

# INDEKLIMAVÆRKTØJ TIL PLEJECENTRE

Plejecentrenes indeklima: National kortlægning af indeklimaet på landets plejecentre  
Screening og måling af indeklima på plejecentre  
Rapport november 2022 AP 3.3 –Indeklimaværktøj

Støttet af Realdania



Høje-Taastrup  
Kommune



TEKNOLOGISK  
INSTITUT



Transition



**Udarbejdet af:**

Anne Kathrine Jensen, Civilingeniør, Transition ApS

Nicolaj Bøgh, Civilingeniør, Transition ApS

November 2022

Denne rapport beskriver resultaterne af *AP 3.3 – Indeklimaværktøj*, en leverance fra Transition i forbindelse med udviklingen af et indeklimaværktøj i projektet; Plejecentrenes indeklime.

# Indhold

Læsevejledning.....	5
Introduktion.....	5
Casebygningerne.....	6
Metodebeskrivelse.....	9
Triangulering.....	10
Antropologisk analyse.....	11
Litteraturstudie.....	12
Måling af indeklima.....	12
Udvikling af indeklimaværktøjet.....	12
Spørgeskema.....	13
Beregningskerne.....	14
Brugertest og screening af pilotbygninger.....	15
Kalibrering af indeklimaværktøjet.....	16
Dynamisk rapport.....	16
Fuldskala screening af plejecentre.....	17
Resultater.....	18
Triangulering.....	19
Atmosfærisk indeklima.....	19
Termisk indeklima.....	21
Visuelt indeklima.....	24
Akustisk indeklima.....	26
Indeklimaværktøj.....	29
Spørgeskema.....	29
Beregningskerne.....	31
Økonomi.....	38
Dynamisk rapport.....	41
Brugertest.....	45
Analyse.....	47
Kalibrering.....	48
Fuldskala screeninger.....	49
Diskussion.....	55
Bilagsliste.....	57

Bilag 1: Kalibrering af værktøjet mod indeklimamålinger .....	57
Bilag 2: Pointfordeling i beregningskernen .....	57
Bilag 3: Spørgeskema til indeklimaværktøj.....	57

## Læsevejledning

Denne rapport er opbygget med skelen til det klassiske IMRAD-format: Introduktion, metode, resultater, analyse og diskussion.

Rapporten starter med en baggrund for- og introduktion til projektet og dets formål, efterfulgt af en præsentation af casebygninger og derefter en gennemgående metodebeskrivelse af udviklingen af værktøjet. Metodebeskrivelsen omhandler alt fra indsamling af viden om plejecentres indeklima, over udvælgelse af plejecentre til metodik bag selve udviklingen og verificeringen/afprøvningen af værktøjet. Resultaterne i dette projekt er produktet, indeklímaværktøjet og den afledte viden fra trianguleringsprocessen, som værktøjet er funderet på. Her præsenteres altså både den viden trianguleringsprocessen har bidraget med, opbygning og funktioner af indeklímaværktøjet og resultaterne af de første 10 pilotbygninger i udviklingsfasen samt fuldscreeningerne af de sidste 10 plejecentre foretaget med det færdige værktøj.

Under analyseafsnittet præsenteres kalibreringsprocessen af værktøjet, hvor indeklímaværktøjets resultater holdes op imod indeklimamålinger foretaget i de samme lokaler, som der er screenet med indeklímaværktøjet i.

Afslutningsvis, i diskussionsafsnittet, diskuteres styrker og svagheder ved værktøjet og potentielle forbedringsmuligheder.

I bilag findes tre separate bilag omhandlende kalibrering af værktøjet mod indeklimamålinger, pointfordelingen i værktøjet og selve spørgeskemaet til brug i screeningen.

## Introduktion

Indeklimaet på plejecentre kan have negativ indflydelse på ældres helbred generelt og deres luftveje specifikt.<sup>1</sup> Indeklimaet på plejecentre har to meget forskellige bygningsbrugere – henholdsvis beboerne og plejepersonalet. Disse bygningsbrugere har forskellige krav til indeklimaet. Til trods herfor viser erfaringerne, at der ikke er nævneværdig fokus på indeklimaet på landets plejecentre, idet der konstateres udfordringer med dårlig ventilation, for høje temperaturer, for lav relativ luftfugtighed og lave belysningsniveauer.

I projektet indgår 10 kommuner med hver 2 plejecentre, der er repræsentative demografisk, organisatorisk og geografisk, hvilket gør det muligt at konkludere generelle tendenser og mulige løsninger for landets plejecentre. 10 af plejecentrene indgår i pilotfasen og er en del af udviklingsfasen. Der er både målt og foretaget screeninger med indeklímaværktøjet i udvalgte lokaler. De resterende 10 plejecentre er screenet med det færdige indeklímaværktøj. På 3 af de 20 plejecentre er der yderligere udført en antropologisk forundersøgelse for at få kortlagt det oplevede indeklima og den dagligdag, som et plejecenter rummer. Projektet skal være med til at sætte fokus på indeklimatilstanden på landets plejecentre og vil være et udgangspunkt for at prioritere og udvikle specifikke løsninger og tiltag til indeklimaforbedringer.

Følgende rapport fremlægger udviklingen af indeklímaværktøjet, som kommuner kan anvende til at vurdere og prioritere indeklimaindsatser på plejecentre.

Formålet med projektet "Plejecentrenes indeklima" er at kortlægge indeklimaet på landets plejecentre. Derudover udvikles et indeklímaværktøj til kommuner og en guideline, der kvalificerer indeklimaet og giver mulighed for en prioritering af indsatser på landets plejecentre:

- Formål 1: National kortlægning af indeklimaet på plejecentre.
- Formål 2: Guideline til driftspersonale ifm. vurdering af indeklima på plejecentre.

