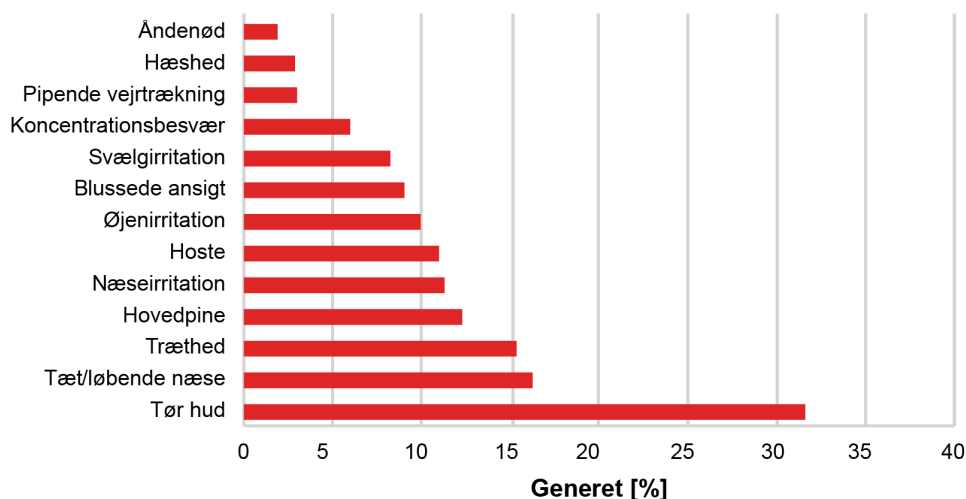


FIGUR 19. De estimerede 2.000.000 årlige tab af sunde leveår som følge af dårligt indeklima fordelt på sygdomme og eksponeringsforhold i 26 europæiske lande (Jantunen et al., 2011).

I figur 20 er vist resultater fra en national spørgeskemaundersøgelse udført i år 2000 og gældende for alle boliger i Danmark. Senere Sundheds- og sygelighedsundersøgelser (SUSY) indeholder beklageligvis færre indeklimaparametre, og de seneste undersøgelser fra 2013 og 2017 indeholder ikke et spørgsmål om støj fra installationer. I figur 21 er vist gener fra en tilsvarende undersøgelse (Brauer & Mikkelsen, 2002).



FIGUR 20. Resultater fra spørgeskemaundersøgelse om gener inden for sidste 14 dage – hjemme. (Sundheds og sygelighedsundersøgelsen 2000, SIF). Gælder alle danske boliger.



FIGUR 21. Resultater fra spørgeskemaundersøgelse om symptomer inden for sidste 14 dage – Hjemme. (Brauer og Mikkelsen, 2002).

I tabel 2 er vist resultater fra den seneste SUSY-undersøgelse udført i 2017 (Udesen et al, 2019). Det ses, at der ikke er inkluderet spørgsmål om støj fra ventilationsanlæg eller i det hele taget om støj fra installationer. Tabellen viser dog interessante resultater om andre støjgener (støj fra trafik og fra naboer) samt om lugt af tobaksrøg fra nabo/tilstødende boliger. Et overblik over karakteristika for SUSY-undersøgelserne 2000-2017 fremgår af (Rasmussen & Ekholm, 2019). Det kunne være nyttigt at få flere indeklima-parametre med i fremtidige undersøgelser.

TABEL 2. Andel, der inden for de seneste 14 dage har været generet (meget eller lidt) af en række forhold i boligen fordelt efter boligtype. Fra Sundheds- og sygelighedsundersøgelsen 2017 (Udesen et al., 2019).

Andel [%]	Stuehus /parcelhus	Række-, kæde- og dobbelthus	Lejlighed	Andet	I alt
Lugt af mug	2,3	3,0	4,2	2,6	3,0
Lugt fra brændeovne i kvarteret	12,5	7,9	3,5	8,0	8,8
Lugt af tobaksrøg fra nabo/tilstødende boliger	1,7	4,5	17,3	8,5	7,4
Støj fra trafikken	9,8	10,8	21,6	12,5	13,9
Støj fra naboer	5,5	11,8	35,6	21,8	16,7

Fra boligselskaber og byggebranchen høres ofte om klager over ventilationsstøj i boliger samt om genen fra lydoverhøring mellem rum via ventilationskanaler, men der findes ikke repræsentative data for hvor mange, der er generet, idet de nationale sundheds- og sygelighedsundersøgelser ikke er tilstrækkeligt detaljerede til at påvise omfanget og i øvrigt ikke har spørgsmål om ventilationsstøj. Fra klager vides, at generne kan skyldes generende støj fra naboboliger, og ventilationsstøjen kan påvirke beboerkomforten, inkl. søvn, negativt.

God luftkvalitet gør det lettere at koncentrere sig og dermed forbedre evnen til læring og opgaveløsning. Undersøgelser viser, at voksne kan have få 1,5% større produktivitet ved kontorarbejde, når ventilationsraten fordobles (Wargocki & Wyon, 2006). Effekten på børns indlæring er mere markant, og deres læring forbedres 10-15% ved en fordobling af ventilationen, (Mendell & Heath, 2005) og (Wargocki & Wyon, 2006).

Infektionssygdomme spredtes lettere, når ventilationsraten er lav, så i boliger med lavt udeluftskifte må man forvente, at beboerne lettere smitter hinanden og får lidt flere sygedage, (Kolarik et al., 2016).