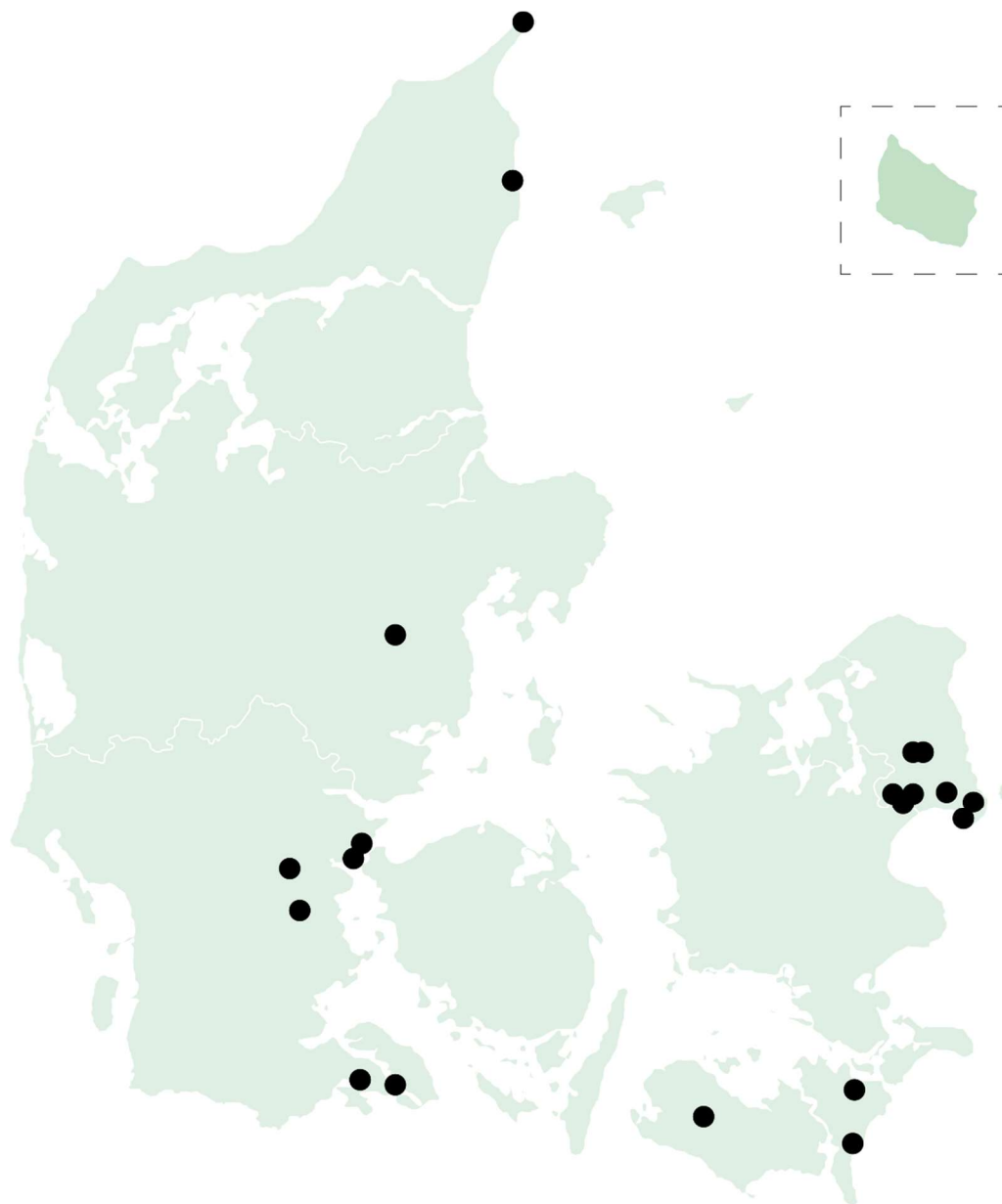
- Formål 3: Udvikle et indeklimaværktøj, som kommuner kan anvende til at vurdere og prioritere indeklimaindsats på plejecentre.

Denne rapport adresserer formål 3. Formål 1 adresseres i [Screening og måling af indeklime på plejecentre](#) og formål 2 i [Kortlægning af adfærd og oplevet indeklime på plejecentre](#).

## Casebygningerne

Der er i projektet besøgt 20 plejecentre fordelt ud på 10 kommuner. Plejecentrene er udvalgt ud fra kriterierne: stor geografisk spredning, forskellige ventilationsforhold og forskellige byggealdre, så der opnås en bred repræsentation af indeklimakvaliteten på de danske plejecentre.

Halvdelen af plejecentrene er besøgt under pilotfasen. Under pilotfasen screenes de lokaler hvori der er foretaget indeklimamålinger, med det formål at afprøve og teste metodikkerne i værktøjet. De resterende 10 plejecentre blev besøgt, og fuldt screenet, efter værktøjet var færdigudviklet og er netop medtaget i projektet som fuldskala tests. Se Tabel 1 for en oversigt over de involverede plejecentre, og hvordan de er inddraget i projektet.



*Figur 1 Placering af de 20 plejecentre repræsenteret i denne rapportering*



Tabel 1. Oversigt over plejecentre og i hvilken del af analysen, de indgår. (x): screenet under pilotfasen, x: fulde bygningscreeninger

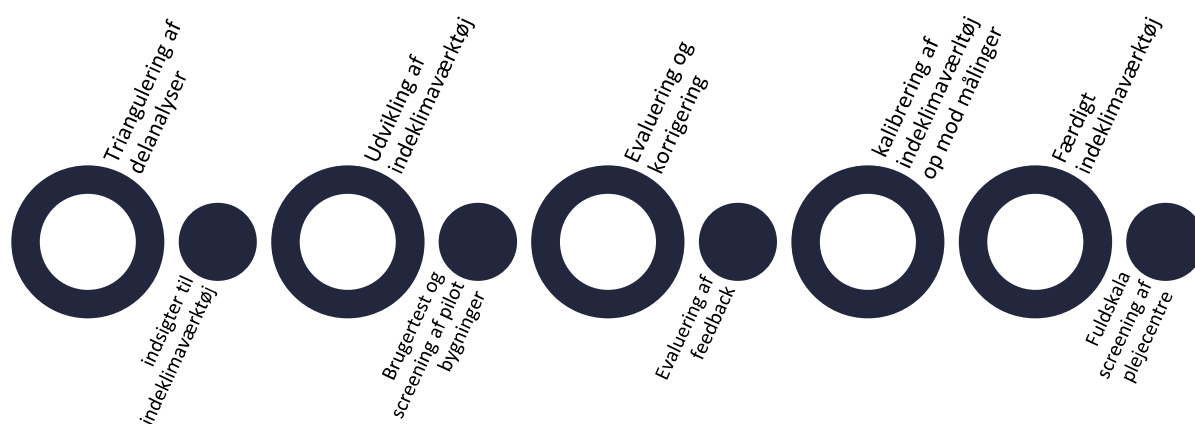
Kommune	Plejecenter	Adresse	Screening	Målinger (TI)	Antropologisk undersøgelse
Fredericia	Othello	Herfordparken 1, 7000 Fredericia, Danmark	(X)	X	
Fredericia	Øster Elkjær	Erritsø bygade 85, 7000 Fredericia, Danmark	X		
Frederikshavn	Ankermedet Plejecenter	Skagavej 132, 9990 Skagen, Danmark	(X)	X	
Frederikshavn	Ældre Kastaniegården	Arenfeldtsgade 20, 9900 Frederikshavn, Danmark	X		
Furesø	Plejecenter Svanepunktet	Paltholmterrasserne 35-38, st., 3520 Farum, Danmark	X		
Furesø	Plejecenter Lillevang	Lillevangenget 1, 3520 Farum, Danmark	(X)	X	
Guldborgsund	Idestrup Plejecenter	Kirkevej 21, 4872 Idestrup, Danmark	X		
Guldborgsund	Plejecenter Præstemarken	Præstemarken 92-104, 4850 Stubbekøbing, Danmark	(X)	X	
Hvidovre	Krogstenshave	Krogstens Alle 49, 2650 Hvidovre, Danmark	(X)	X	X
Høje-Taastrup	Birkehøj Plejecenter	Lindehaven 2, 2630 Taastrup	X		
Høje-Taastrup	Plejecentret Baldersbo	Charlotteager 7, 2640 Hedehusene, Danmark	X		
Høje-Taastrup	Sengeløse Plejecenter	Landsbygaden 4, 2630 Taastrup, Danmark	(X)	X	X
Kolding	Plejecenter Birkebo	Skovvænget 11 A, 6070 Christiansfeld, Danmark	(X)	X	
Kolding	Plejecenter Bertram Knudsenhave	Bertram Knudsens Vej 178, 6000 Kolding, Danmark	X		
Lolland	Blomsterparken	Blomsterparken 70, 4970 Rødby, Danmark	X		X
Lolland	Plejecentret Stokkemarke	Toftevej 64, 4952 Stokkemarke, Danmark	(X)	X	
Sønderborg	Dybbøl Plejecenter	Gammel Aabenraavej 24, 6400 Sønderborg, Danmark	X		
Sønderborg	Hørup Plejecenter	Hørup Bygade 44, 6470 Sydals, Danmark	(X)	X	
Tårnby	Plejecenter Løjtegårdsvej 100	Løjtegårdsvej 100, 2770 Kastrup, Danmark	(X)	X	
Tårnby	Plejecenter Ugandavej 149	Ugandavej 149, 2770 Kastrup, Danmark	X		

# Metodebeskrivelse

For at bygge et indeklimaværktøj er det nødvendigt at indsamle empiri fra forskellige kilder for at sikre, at evalueringsfaktorerne benyttet i værktøjet er baseret på viden om både målt- og oplevet indeklimate på plejecentrene. Der er derfor indhentet indsigter fra de indledende delanalyser i projektet, som bidrager til en trianguleringsanalyse.