Med en høj partikeleksponering vil der være øget forekomst af alvorlige sygdomme relateret både til hjertekar og kræft. Man mistænker endvidere, at kemikalier som formaldehyd og benzen kan øge forekomsten af kræft. Generne for allergikere i forbindelse med mange indendørs eksponeringer kan forværres. Det gælder særlig i forbindelse med husstøvmider og skimmelsvampe. Desuden kan indtrængning af græspollen mindskes betydeligt ved balanceret mekanisk ventilation bestykket med effektive filtre. Dette vil for mange allergikere mindske de allergiske symptomer. Der er dog ikke sikker viden om, hvorvidt filtrering af indeluften mindsker selve forekomsten af de allergiske sygdomme.

6.4 Forslag til overvejelser og undersøgelser

- Fortsat fokus på passende ventilation, der sikrer en god luftkvalitet. Virkemidler hertil kan være behovsstyret drift, effektiv varmegenvinding, og forbedret driftssikkerhed.
- Der skal anvendes byggematerialer, der har lav emission, hvilket vil mindske luftskiftet/ventilationsbehovet i bygningerne
- Der skal udvikles metoder til at reducere fugt i indeluft og materialer og afledte problemer med skimmelsvampevækst og opformering af husstøvmider, herunder opretholdelse af driftsforhold, der sikrer, at skimmelsvampe og bakterier ikke opformeres i ventilationsanlæggenes varmevekslere, kanaler og filtre.
- Fokus på komfortable temperaturer, der kan tilpasses brugernes behov.
- Partikelforureningen er alvorlig ude og inde. Der skal udvikles metoder til at reducere partikelindholdet i indeluften?
- Fortsat overvågning af byggeriets udvikling i relation til gener, symptomer og alvorlige sygdomme, bl.a. udvidelse af SIF's sundheds- og sygelighedsundersøgelser med mange flere spørgsmål om boligmiljø.
- Fokus på gode akustiske forhold, herunder støjsvage installationer. Justere bygningsreglementets grænse for ventilationsstøj, så grænseværdien fx nedsættes 5 dB. I praksis kan det ske ved at revidere DS 490 med lavere grænseværdier for ventilationsstøj.



7

RENOVERINGS- PROCESSEN

7 RENOVERINGSPROCESSEN

Af seniorforsker Peter Vogelius

7.1 Helhedsperspektiv

Det er et gennemgående træk i de publikationer, som beskæftiger sig med renoveringsprocesser, at man ved renoveringer skal tænke i helheder både ud fra et totaløkonomisk synspunkt og ud fra et funktionelt ditto. **Renoveringssager skal derfor altid ses som en helhed**, og ventilation er kun et af flere aspekter, der skal indpasses som en del af en større løsning, hvor der nødvendigvis skal indgås kompromiser. Der findes stort set ikke renoveringer, som alene er energirenoveringer, skimmelrenoveringer eller PCB-renoveringer. En samlet bygherrevurdering er nødvendig – helst så tidligt i processen som muligt.

Det vil sige, at hvis man står over for en renovering, som også omfatter installering af et ventilationssystem, er der brug for at se sagen i et bredt perspektiv samt at huske, at brugerne kan have en helt anden forståelse af "sundt indeklima" end de bygningstekniske orienterede fagfolk, som arbejder med sagen. Hvis renoveringssagen fx tager sit afsæt i et ønske om at renovere og isolere klimaskærmen helt eller delvist, vil det være sundt fornuft samtidig at overveje renoveringen ud fra andre perspektiver som fx vedligeholdelsesefterslæb, teknologisk forældelse, klimasikring, behovet for komfortforbedring eller lejlighedernes størrelse i forhold til efterspørgslen. Samtidig vil det være en anledning til at overveje de overordnede samfundsmæssige udviklingstendenser, som vil påvirke byggeriets evne til at udfylde fremtidens behov for boliger (ungdomsboliger, anvendelsen af udearealer, andelen af enlige mv).

7.2 Renoveringssagens rammer

Udlejningsejendomme, private og almene

Når vi diskuterer renovering og herunder beslutning om installation af ventilationsanlæg i eksisterende etageboliger, er det nødvendigt at sondre imellem ældre privat boligudlejning og almene byggerier, som skal renoveres. Lovgivning, og økonomiske vilkår i det hele taget, er vidt forskellige i de to sektorer, og en gennemgang skal tage hensyn hertil. I det følgende vil udgangspunktet være renoveringer i almene boligbyggerier.

Landsbyggefondens rolle

Helhedsplanen

I det almene byggeri er renoveringer, som omfatter installation af mekanisk ventilation, oftest en del af en mere omfattende renovering, der er støttet af Landsbyggefonden. Disse renoveringssager kræver, at der udarbejdes såkaldte helhedsplaner, der dels beskriver den samlede renovering, dels rummer en standardiseret køreplan for renoveringsprojektet; dette gælder i forhold til beslutningsprocessen, beboerinddragelsen og beskrivelsen af projektets indholdspunkter.

Landsbyggefonden har i de projekter, som den støtter, en indflydelse på prioriteringer og valgte løsninger, idet man trækker på sin store erfaring med renoveret byggeri; dette gælder således også synet på installeringen af ventilation. Mekanisk ventilation prioriteres højt, og i

overensstemmelse med bygningsreglementet vil et større renoveringsprojektet som regel også rumme installering af balanceret mekanisk ventilation.