På baggrund af trianguleringsens resultater udvikles indeklimaværktøjet, som brugertestes i pilotbygninger. Efter tilpasningen, på baggrund af brugerevalueringerne, kalibreres værktøjet op imod målinger af indeklimakvaliteten på pilotbygningerne. Det færdige værktøj afprøves til sidst i ti fuldskala screeninger af plejecentre, og resultatet præsenteres og afrapporteres. Figur 2 beskriver forløbet for udvikling af indeklimaværktøjet.

I det følgende er metodikken bag de enkelte analyseprocesser beskrevet i dybden.

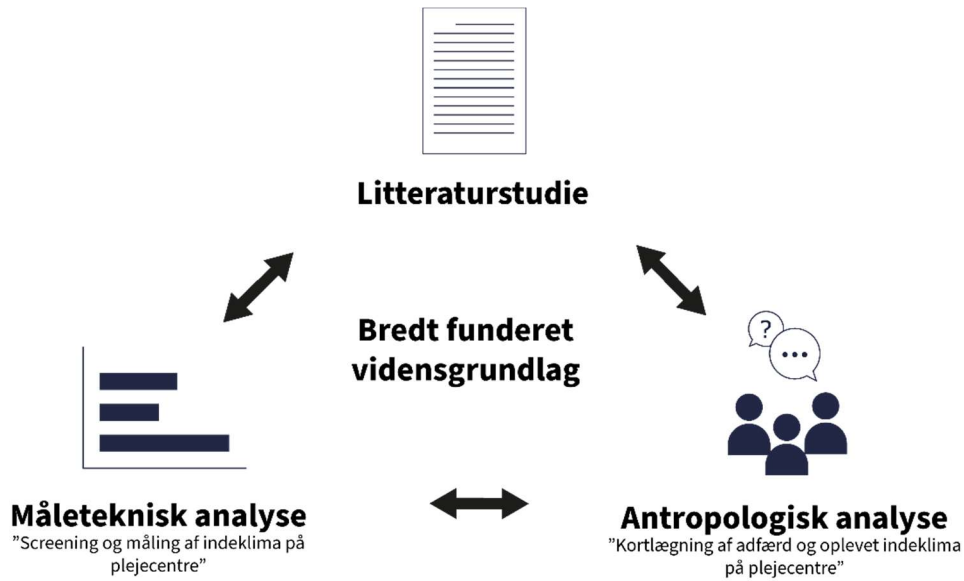


Figur 2. Procesdiagram for udvikling af indeklimaværktøjet

## Triangulering

Værktøjet er bygget på erfaringer indsamlet igennem tre enkeltstående analyser. De tre analyser omfatter en adfærdsanalyse, en teknisk analyse af målte data og et litteraturstudie, som afdækker den tilgængelige viden på området. Erfaringerne fra de tre delanalyser har ved en triangulering bidraget med vidensgrundlaget, der ligger til grund for de parametre, som indeklimaværktøjet vurderer på. Dette sikrer en bred faglig fundering (se Figur 3).

Litteraturstudiet er foretaget som en del af denne rapport og fremgår som en del af trianguleringen i resultatafsnittet. For de to andre analyser, "Screening og måling af indeklimate på plejecentre" og "Kortlægning af adfærd og oplevet indeklimate på plejecentre", foreligger separate rapporter, som detaljerigt forklarer erfaringerne og metodikkerne derfra. Under resultatafsnittet vil konklusionerne af trianguleringen, som ligger til grund for parametrene i indeklimaværktøjet, blive præsenteret.



Figur 3 Triangulering af analyser

#### Antropologisk analyse

Den antropologiske analyse er baseret på kvalitative metoder, hvor 24 interviews er udført på tværs af tre plejecentre, se

Tabel 1. De mange interviews er foretaget med både ledere, driftsansvarlige, driftsmedarbejdere, plejepersonale og beboere og har til formål at afdække bygningsbrugernes holdning til det indeklima, som de til daglig befinder sig i.

De 24 interviews er suppleret med observationer på plejecentrene med det formål at uddybe fremhævede pointer i interviews. Der henvises til den antropologiske rapport "Kortlægning af adfærd og oplevet indeklima på plejecentre" for dybere indsigt i metodikken.

#### Litteraturstudie

Litteraturstudiet er en gennemgang af allerede eksisterende materialer og viden på området. Litteraturstudiet baserer sig på viden fra videnskabelige artikler, nationale videnscentre, gældende lovgivning og erfaringer fra andre undersøgelser. Blogs, sociale medier o.l. er ikke medtaget i litteraturstudiet. Der er opsøgt erfaringer indenfor alle fire primære grene af indeklimaet: atmosfærisk indeklima, akustisk indeklima, visuelt indeklima og termisk indeklima. Der henvises til resultatafsnittet for resultaterne heraf.

#### Måling af indeklima

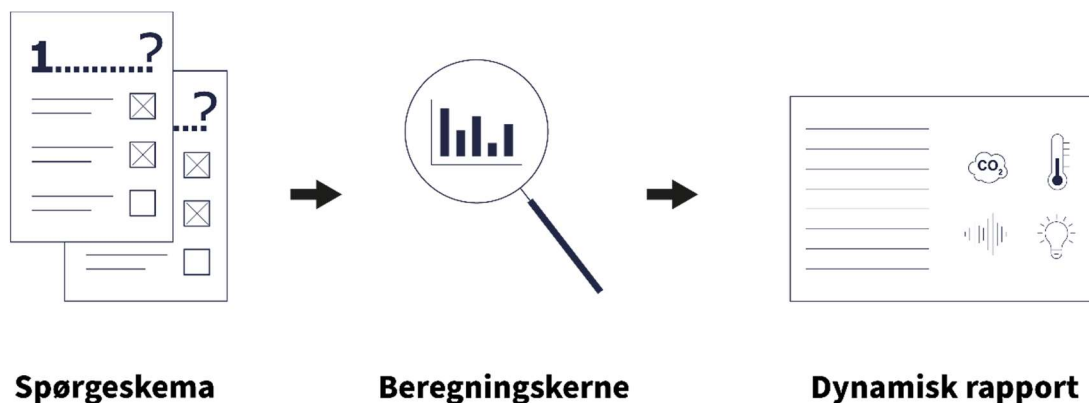
Det målte indeklima omfatter 10 af plejecentrene, hvor der er målt kontinuerligt på henholdsvis temperatur, relativ luftfugtighed, CO<sub>2</sub>-koncentration, luftflowmålinger fra den mekaniske ventilation, partikelkoncentration, belysningsniveau på badeværelserne samt lydtrykniveau og akustiske observationer af blandt andet taleforståelsen. Der henvises til den måletekniske rapport "Screening og måling af indeklima på plejecentre" for dybere indsigt i metodikken herfor.