Helhedsplanens høje grad af konkretisering understøtter den debat og forhandling, som aktørerne nødvendigvis skal have med hinanden. Hertil kommer, at som en del af de beregninger, der knytter sig til planen, er der også bindende oversigter over konsekvenser for husleje og varmekonsum for hvert enkelt lejemål.

Inden for de formelle rammer, der gælder for en helhedsplan, bliver den et instrument, som samler og konfronterer forskellige ønsker til renoveringsprojektet. Det gælder hele paletten af interesser, som aktørerne måtte have.

Boligselskabet vil (som regel med hjælp fra rådgivere) opstille en byggeteknisk vision for de punkter, det gerne ser medtaget i renoveringen. Der er naturligvis en økonomisk dimension i denne afklaring, og boligselskabet vil ofte have en dialog med Landsbyggefonden allerede i de tidlige faser, således at planen under udarbejdelsen tilpasses de krav, fonden kan forventes at stille ved behandlingen af ansøgningen.

Beboerne vil tilsvarende bidrage med synspunkter på forhold, som efter deres mening bør inddrages; det sker direkte ved beboermøder, spørgeskemaer, mock-ups mv. og indirekte via afdelingsbestyrelsens indspil i processen.



FIGUR 22. Mock-ups kan være en god måde at give beboerne et indtryk af, hvordan nye vinduer eller andre forandringer ændrer deres rum.

7.3 Planlægning

Der kan være mange syn på, hvor langt det er rimeligt at renovere et byggeri, og boligselskaber kan stå over for svære valg. Der er eksempler på renoveringer, som lod store kolde

facader stå, men isolerede/udskiftede lette facadeelementer. I den anden ende af spektret er der eksempler på renoveringer, hvor kun bygningskroppen stod tilbage og alt andet var udskiftet, og hvor prisen var tæt på nybyggeri. Hvor balancepunktet ligger, kan der næppe gives nogen færdig formel for; det må diskuteres i hver enkelt sag.

Som allerede nævnt er helhedsplanen et hensigtsmæssigt instrument til at formidle og mediere parternes ønsker og krav ind i en given ramme, som afstikkes af formelle krav og økonomi. Afhjælpningen af indeklimaproblemer bliver på denne måde ikke iscenesat som et specielt enkeltstående forhold, men derimod som koblet til andre dagsordener, der også er relevante for bebyggelsen. Denne integration er generelt en klar fordel, da mange indeklima-problemer netop beror på multifaktorelle forhold.

Ved større renoveringer kan der, hvis afdelingsbestyrelsen er engageret og har tilstrækkelige ressourcer, være tale om et særdeles kvalificeret bidrag fra bestyrelsen. Der er eksempler på afdelingsbestyrelser, som i et samarbejde med boligselskabet har gennemført studiebesøg ved andre renoverede bebyggelser i Danmark og Sverige. Værdien af engagerede beboere, der deltager i renoveringsprojektets udformning, og til tider også i den senere projektering og udførelse, kan være overordentlig betydningsfuld for det samlede projekt.

Husk forundersøgelserne

Forundersøgelserne er altid vigtige i renoveringsager. Fx kan et ikke-erkendt behov for skimmelsanerung, der "dukker op" undervejs i processen, skabe behov for åbning af byggesagen med konsekvenser for budgetter og tidsplaner og deraf afledte gener for beboerne.

Vær opmærksom på byggeriets historik

Der kan med fordel rejses en række spørgsmål med udgangspunkt i byggeriets historik. Hvilke renoveringer har der tidligere været? Hvilke problemstillinger udløste den (de) tidligere renovering(er)? Hvilke erfaringer har der efterfølgende været fra brugerne? Hvilke erfaringer har driften (ejendomsfunktionærer mv.) opsamlet i de forgangne år? Er der over årene udarbejdet materiale fra andre rådgivere om separate problemstillinger i forhold til fugt og indeklimaproblemer? Er dele af byggeriet mere belastet end andre dele? Det er ikke givet, at den samme løsning er den rigtige overalt i bebyggelsen! Bygningshistorikken overses ofte, selvom den kan være et vigtigt input ved en forestående renovering helt på linje med grundige forundersøgelser.

Brug eksisterende materiale

Fra boligselskabernes side vil gentagne problemer med fugt og indeklima over flere år ofte føre til en erkendelse af, at tidligere iværksatte bestræbelser ikke for alvor løste problemerne. Her kan der med udgangspunkt i en institutionel tænkning inddrages materiale fra den almene sektors egne kompetenceopbyggende netværk som fx Almenet (Almenet, 2013, 2014, 2015) og i nogen udstrækning også fra brancheinitiativer som "Værdibyg" (Værdibyg, 2011, 2012, 2013, 2015b, 2015a, 2016b, 2016a, 2017b, 2017a).

Problemet med sådanne netværk er primært deres evne til at "få gennemslag i praksis", det vil sige, at opnå udbredelse og anvendelse, snarere end at få skabt den relevante information, den foreligger allerede i talrige publikationer, hvor den generelle planlægning af renoveringsprocessen er behandlet i hurtigt læste udgivelser. På forskningssiden, er der fra SBI indenfor de senere år kommet udgivelser, som beskæftiger sig med erfaringer fra renoveringer, herunder brugererfaringer se fx "Skimmelsvampevækst i boliger", (Øien, 2017) og "Renovering i almenbygget boligbyggeri – erfaringer med proces, skimmel og indeklima", (Vogelius, 2017).



FIGUR 23. Der må ofte etableres forsænkede lofter, som kan skjule de nye ventilationsrør.