## Udvikling af indeklímaværktøjet

Trianguleringen af delanalyser har resulteret i en række opmærksomhedspunkter, som udgør fundamentet for de parametre, som indeklímaværktøjet vurderer indeklimakvaliteten på. Selve værktøjet er i pilotfasen afprøvet af tekniske servicemedarbejdere, hvis feedback har bidraget til tilpasningen af værktøjets brugervenlighed (brugertest). Kalibreringen af værktøjets indeklímavurderinger er udført ved at sammenligne resultaterne i pilotbygningerne med indeklimamålingerne i samme lokaler. Ud fra sammenligningen, kalibreres værktøjet til at komme med så korrekte indeklímavurderinger som muligt.

Indeklímaværktøjet er et strategisk værktøj, der på baggrund af en gennemgang af bygningens fysiske rammer kan beregne, hvor der er problemer med indeklimaet og investeringsbehovet til at udbedre disse. Indeklímaværktøjet kræver minimal efterbehandling af data, og produktet er en dynamisk rapport.

Da værktøjet netop er af strategisk karakter, er det udviklet efter et 80/20 princip, hvor hastigheden i screeningsmetodikken har været en tungtvejende parameter, hvor en mindre præcision tolereres til fordel for en højere screeningshastighed. Dette gør, at værktøjet ikke kan medtage alle nuancer af indeklimaet, men er fokuseret på de værste kilder til dårligt indeklima under hvert indeklimaområde.



Figur 4. Indeklimaværktøjets overordnede indhold

Indeklimaværktøjet består af to dele: et spørgeskema, som udfyldes for hvert lokale i plejecenteret, samt en beregningskerne, hvor data bliver behandlet og visualiseret i en dynamisk rapport, se Figur 4.

Værktøjet bygger på en velafprøvet metodik, hvor man på baggrund af objektive observationer i det pågældende lokale kommer med en forudsigtelse om netop det lokales *sandsynlige* indeklimate indenfor områderne akustisk indeklimate, visuelt indeklimate, atmosfærisk indeklimate og termisk indeklimate.

Selve værktøjets beregnings- og visualiseringskerne er bygget i Microsoft Excel og tilgås igennem MS Online. Spørgeskemaet tilgås via et HTML-link og er bygget i Microsoft Forms. Svar fra spørgeskemaet sendes automatisk til beregningskernen via logikker opsat i Microsoft PowerAutomate, se Figur 5.



Figur 5. Illustrerer, hvilke systemer der indsamler og behandler data i forbindelse med indeklimaværktøjet

### Spørgeskema

Spørgeskemaet har til formål at indsamle data på screenede lokaler, så beregningskernen kan udregne den sandsynlige indeklimakvalitet.

Værktøjet skal være uafhængigt af den screenende persons holdning om indeklimate og må derfor ikke bero på subjektive meninger om indeklimate. Dette gøres for at undgå, at faktorer som årstid, vejr, aktuel brug af lokalet og personlige meninger påvirker præcisionen af værktøjet. Spørgeskemaet afdækker derfor primært objektive observationer om de fysiske forhold i lokalerne, da det er disse data, som beregningskernen benytter til at vurdere den sandsynlige indeklimakvalitet. Subjektive spørgsmål findes

dog også som valgfrie spørgsmål i spørgeskemaet, da visse forhold i et lokale lige så godt kan indsamles, når screening foretages – såsom tilstanden af indvendige overflader.

Spørgeskemaet er opbygget i Microsoft Forms og tilgås via et hyperlink hertil på en smartphone eller PC.

Spørgeskemaet udfyldes for hvert eneste lokale, der skal indgå i screeningen. Ved færdiggørelse af et lokale indsendes svar til beregningskernen, hvorefter næste lokale kan screenes.

Spørgeskemaet er på baggrund af [brugertesten](#) og interne refleksioner justeret løbende for at øge brugervenligheden og præcisionen i svarene, der bliver indsendt.

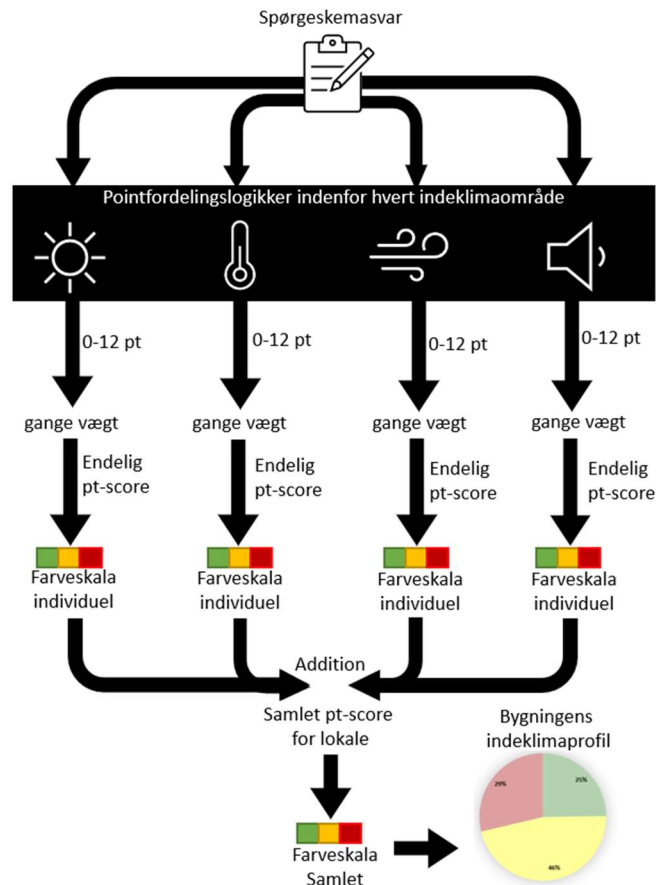
Der henvises til resultatafsnittet [Spørgeskema](#) for mere viden om spørgsmålene og opsætningen af spørgeskemaet.

### Beregningskerne

Beregningskernen er opbygget i Microsoft Excel. Selve spørgeskemaet er koblet op til beregningskernen via Microsoft PowerAutomate, hvilket betyder, at selve beregningen foretages i det øjeblik, der indsendes et svar via spørgeskemaet, hvorfor resultatet kan tilgås sekunder efter, screeningen er overstået.

Selve metoden bag Indeklimaværktøjet kommer fra tidligere udviklede indeklimaværktøjer til skoler og daginstitutioner. I metodikken tildeles point, på baggrund af svarene fra spørgeskemaet, indenfor de fire indeklimaområder: akustisk indeklima, visuelt indeklima, termisk indeklima og atmosfærisk indeklima. Jo flere point et lokale tildeles, des værre er indeklimaet. De fire områders individuelle point multipliceres med en vægtning af det givne indeklimaområde i forhold til de andre områder. Indenfor hvert indeklimaområde findes flere parametre, som bidrager til point indenfor netop det område. Disse parametre genererer forskellige maksimale pointsummer, hvor forskellene er fastsat efter alvorligheden af den pågældende parameter. F.eks. tildeles flere point til lokalet, hvis det har et lavt elektrisk belysningsniveau, end hvis der ingen mulighed er for langt kig ud ad vinduerne. Se mere under resultatafsnittet [Beregningskerne](#).

Summeringen af de fire områders point udgør lokalets samlede indeklimascore. Beregningskernen graderer derefter lokalerne på en rød-gul-grøn skala efter fastdefinerede intervaller indenfor både de enkelte indeklimaområder og indenfor totalscoren. Se Figur 6.