Udbud, information og brugerinddragelse

Større renoveringer er ofte mere komplekse at styre end nybyggeri. En skærpet omstændighed i renoveringsprocessen knytter sig til de situationer, hvor beboerne kan have en (berettiget) bekymring om, hvorvidt en omfattende renovering nu også får afhjulpet de forhold, der over årene har manifesteret sig som indeklimaproblemer. Dette gælder specielt i de tilfælde, hvor der tidligere har været separate renoveringsinitiativer i bygningen, som ikke løste problemerne. Skal man bevare opbakningen fra beboerne i sådanne tilfælde, er det vigtigt, at renoveringsprocessen er transparent og uangribelig. Overvejelser herom kan, på lige fod med andre proceskrav (tidsplaner, logistik etc.), indgå ved valg af rådgivere, både i forhold til tilsyn og i forhold til projektering. Udbuddet bør således indeholde krav til planer for information, herunder brugertilpasset skriftligt materiale og praktiske demonstrationer.

Brugertilpasset information

Det er vigtigt, at brugerne både får en mundtlig og skriftlig information om ventilationsanlægget i deres bolig. Hvad kan det? Må man gribe ind? Er der behov for nye rutiner eller måder at indrette bolig og adfærd på? Har brugeren en vedligeholdelsesforpligtigelse? Hvem henvender man sig til, hvis der er fejlfunktion på systemet? Fabrikantens beskrivelse af anlægget er ofte holdt i tekniske termer og er ikke tilstrækkelig. Spørgsmål af denne karakter bør kunne besvares, inden projektet iværksættes.

Undersøgelser af gennemførte renoveringer har vist, at beboerne syntes, at de havde modtaget for lidt information om ventilationsanlæggene, herunder betjening, rengøring mv.

(Øien, 2017; Vogelius, 2017). Man kan i disse tilfælde forvente (og frygte), at den manglende introduktion til ventilationsanlæggene og til, hvordan beboeren bedst etablerer et godt indeklima, giver en dårlig udnyttelse af de nye anlæg og på længere sigt et manglende vedligehold af anlæggene.

Beboerinddragelse skal ske så tidligt som muligt

Sæt forventningerne realistisk, oplys om formelle krav. Hold beboerne underrettet om de økonomiske rammer og konsekvenserne for økonomien ved ændringer. Fortæl om kendte problemer i stedet for at nedtone dem – det gælder også for ventilationssystemerne. Overvej, om der kan findes fleksible løsninger, der kan tilgodese individuelle behov uden, at det samlede projekt bliver dyrere.

Ord og begreber

Har forskellige betydninger for forskellige grupperinger – ventilation kan forstås på flere måder uden for fagmiljøerne. Hvordan adskilles det ift. "udluftning" for den almindelige bruger? Det er vigtigt, at oplæg og projektintroduktioner holder sig de sproglige problemer for øje; tekniske beskrivelser kan blive opfattet og fortolket forskelligt hos brugerne. Nyere forskning, der involverer brugeres håndtering af ventilation/udluftning fx (Øien, 2017) og (Vogelius, 2017) i deres bolig, peger på, at "udluftning" for brugerne ikke ses som en strategi, der er organiseret ud fra bestemte tekniske rationaler, fx i form af en skematisering af udluftningen til bestemte tidspunkter, med bestemte varigheder etc. I stedet er udluftningen øjensynligt styret af overleverede vaner og kutymer, der indgår på lige fod med en række andre kulturelle og normative syn på, hvad der er "sund og frisk" levevis i en bolig. Til tider er der sammenfald med officielle anbefalinger om udluftningsprocedurer, og i andre tilfælde er der ikke. Fx er udluftning om morgenen ofte i samklang med officielle retningslinjer, mens det at have trækruder stående på klem året rundt bestemt ikke er det.

Brugerne og den samlede renoveringsplan

I forhold til brugerne kan gerne ved et dårligt planlagt projekt ikke opgøres i en økonomisk kalkule. Imidlertid kan dårlig planlægning blive et "dræn" af velvilje hos de af beboerne, der oplever, at tidsplaner til stadighed overskrides, og der opstår tvivl om de betingelser, man gik ind i renoveringsprojektet på, kan fastholdes.

Beboerdemokratiet i den almennyttige sektor er generelt en stor ressource også i forhold til ledelsen og administrationen af byggeriet. Det betyder, at værdifuld viden om bebyggelsen, dens stand og evne til at udfylde de behov, som brugerne har, ideelt set kan kanaliseres direkte ind i byggeprojektet. På den anden side er beboerdemokraterne i afdelingsbestyrelsen stillet i en svær situation, når de skal håndtere en omfattende og kompliceret renoveringssag med meget store budgetter.

Det kan være overordentlig vanskeligt at få koordineret renoveringen i situationer, hvor opgange, lejligheder mv er beboede og bruges dagligt (i modsætning til projekter med genhusning). Det er dog problemer, som det er muligt at overvinde via grundig planlægning, koordinering og brug af systematiserede erfaringer i udførelsesfasen. Nøglen til den gode løsning ligger ofte hos entreprenøren. God kommunikation er også vigtig – det skal være muligt hurtigt at samle op på utilfredshed fra beboerne og få handlet på deres input. Kun sjældent er dette forhold blevet fremhævet som et selvstændigt tema i en bygherres udbud – på trods af vigtigheden for de renoveringssager, hvor beboerne bliver i bebyggelsen.

Opsummering

Renovering skal altid ses som en helhed, og ventilation er ofte kun et af flere aspekter. Hvis der skal etableres et velfungerende ventilationsanlæg, som der er tilfredshed med hos beboerne, er deres inddragelse i hele renoveringsforløbet og uddannelse af driftspersonalet lige så vigtige punkter som projektering, installationsarbejde og indregulering.

Det er vigtigt, at der er god brugerrettet kommunikation om det nye ventilationssystem i forhold til brug og vedligeholdelse – hvem skal gøre hvad? Hvilke former for brugerindgreb i anlæggets funktion er mulige? Kan man selv reducere støj via indstillingerne etc.

Beboerne skal have klar besked så tidligt som muligt i renoveringsprocessen om hvad mekanisk ventilation indebærer for renoveringsprojektet – redegør for kendte problemer i stedet for at nedtone dem. Ligeså er det vigtigt, at beboerne er klar over eventuelle formelle bindinger (Landsbyggefonden, Bygningsreglementet mv.) på de løsninger, som kan vælges i de forskellige renoveringsscenarier. Transparens om renoveringsprocessen under hele forløbet er centralt, hvis beboernes opbakning skal sikres.

7.4 Forslag til overvejelser og undersøgelser

På en række punkter ville yderligere overvejelser og undersøgelser kunne understøtte en renoveringsproces, som tager højde for disse hensyn, og specielt kan der peges på følgende indsatsområder:

- Opsamling af brugernes og driftspersonalets erfaringer med, og opfattelse af, ventilationssystemer i nyrenoverede byggerier.
- Brugerorienteret design – hvordan gentænkes ventilationssystemer ud fra vores viden om brugerpraksis?
- Hvordan kan eksisterende krav (lovgivning) til ventilation udformes således, at brugertilpasning vil være lettere – uden at kompromittere det gode indeklima?
- Hvordan tager man hensyn til forskelligheden af bygninger, der indgår i samme byggeri? Det bør overvejes, om samme løsning er den rigtige for alle dele af byggeriet. Yderligere forskning i, hvordan der etableres en systematisk proces for dette, er tiltrængt.

DRIFT OG VEDLIGEHOLDELSE

8 DRIFT OG VEDLIGEHOLDELSE

Af seniorforsker Niels C. Bergsøe og professor Alireza Afshari

Ventilationsanlæg kræver løbende overvågning og vedligeholdelse for at sikre en optimal drift med hensyn til at yde en tilfredsstillende ventilation af lejlighederne. Dette stiller blandt andet krav til, at der efter en renovering af et ventilationssystem afsættes ressourcer til at uddanne driftspersonalet således, at det er fagligt kompetent til at servicere og overvåge, om det nye ventilationssystem yder som forudsat i projekteringen af anlægget.

8.1 Drift

Udgangspunktet for et velfungerende ventilationssystem er en kravspecifikation. Det er nødvendigt, at bygningsejeren tilegner sig viden og har overblik over de krav, der er relevante at stille, for at ventilationsanlæggets ydeevne kan leve op til bygningsejerens forventninger. Kravene kan fx dreje sig om nem vedligeholdelse, mulighed for brugerindvirkning på driften, lavt energibehov mv. Endvidere er det nødvendigt med et velfungerende samarbejde mellem installationsteknikere, entreprenører, rådgivere og arkitekter for at opnå en tilfredsstillende helhedsløsning.

En afgørende betingelse for, at et mekanisk ventilationssystem fungerer tilfredsstillende i praksis, er, at systemet er korrekt indreguleret. Indregulering betyder, at spjæld og armaturer er indstillet, hvorved luftmængder fordeles, så der opnås de nominelle luftmængder i de enkelte lejligheder eller rum. Som nævnt i afsnit 4.4 rummer bygningsreglementet krav om, at der skal gennemføres en funktionsafprøvning af et nyinstalleret ventilationsanlæg i en eksisterende bygning. Derudover er det nødvendigt, at indreguleringen kontrolleres og eventuelt gentages med passende intervaller, fx årligt.

8.2 Vedligeholdelse

DS 447 er en del af byggelovgivningen, idet der henvises til standarden i bygningsreglementet. DS 447 stiller fx krav om at:

- komponenter, der kræver tilsyn og vedligeholdelse, skal være let tilgængelige og skal projekteres og monteres sådan, at arbejdet kan foretages på en hensigtsmæssig og sikkerhedsmæssigt forsvarlig måde
- krav til og intervaller for tilsyn og vedligeholdelse af komponenter angives. Interval for tilsyn på anlægget må ikke overstige et år
- der skal udarbejdes en fyldestgørende drifts- og vedligeholdelsesinstruktion. Instruktionen skal være på dansk og indeholde et sæt opdaterede hovedtegninger med alle måle- og kontrolpunkter anført samt datablade og specifikationer på alle hovedkomponenter.

Jævnfør bygningsreglementet er det bygherren, som har ansvaret for, at kravene i standarden er overholdt, og at der foreligger dokumentation herfor.

Støv og snavs i indblæsningskanalen kan forringe indeluftens kvalitet, dels direkte, dels indirekte ved, at der kan ske en kemisk reaktion mellem ozon i udeluften og de partikler, der er i støvet. Forringet ventilation kan desuden medføre højere luftfugtighed og dermed risiko

for skimmelsvampevækst – særligt i baderum. Defekte spjæld og ventiler, som ikke fungerer efter hensigten, medfører ubalance i anlægget og kan fx give anledning til træk og få anlægget til at støje mere end nødvendigt. Indblæsningsarmaturerne kan være fejlagtigt udformet eller indreguleret, så den indblæste luft medfører trækgener, hvis beboerne sidder tæt ved armaturerne. Desuden kan møbler eller andet inventar, der er placeret tæt ved et indblæsningsarmatur, påvirke luftstrømmen, så der opstår generende træk. Endelig skal automatik og termostater, der styrer ventilationsanlægget, naturligvis fungere korrekt.