Figur 6. Illustration af beregningsflowet fra modtagelse af svar fra spørgeskemaet til tildeling af samlet farveskala for lokalet

### Brugertest og screening af pilotbygninger

I de 10 plejecentre, hvor der er foretaget målinger, er indeklimaværktøjet benyttet i de samme lokaler, hvori målingerne er taget. Dette er gjort med henblik på en kalibrering af værktøjet (se metodeafsnit for kalibrering af indeklimaværktøjet). Derudover har screeningerne i pilotbygningerne også fungeret som indledende testcase, hvor hele metodikken og hastigheden af besvarelserne kunne evalueres, ligesom brugervenligheden kunne afprøves.

For at sikre brugervenlighed og mindske risiko for fejlindtastninger grundet uklare formuleringer i spørgeskemaet er der udført en brugertest. Brugertesten er udført med det formål at undersøge, hvorvidt spørgeskemaet kan anvendes af andre målgrupper end en tekniker. Testen er udført ved, at de samme lokaler er screenet af en, der kender spørgeskemaet og dets forudsætninger på forhånd, og en, der ikke kender det, men blot får det tildelt og bliver bedt om at screene lokalet sideløbende uden yderligere introduktion.

Brugertesten er gennemført under pilotfasen ved hjælp af teknisk servicepersonale ude på plejehjemmene. I alt deltog fire af plejehjemmenes tekniske servicemedarbejdere i brugertesten.

Efterfølgende er resultaterne sammenholdt for at se, hvor ensrettede de to besvarelser er. Eventuelle afvigelser er drøftet for at afklare, hvilke dele af spørgsmålene der kan virke misledende. Processen er dermed benyttet til at forbedre og uddybe spørgsmålsformuleringerne, så værktøjet også kan benyttes af teknisk servicepersonale.



Ud over viden fra servicepersonalet er der løbende igennem processen screenet en masse lokaler, hvilket også har afdækket uklarheder i spørgsmålene. Denne viden er også benyttet til at korrigere spørgsmålsformuleringerne.

Der henvises til Brugertest under resultatafsnittet.

#### Kalibrering af indeklimaværktøjet

For at sikre, at indeklimaværktøjet vurderer indeklimaet så tæt på det faktiske indeklima, er værktøjets resultater sammenlignet med analyseresultater fra faktiske indeklimamålinger.

Teknologisk institut har målt indeklimaet i repræsentative lokaler i pilotbygningerne i rapporten "Screening og måling af indeklima på plejecentre". Målingerne er en kombination af kontinuerlige målinger (ugelange) og spotmålinger (momentane) foretaget både sommer og vinter. Med indeklimaværktøjet er de samme lokaler screenet, hvorefter resultaterne herfra er sammenlignet med det målte indeklima. Det målte indeklima antages at være en præcis skildring af indeklimakvaliteten, hvorfor der stiles efter, at indeklimaværktøjet konkluderer det samme som ved analyse af målingerne. De steder, hvor datasammenligningerne har udpeget afvigelser imellem de to datasæt, er værktøjets pointgenereringer blevet revideret, så værktøjet har større sammenfald med målingerne. På denne måde kalibreres værktøjet ind til at drage så gode konklusioner som muligt.

Indeklimaværktøjet vurderer dog på langt flere indeklimaparametre, end hvad der er målt på. Det er derfor ikke alle resultater, som kan sammenholdes med målinger. Ved parametre, som skal kvalitetssikres, men hvor der ikke er målte data til rådighed for sammenligning, er der benyttet velkendte beregningsmetodikker (f.eks. Sabines formel til beregning af efterklangstid). For disse parametre er beregningerne også lavet i hånden for at sikre, at beregningskernen regner korrekt.

#### Dynamisk rapport

Den dynamiske rapportering har til formål at skabe overblik over screeningsresultaterne. Det skal være muligt for en bruger at interagere med sine data, så den strategiske prioriteringsproces understøttes på bedste vis. Dette gøres på følgende måder.

- Ved at opdele rapporten i tre overordnede niveauer: lokaleniveau, bygningsniveau og kommuneniveau. Kommuneniveauet danner et overblik over kommunen som helhed samt et overblik over de enkelte bygninger i forhold til hinanden. Bygningsniveauet skaber et overblik over den enkelte bygning som hele og dennes lokaler overfor hinanden. Lokaleniveauet giver et detaljeret overblik over screeningsresultaterne, og hvordan de er fremkommet i det enkelte lokale.
- Inddragelse af økonomiske nøgletal, så man som bruger kan implementere en række standardprojekter i lokalerne og dermed se resulterende indeklimascore og investeringspris.
- Letforståelig skala. Lokalerne får tildelt point alt afhængig af indeklimaforholdende på de fire indeklimaområder. Jo flere point tildelt, jo værre er indeklimaet. På baggrund af pointscoren tildeles lokalet en farvegraduering på skalaen rød-gul-grøn, hvor rød indikerer svære indeklimaproblemer, gul indikerer nogle indeklimaproblemer, og grøn indikerer få, eller ingen, indeklimaproblemer. Skalaen har som mål at være nem at forstå for alle fagligheder.

- Opdatering af screeningsresultater. Screeningsresultater skal kunne opdateres af administrator direkte i platformen. På den måde kan fejlscreeninger rettes, eller udførte renoveringer kan tilføjes.

Der henvises til Dynamisk rapport under resultatafsnittet.

## Fuldskala screening af plejecentre

Efter gennemførelse af pilotfasen- og færdigudvikling af indeklimaværktøjet er der foretaget 10 fuldskalascreeninger af 10 andre plejecentre udover de 10, som deltog i pilotfasen.

Fuldskalascreeningerne er gennemført ved at besøge bygningerne fysisk. Alle lokalevariationer i de pågældende plejecentre er besøgt, hvorefter dubletter er oprettet for lokaler, der er tilsvarende de screenede lokaler. Under screeningen af bygningerne er evt. ombygninger i forhold til gældende plantegninger og lokalenumre noteret på plantegninger, så disse er opdaterede i forhold til de screenede forhold.

Spørgeskemaet er lavet, så kommunens egne driftsmedarbejdere selv kan udfylde det. Det betyder, at kommunen ikke nødvendigvis behøver at købe en rådgiver til at screene alle plejecentrene – de kan gøre det selv, hvis der afsættes intern tid til det.

Ved at lade driftsmedarbejdere overtage screeningsrollen kan screeningerne indgå som en del af servicemedarbejderens almindelige arbejdsgang ved beboerskifte. På den måde forstyrres dagligdagen mindst muligt for beboerne, og tidligere, i screeningen, kopierede lokaler bliver langsomt opdateret til at være verificerede lokaler. At kommunens egne ansatte selv kan foretage screeningen, gør også den økonomiske omkostning meget favorabel. En konsulent skal naturligvis betales for at udføre screeningerne, og selvom omkostningen herved er langt under prisen for en komplet analyse af det målte indeklima, er det stadig en udgift som kan spares væk ved selv at screene. Ud over fordelene ved ikke at bringe en mulig forstyrrelse, ved eksterne konsulenter, ind i beboernes hverdage er der også en styrke i at bygningsgennemgangen af indeklimastanden bliver forankret ved driftspersonalet og er med til at skabe opmærksomhed omkring indeklimaet i hverdagen.

Resultaterne fra fuldskalascreeningerne kan findes i [resultatafsnittet](#).

# Resultater

I dette afsnit gennemgås resultaterne af trianguleringen, som afdækker de parametre indeklimaværktøjet bruger til at vurdere indeklimakvaliteten. Ligeledes præsenteres selve indeklimaværktøjet med tilhørende resultater fra brugertest, kalibrering og fuldskalascreeninger af 10 plejecentre.

## Triangulering

Resultaterne fra de tre delanalyser er kort opsummeret i punktform for hver af de fire indeklimateområder: atmosfærisk, termisk, visuelt og akustisk indeklimate.

### Atmosfærisk indeklimate

I dette afsnit er de tre delanalyser sammenholdt med indsigter gældende for det atmosfæriske indeklimate. Alle indsigter er opsummeret i den afsluttende tabel, se Tabel 2.

Efter granskning af litteraturen på området er det tydeligt, at det atmosfæriske indeklimate er meget vigtigt for ældres sundhed og velvære. I et studie af Wolkoff P.<sup>ii</sup> undersøges sammenhængen mellem luftfugtigheden inden døre og det oplevede indeklimate med tilhørende sundhedseffekter. Studiet fremhæver, at en øget luftfugtighed kan have en positiv effekt på det oplevede indeklimate og reducere gener med tørre øjne, men at en lav luftfugtighed ikke nødvendigvis er en kilde til øget irritation i luftvejene. I endnu et studie af Wolkoff P.<sup>iii</sup> fremhæves det, at fx tørre øjne, som følger af lav luftfugtighed, yderligere kan forværres ved tilstedeværelsen af indendørs luftforurening, der generer det beskyttende slimlag i luftveje og øjetårefilm, og at det er herfra den egentlige irritation kommer fra. Klager over "tør luft" kan derved indirekte bruges som indikator for, at der er generende luftforurening til stede. Generne forstærkes med alderen, brug af medicin og ved lav indendørs luftfugtighed samt stearinlys og rygning på stuerne.

Både Wolkoff P.<sup>iv</sup> og Shaman J. et al.<sup>v</sup> indikerer, at en lav absolut luftfugtighed fremmer overførsel og overlevelse af influenzavirus, men også at det er komplekst og afhænger af den enkelte virustype. I en artikel fra C. C. Wang et al.<sup>vi</sup> har WHO desuden anerkendt, at luftbåren spredning af virus er den dominerende måde, hvorved virussen COVID-19 spreder sig på. Når en virus som COVID-19 spredes via luften, foregår det ved, at man inhalerer aerosoler indeholdende viruspartikler, som kan holde sig luftbårne i længere perioder og dermed transporteres langt væk fra smittebæreren. Hvor langt væk partiklerne spredes afhænger af luftflow og af størrelsen på aerosolerne. Størrelsen af aerosolerne afhænger alene af luftfugtigheden i det omgivende miljø. Et studie af Wargocki P. et al.<sup>vii</sup> konkluderer, at højere luftfugtighed rigtig nok reducerer risikoen for spredning af influenzavirus, men risikoen for smittespredning af COVID-19 stiger omvendt med stigende luftfugtighed. Studiet undersøger desuden også effekten af at øge luftsiftet på smittespredningen. Her konkluderes det, at en stigning fra  $0,5 \text{ h}^{-1}$  til  $2,0 \text{ h}^{-1}$  har en dominerende effekt på reduktion af smittespredning på alle de undersøgte vira, på nær influenza, og at hæve luftsiftet til  $6 \text{ h}^{-1}$  vil have en dominerende effekt på alle de undersøgte vira.

En undersøgelse foretaget af Bentayeb, M. et al.<sup>viii</sup> fremhæver, at ældre er særligt følsomme overfor luftbåren forurening fra kilder som rygning og stearinlys. Selv lave niveauer (langt under gældende grænseværdier) af partikler og visse VOC'er (flygtige organiske forbindelser) er forbundet med helbredsproblematikker, særligt i luftvejene.

En artikel af Jensen, K. E.<sup>ix</sup> nævner, at ventilationsanlæg, der er opført efter bygningsreglementet gældende i 1999, er dimensioneret med en større luftmængde end i dag, og at det kan resultere i en lav luftfugtighed og følgesymptomer såsom tørre slimhinder, tørre øjne og statisk elektricitet.

I rapporten "Screening og måling af indeklima på plejecentre" er der udført punktmålinger af luftstrømmen i badeværelsesudsugning. I 41% af de målte boliger var disse enten under- eller overventilerede, og det varierer også internt på plejehjemmene om de er det ene eller andet. Dette peger i retning af manglende indregulering af ventilationen.

Målingerne viser, at CO<sub>2</sub>-koncentrationen i boligerne og fællesområder generelt ligger under anbefalingen på 1000 ppm, men at der er peak-perioder på samtlige plejecentre – med undtagelse af et enkelt med balanceret ventilation på værelserne – hvor grænseværdien overskrides. På baggrund af målingerne konkluderes det dog, at der ikke er tendenser til problemer med høje CO<sub>2</sub>-koncentrationer på plejecentrene.

Der er desuden lavet spotmålinger af indendørs partikelkoncentration i lokalerne. Målingerne viser, at partikelkoncentrationen generelt var lav, men højest i de lokaler der lugtede af røg, urin eller rengøringsmidler.

Over en uge om sommeren og en uge om vinteren er den relative luftfugtighed målt. Målingerne viser at der ingen problemer er med den relative luftfugtighed om sommeren, mens der om vinteren flere steder er problemer med lave relative luftfugtigheder, som kommer væsentligt under minimumsanbefalingen på 30%.

I den antropologiske analyse, som er foretaget på tre plejecentre, belyses det, at personalet oplever gener fra for lav relativ luftfugtighed. Personalet forsøger selv at imødekomme generne ved at sætte vandbeholdere på radiatorer og sætte vaser med vand i vindueskarme. Personalet oplever, at de ældre hurtigt oplever trækgener ved naturlig ventilation. Det gør det, specielt i vinterhalvåret, problematisk at anvende naturlig ventilation. Ved rygning i boligerne er det beboerens eget ansvar at lufte ud 30 minutter før, der kommer plejepersonale. Dette glemmes dog ofte, og det er derfor plejepersonalet, der må lufte ud, når de ankommer, og beboerne, der oftest lukker vinduerne pga. trækgener. Dette medfører, at personalet skal udføre deres arbejde i lejligheder med stor partikelkoncentration. De sensoriske lugtgener fra urin, sygdomsforløb, rygning og parfumer er en generel problematik, som plejepersonalet forsøger at imødekomme med lokale luftrensere.

De tre separate studier peger overvejende på de samme problemer med det atmosfæriske indeklima, men kommer med forskellige nuancer. Litteraturstudiet fremhæver, at særligt ældre er følsomme overfor luftforurenede stoffer, der kan føre til blandt andet tørre øjne og svælg. Det er derfor specielt vigtigt at bortventilere disse stoffer. Da ældre også hurtigere føler træk, vanskeliggør det naturlig ventilation; personalet oplever især problemerne ved, at beboerne hurtigt lukker for vinduerne. Effekten heraf er, at det er nødvendigt at have mekanisk ventilation for både at imødekomme behovet for at reducere luftforurenede stoffer og minimere trækgener. Rapporten "Screening og måling af indeklima på plejecentre", som bl.a. måler CO<sub>2</sub>-koncentration, viser, at CO<sub>2</sub>-koncentrationen i plejecentre ikke er at finde i problematiske koncentrationer. CO<sub>2</sub>-koncentrationen anvendes som indikator for et ringe indeklima, men det bør diskuteres, om den i tilfælde af lav personbelastning i plejecentrene er den rette indikator at anvende. I den antropologiske analyse fremhæver personalet lugtgener såsom urin, parfumer, rengøringsmidler og rygning – forureningskilder, som ifølge litteraturstudiet er forbundet med sensorisk irritation og helbredsproblematikker for ældre.