8.3 Serviceordning for ventilationsanlæg

Ved dialogmødet hos SBI i juni 2019 blev det fremført, at beboerne klager over støj, lugt, røg, træk, tør luft, kulde/varme og støv. Beboerne klager også over fugt, som fx kan opstå i forbindelse med blokerede ventilationskanaler. Det blev foreslået, at der blev etableret en ordning om regelmæssigt vedligehold, service og rensning af kanaler. Ordningen kunne evt. indbefatte gennemgang for lækager og blokeringer af ventilationskanalerne.

Der findes dog allerede en serviceordning, VENT-ordningen, som er en frivillig kvalitets-sikringsordning for service på ventilationsanlæg. Ordningen er landsdækkende og har eksisteret siden år 2000. VENT-ordningen har fastlagte minimumskrav til indhold og dokumentation for den gennemførte ventilationsservice, og stiller krav til virksomhedernes ventilations-tekniske kompetencer og har herudover fastlagt et uddannelsesforløb for de udførende ventilationsteknikere, som afsluttes med en censorbedømt prøve.

Servicebesøget suppleres desuden med nogle energitekniske målinger og der udarbejdes anbefalinger til energioptimeringer på anlægget efter en standardiseret metode.

Bag VENT-ordningen står Foreningen af Ventilationsfirmaer, TEKNIQ arbejdsgiverne, Energistyrelsen, Energiforum Danmark, Foreningen af Rådgivende Ingeniører, Danske Regioner, Statslige Ejendomme og Teknologisk Institut.

8.4 Erfaringer fra praksis

På trods af ovenstående relativt klare regler i DS 447 har både undersøgelser og det første dialogmøde i dette projekt demonstreret, at der er eksempler på, at reglerne i standarden i praksis ikke altid bliver efterlevet.

En undersøgelse med det formål at indsamle og sammenstille typiske udsagn om den mekaniske ventilation i renoverede, almene etageboliger understøtter erfaringerne med, at mekaniske ventilationsanlæg i mange tilfælde ikke fungerer tilfredsstillende straks fra ibrugtagningen (Klint, Vejsig, Aagesen, & Bergsøe, 2009). Der går typisk en periode, efter at anlæggene er sat i drift, med mangeludbedring og fejlløshjælpning. Undersøgelsen havde desuden til formål at vurdere, om udsagnene afslører indikationer af, at der forekommer systematiske funktionsproblemer ved mekaniske ventilationsanlæg i renoverede etageboliger. Resultaterne kan imidlertid ikke entydigt understøtte indtryk af, at nyinstallerede mekaniske ventilationsanlæg i alment byggeri er behæftet med systematiske funktionsproblemer.

Undersøgelsen viste desuden, at svar på spørgsmål om fejl og mangler ved den mekaniske ventilation afhang af, om svaret kom fra projektchefer, ejendomsfunktionærer, bestyrelsesformænd eller beboere.

8.5 Forslag til overvejelser og undersøgelser

I bygningsreglementet (TBS, 2018), er der indført krav om, at der inden ibrugtagning af bygningen skal foretages funktionsafprøvning af en række bygningsinstallationer, bl.a. ventilationsanlæg. Kravene er en styrkelse af allerede eksisterende krav til eftervisning af anlæggenes ydeevne.

Krav om regelmæssig service og vedligehold af ventilationssystemer i eksisterende bygninger kan eventuelt være et hensigtsmæssigt supplement til bygningsreglementets krav om funktionsafprøvning inden ibrugtagning af en ny bygning.