Den mekaniske ventilation på plejecentre er ifølge litteraturstudiet flere steder overdimensioneret, og på baggrund af studiet over målt indeklima fremgår det, at luftmængderne kan variere meget, selv internt på plejehjemmene, og at anlæggene i flere tilfælde ikke er indreguleret tilstrækkeligt. Fra rapporten "Screening og måling af indeklima på plejecentre" indikeres også, at flere af plejecentrene har lave luftfugtigheder.

Luftfugtigheden på plejecentre er udfordret på baggrund af, at de ældre har en højere komforttemperatur, er stillesiddende, og at der ikke bliver produceret væsentlige vanddampe fra fx køkken for at kompensere for det høje luftskifte, der specielt i opvarmningssæsonen kan give lave luftfugtigheder.

Det er derfor vigtigt at indeklimaværktøjet kan screene for ventilationsløsninger. Værktøjet skal både kunne afklare om mekanisk ventilation er til stede, og hvor godt det i givet fald virker med henblik på at sikre et basisluftskifte og minimere luftforurening.

Tabel 2. Triangulering – Atmosfærisk indeklima (Fed markering af bullet betyder, at den skal håndteres som parameter i værktøjet. Ikke fed betyder, at den ikke bliver håndteret)

<b>Atmosfærisk indeklima</b>	
<b>Litteraturstudiet</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Luftforurening er en vigtig parameter i forbindelse med gener fra "tør luft"</b></li> <li>• <b>Alder, medicin og lav luftfugtighed kan forstærke gener fra "tør luft"</b></li> <li>• <b>lav absolut luftfugtighed kan fremme overførsel og overlevelse af vira.</b></li> <li>• <b>Ældre er særligt udsatte for luftbåren forurening; selv lave niveauer er forbundet med helbredsproblematikker.</b></li> <li>• <b>Ældre ventilationsanlæg kan være overdimensionerede og resultere i en reduceret luftfugtighed.</b></li> </ul>
<b>Måleteknisk studie</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Lav luftfugtighed er en problematik, der giver gener specielt om vinteren.</b></li> <li>• <b>Manglende indregulering af ventilationsanlæg der resulterer i over- og underventilering.</b></li> <li>• <b>CO<sub>2</sub>-koncentration ikke problematisk.</b></li> </ul>
<b>Antropologisk studie</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Beboer oplever hurtigt trækgener ved naturlig ventilation og lukker derfor hurtigt vinduerne; der luftes derfor primært ud, når beboeren er andetsteds, og det derved generer mindst muligt.</b></li> <li>• <b>Der opleves problematikker med tung luft og sensoriske lugtgener fra fx urin, rygning, sygdomsforløb og parfumer, der forsøges imødekommet med lokale luftrensere.</b></li> <li>• <b>Det er beboernes ansvar at lufte ud 30 minutter før, der kommer plejepersonale, hvis der ryges i boligerne. Dette glemmes dog oftest, og det er derfor plejepersonalet, der gør det, når de kommer.</b></li> </ul>

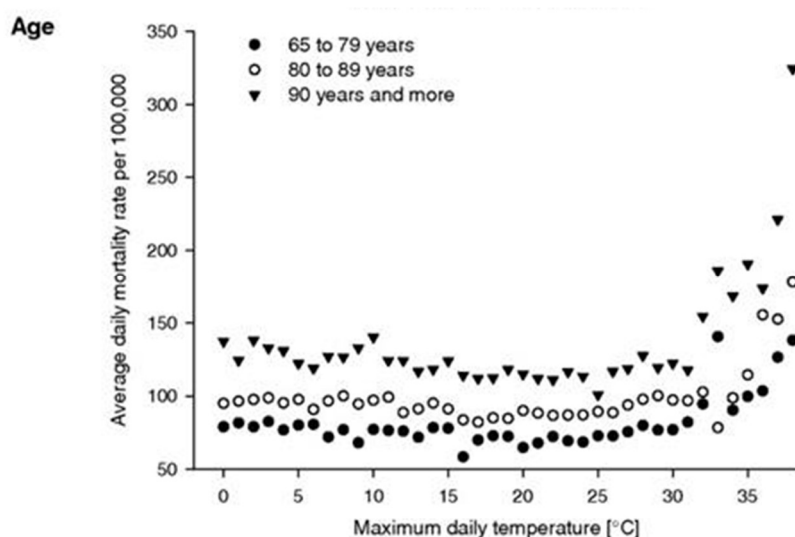
#### Termisk indeklima

I dette afsnit er de tre delanalyser sammenholdt med indsigter gældende for det termiske indeklima. Alle indsigter er opsummeret i den afsluttende tabel, se Tabel 3.

En artikel af Sørensen A.<sup>x</sup> bygger på en undersøgelse af, hvorvidt Fangers komfortligning er gældende for den ældre beboer. Studiet belyser, at stofskiftet falder med alderen, hvilket resulterer i, at ældre naturligt producerer mindre varme. Samtidig er plejehjemsbeboere oftere stillesiddende. Disse forhold resulterer i en høj komforttemperatur. Personalets komforttemperatur afviger fra de ældres, da disse typisk er yngre og har et højere stofskifte, men også et væsentligt højere aktivitetsniveau. Studiet undersøger komforttemperaturen for ældre på baggrund af tre metodikker: beboerens konkrete stofskifte, Fangers komfortligning og en modificeret udgave, hvor der er taget højde for den lavere varmeafgivelse. Undersøgelsen viser, at komforttemperaturen for den ældre beboer ligger i intervallet 23,7 °C – 26,2 °C. Studiet konkluderer, at både beboere og personale bør være i komfort ved en indetemperatur i intervallet 22,2 °C – 23,5 °C, men at det kræver nærmere undersøgelser.

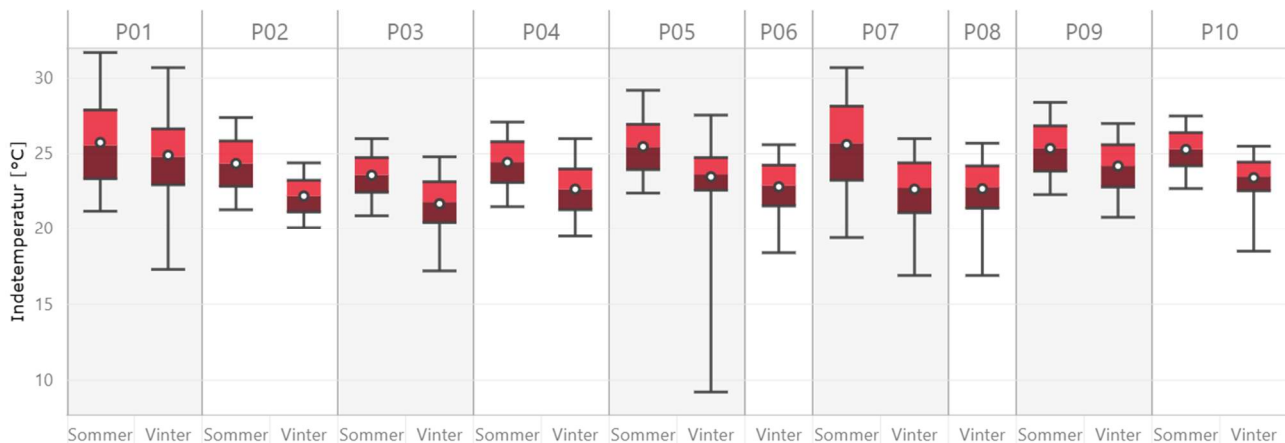
I en rapport fra Styrelsen for Social Service<sup>xi</sup> belyses det, at ældre er mere modtagelige overfor trækgener.