LITTERATUR

- Afshari, A., & Bergsøe, N. C. (2017). *Indsamling af erfaringer med mekanisk ventilation i renoverede etageboliger: Erfaringsindsamling om problemer der med sandsynlighed kan henføres til mangler ved den (renoverede) mekaniske ventilation i renoverede etageboliger*. København.
- Almennet. (2013). *Beboerdemokratisk proces - Hjælp til at planlægge og gennemføre et beboerinddragelsesforløb*. Retrieved from https://almennet.dk/media/23862/av_beboerdemokratiskproces_20141007_e2_.pdf
- Almennet. (2014). *Projektledelse af almene bebyggelses renovering og fremtidssikring*. Retrieved from https://almennet.dk/media/223342/almenvejledning_projektledelse_web_lille.pdf
- Almennet. (2015). *Vejledning til genhusning*. Retrieved from https://almennet.dk/media/223456/genhusningsvejledning-til-web_2.pdf
- Bergsøe, N. C. (2000). *Vurdering af ventilationsbehov*. Hørsholm. Retrieved from <https://sbi.dk/Assets/Vurdering-af-ventilationsbehov/2006-01-12-6653159243.pdf>
- Brauer, C., & Mikkelsen, S. (2002). *Indeklima, psykisk arbejdsmiljø og symptomer i Danmark - Et normalmateriale til Glostrupskemaet*. København.
- C. Bergsøe, N., & Afshari, A. (2012). Vejledning om behovsstyret ventilation, 22.
- Danmarks Statistik. (2020a). BYGB12 - Bygninger efter anvendelse, område, tid, arealintervaller og ejerforhold.
- Danmarks Statistik. (2020b). BYGB34 - Bygningsbestandens areal efter arealtype, anvendelse, område, opførelsesår og tid.
- Danmarks Statistik. (2020c). BYGB40 - Bygninger og deres opvarmede areal efter område, enhed, tid og anvendelse.
- Dansk Standard. (2004). DS/EN ISO 16032:2004 Akustik - Måling af støj fra tekniske installationer i bygninger – Teknikermetode. Dansk Standard.
- Dansk Standard. (2005). DS/EN ISO 10052:2005 Akustik - Måling af luftlyd- og trinlydisolation samt støj fra tekniske installationer i bygninger - Overslagsmetode.
- Dansk Standard. (2011). DS 428 : Norm for brandtekniske foranstaltninger ved ventilationsanlæg : Code of practice for technical measures for fire protection of ventilation systems. Charlottenlund: Dansk Standard.
- Dansk Standard. (2013a). DS 447 : Ventilation i bygninger – Mekaniske, naturlige og hybride ventilationssystemer. Charlottenlund.
- Dansk Standard. (2013b). DS 452 : Termisk isolering af tekniske installationer. Charlottenlund: Dansk Standard. Retrieved from <https://nota.dk/bibliotek/bogid/616205>
- Dansk Standard. (2018). DS 490:2018 Lydklassifikation af boliger.
- Dimosthenis A. Sarigiannis. (2013). Combined or multiple exposure to health stressors in indoor built environments. *World Health Organization Report for Europe*. Retrieved from http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0020/248600/Combined-or-multiple-exposure-to-health-stressors-in-indoor-built-environments.pdf?ua=1
- Jantunen, M., Oliveira, E. F., Carrer, P., & Kephelopoulous, S. (2011). *Promoting actions for healthy indoor air (IAIAQ)*. European Commission Directorate General for Health and Consumers.
- Klepeis, N. E., Nelson, W. C., Ott, W. R., Robinson, J. P., Tsang, A. M., Switzer, P., ... Engelmann, W. H. (2001). The National Human Activity Pattern Survey (NHAPS): A resource for assessing exposure to environmental pollutants. *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology*. <https://doi.org/10.1038/sj.jea.7500165>
- Klint, J., Vejsig, P., Aagesen, V., & Bergsøe, N. C. (2009). *Energirigtig ventilation ved renovering og byfornyelse: Fase 1: Indsamling og systematisering af eksisterende viden fra forsøgs- og demonstrationsprojekter*.

- Knudsen, H. N., Heebøl, A., Clausen, G., & Bekö, G. (2020). *Oplevet indeklima: Spørgeskema til evaluering før og efter renovering – Den endelige udgave*. København. Retrieved from www.rebus.nu/aktuelt/kortlaeg-beboernes-oplevelse-af-indeklimaet/
- Knudsen, H. N., & Jensen, O. M. (2015). *Tenants' experiences and satisfaction with renovated and energy retrofitted social housing*: København. Retrieved from <https://sbi.dk/Assets/Tenants-experiences-and-satisfaction-with-renovated-and-energy-retrofitted-social-housing/sbi-2015-28-1.pdf>
- Knudsen, H. N., & Larsen, T. S. (2018). Evaluation of the Perceived Indoor Environment before and after Renovation of Social Housing. In I. S. of I. A. Q. and Climate (Ed.), *Conference proceedings: Indoor Air 2018: The 15th Conference of the International Society of Indoor Air Quality & Climate (ISIAQ), July 22 to 27, 2018, Philadelphia, PA, USA*. Philadelphia, USA: Proceedings of the The 15th Conference of the International Society of Indoor Air Quality & Climate (ISIAQ).
- Kolarik, B., Andersen, Z. J., Ibfelt, T., Englund, E. H., Møller, E., & Bräuner, E. V. (2016). Ventilation in day care centers and sick leave among nursery children. *Indoor Air*. <https://doi.org/10.1111/ina.12202>
- Kragh, J., & Raunkjær, L. L. B. (2019). Kilder til viden om ventilation af eksisterende etageboliger. Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet København.
- Mendell, M. J., & Heath, G. A. (2005). Do indoor pollutants and thermal conditions in schools influence student performance? A critical review of the literature. *Indoor Air*. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0668.2004.00320.x>
- Rasmussen, B., & Ekholm, O. (2019). *Nabostøj i danske etageboliger – Gener og potentielle helbredseffekter*. København.
- Rasmussen, B., Hoffmeyer, D., & Olesen, H. S. (2017). SBI-anvisning 217: Udførelse af bygningsakustiske målinger, 2. udg. Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet København.
- T.Nikolaïsson, I., Rahnama, S., Bergsøe, N. C., & Afshari, A. (2020). Collection of Experiences with Mechanical Ventilation in Renovated Apartment Buildings. In I. A. 2020 (Ed.), *The 16th Conference of the International Society of Indoor Air Quality & Climate (Indoor Air 2020)*.
- TBST. (2018). Bekendtgørelse af offentliggørelse af bygningsreglement 2018 (BR18). København: Trafik- og Bygge- og Boligstyrelsen.
- Thomsen, K. E., Rose, J., Mørck, O., Jensen, S. Ø., Østergaard, I., Knudsen, H. N., & Bergsøe, N. C. (2016). Energy consumption and indoor climate in a residential building before and after comprehensive energy retrofitting. *Energy and Buildings*, vol 123, 8-16. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.04.049>
- Tommerup, H. M. (2004). *Energibesparelser i eksisterende og nye boliger (BYG Rapport; Nr. R-080)*. Kongens Lyngby.
- Udesen, H., Rosendahl Jensen, A., Davidsen, M., Illemann Christensen, A., & Ekholm, O. (2019). *Sundheds- og sygelighedsundersøgelsen 2017*.
- Vogelius, P. (2017). *Renovering i almenbygget boligbyggeri – erfaringer med proces, skimmel og indeklima*. Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet København. Retrieved from <https://sbi.dk/Pages/Renovering-i-almennyttigt-boligbyggeri-erfaringer-med-proces-skimmel-og-indeklima.aspx>
- Vogelius, P & Haugbølle, K (2013). *Appendix 5: Policy and practices in municipal strategies for sustainable refurbishment*. I K Haugbølle, A-J Almås, B Marteinsson, P Huovila, S Bjørberg, P Vogelius & J Nieminen (red), *Sustainable REfurbishment by public clients: Innovation and procurement strategies and practices*. København, s. 107-132.s. SBI 2013:33.
- Værdibyg. (2011). *Perspektiver på byggeriets faseskift – Et debatoplæg*. Retrieved from <https://vaerdibyg.dk/vejledning/perspektiver-paa-faseskift/>
- Værdibyg. (2012). *Brugerinvolvering*. Retrieved from <https://vaerdibyg.dk/vejledning/brugerinvolvering/>
- Værdibyg. (2013). *Perspektiver på renoveringsprocesser – et debatoplæg*. Retrieved from <https://vaerdibyg.dk/vejledning/perspektiver-paa-renoveringsprocesser/>
- Værdibyg. (2015a). *Håndtering af brugere og beboere i renoveringsprocessen (incl. bilag med samme titel)*.

- Værdibyg. (2015b). *Samarbejde og kommunikation i renoveringsprojekter (incl. bilag med samme titel)*. Retrieved from <https://vaerdibyg.dk/vejledning/samarbejdeogkommunikationirenoveringsprojekter/>
- Værdibyg. (2016a). *Forundersøgelser i renoveringsprojekter (incl. bilag med samme titel)*.
- Værdibyg. (2016b). *Risikohåndtering i renoveringsprojekter (incl. bilag med samme titel)*.
- Værdibyg. (2017a). *Gode råd til renoveringsprocessen (incl. bilag med samme titel)*.
- Værdibyg. (2017b). *Renoveringsstrategi (incl. bilag med samme titel)*.
- Wargocki, P., & Wyon, D. P. (2006). Effects of HVAC on student performance. *ASHRAE Journal*.
- WHO. (1946). CONSTITUTION of the World Health Organization. *Public Health Reports*.
- Wittchen, K. B., Kragh, J., & Aggerholm, S. (2017). *VARMEBESPARELSE I EKSISTERENDE BYGNINGER - Potentiale og økonomi - SBI 2017:16*. København.
- Øien, T. B. (2017). *Skimmelsvampevækst i boliger: praksisser og politikker*. Ph.d.-serien for Det Ingeniør- og Naturvidenskabelige Fakultet, Aalborg Universitet, Aalborg Universitetsforlag. Retrieved from <https://vbn.aau.dk/da/publications/skimmelsvampevækst-i-boliger-praksisser-og-politikker>

Referencer til projekter

- REBUS (2020). Renovating Buildings Sustainably, forskningsprojekt, hvorfra det har været muligt at uddrage resultater relevante for denne hvidbogs kapitel 5. Se: www.rebus.nu/.

'Hvidbog – Ventilation af eksisterende etageboliger' samler viden om renovering af eksisterende etageboligers ventilationssystemer, især med fokus på de mange udfordringer, der viser sig i praksis. Hvidbogens formål er at tilvejebringe et vidensoverblik og fremme vidensdeling, så renovering af ventilationssystemer i etageboligbyggeriet fremover kan få et bedre udgangspunkt for renoveringsprocessen. I sidste ende er målet, at der opnås velfungerende, driftssikre og vedligeholdelsesvenlige ventilationsløsninger, som bidrager til et sundt og komfortabelt indeklima.

Hvidbogen er baseret på den viden, der blev indsamlet under et forstudie og tre åbne dialogmøder afholdt for interesserede beboere og professionelle fra ventilationsbranchen. I 6 overordnede kapitler behandler hvidbogen emnerne: Ventilationssystemer, lovgivning og standarder, beboernes oplevelser, sundhed og komfort, renoveringsprocessen og drift og vedligeholdelse. Hvert kapitel beskriver den nuværende viden og afsluttes med nogle anbefalinger til overvejelser og undersøgelser af forhold, som der bør fokuseres på fremadrettet for at løse nogle af de mange udfordringer, der er ved renovering og drift af eksisterende etageboligers ventilationssystemer.

Der er en række emner relateret til kravene i bygningsreglementet, hvor det anbefales, at der foretages undersøgelser af, om kravene skal udbygges, skærpes eller tydeliggøres. Beboerundersøgelser viser, at beboernes tilfredshed generelt stiger efter renoveringer, hvor der installeres mekaniske ventilationssystemer. Undersøgelserne viser dog også, at der er plads til forbedringer, fx ved at reducere støjgener fra komponenter eller forhindre "lydveje", hvor støj overføres fra et rum til et naborum eller fra en bolig til en anden bolig samt selve renoveringsprocessen, hvor beboerinddragelse og uddannelse af driftspersonalet er vigtige elementer for at opnå højere beboertilfredshed og velfungerende ventilationsanlæg.