I Manualen for indretning af plejecentre fra Sundheds- og Omsorgsforvaltningen i Københavns Kommune<sup>xii</sup> understreges det, at ældre mennesker har svært ved at regulere varmen og derfor tåler varmen meget dårligt. I et andet studie fra Klenc J. et al.<sup>xiii</sup> konkluderes det, at for høje temperaturer øger risikoen for overdødelighed blandt ældre. Overdødelighedsraten (antal dødsfald pr. dag relateret til referenceår) stiger ved temperaturer over 30 °C.



Figur 7. Dagligt døde i forhold til alder og maksimumtemperatur. Kilde: Klenc J. et. al.

I rapporten “Screening og måling af indeklima på plejecentre” af indeklimaet fremgår det, at der i boligerne er en gennemsnitstemperatur om sommeren på 25,2 °C og om vinteren på 23,1 °C. I kontorer og fællesområder er der om sommeren målt en gennemsnitstemperatur på 24,8 °C og om vinteren 23,8 °C. I rapporten er der på trods af en kort måleperiode på ca. en uge i juni-august registeret mange timer med temperaturer over 27 °C og 28 °C på flere af plejecentrene og enkelte målinger over 30 °C. Af Figur 8 fremgår temperaturmålingerne på plejecentrene.



Figur 8. Temperaturmålinger fra rapporten “Screening og måling af indeklime på plejecentre”

I den antropologiske analyse fremhæves det, at der opleves en forskel på beboernes komforttemperatur og plejepersonalets komforttemperatur. Den almene holdning er dog, at personalet er der på beboernes præmisser og derfor tilpasser sig ved at have forskellig arbejdsbeklædning og derved mulighed for selv at regulere komforttemperaturen efter behov. Rapporten belyser ydermere, at det er personalet, som primært åbner vinduer for at få luftet ud, mens beboerne hurtigt er generet af trækgener og derfor lukker vinduerne.

De tre separate studier peger til dels på de samme problemer med det termiske indeklime, hvor særligt de forskellige krav til komforttemperaturen for beboer og plejepersonale fremhæves. Plejepersonalet er generelt imødekommende overfor at møde beboerne og deres behov og regulere deres beklædning efter temperaturforholdene. Fra rapporten “Screening og måling af indeklime på plejecentre” fremgår det, at temperaturen i plejecentrene generelt ligger inden for komfortniveauet, men også at der flere steder er temperaturer over 27 °C og 28 °C.

De ældre er specielt udsatte for trækgener, blandt andet på grund af den lavere blodgennemstrømning. Personalet oplyser, at de har udfordringer med at ventilere tilstrækkeligt, da beboerne i mange tilfælde vil lukke vinduerne hurtigt pga. trækgener.

Det er derfor vigtigt, at værktøjet tager højde for, at personalet har mulighed for at justere beklædningen, men samtidig også kortlægger mulige kilder til trækgener og overtemperatur.

Tabel 3. Triangulering – Termisk indeklime (Fed markering af bullet betyder, at den er valgt som parameter i værktøjet. Ikke fed betyder, at den ikke er valgt)

<b>Termisk indeklime</b>	
<b>Litteraturstudiet</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Der er en forskel i komforttemperaturen for plejepersonalet og beboerne.</li> <li>• <b>Ældre tåler varmen dårligt, da de har svært ved at regulere denne.</b></li> <li>• <b>Ved temperaturer over 30 °C er der en overdødelighed på 18%.</b></li> <li>• <b>Ældre er specielt udsatte for trækgener grundet en lavere blodgennemstrømning.</b></li> </ul>
<b>Måleteknisk studie</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Komforttemperaturen for beboeren er generelt overholdt, mens komforttemperaturen for personalet er overskredet.</li> </ul>



	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Der er i måleperioden målt indendørs temperaturer på over 27 °C og 28 °C grundet ekstern varmepåvirkning.</b></li> </ul>
<b>Antropologisk studie</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Beboerne oplever ofte trækgener ved naturlig ventilation og lukker derfor vinduerne.</b></li> <li>• <b>Personalet tilpasser sig beboernes behov ved at regulere beklædningen.</b></li> </ul>

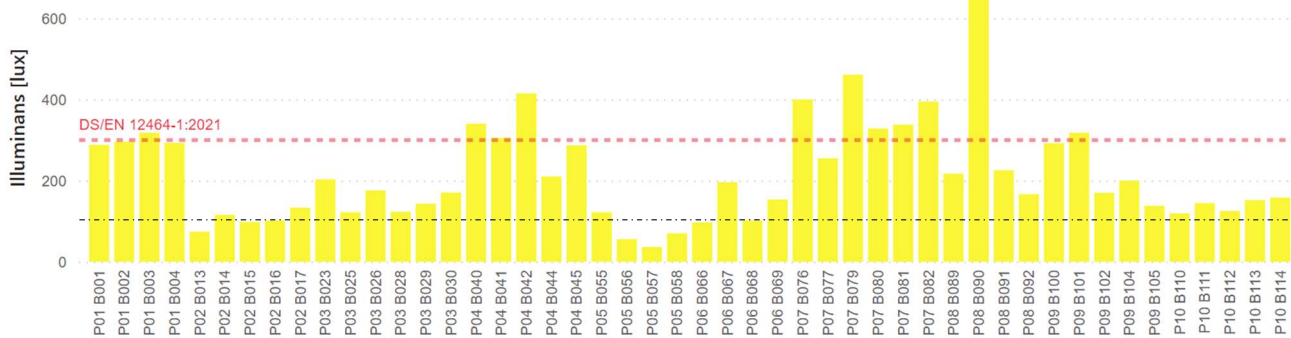
#### Visuelt indeklima

I dette afsnit er de tre delanalyser sammenholdt med indsigter gældende for det visuelle indeklima. Alle indsigter er opsummeret i den afsluttende tabel, se Tabel 4.

I en manual for indretning af plejecentre udarbejdet af Sundheds- og Omsorgsforvaltningen i Københavns Kommune<sup>xiv</sup> fremgår det, at ældre mennesker har behov for mere lys end yngre mennesker – en 60-årig har brug for 6 gange så meget lys som en 20-årig. Det øgede lysbehov skyldes, at vores linser med årene bliver hårdere og mere gullige og deraf lukker mindre lys ind. Der anbefales mellem 300 og 500 lux i entreer, gange og trapper og op til 750 lux i arbejdsområder ved inspektion af syge, såsom sengebelysning. Den almindelige belysning på badeværelser bør være 300 lux, mens den ved badeværelsesspejl anbefales at være på 300-500 lux. Lyset skal have en høj farvegengivelse for at tydeliggøre kontraster, men samtidig skal for store kontraster på gulve mellem rum undgås, da det kan opleves som niveauforskel. Ud over krav til lyskilder sætter opmærksomheden på kontraster krav til vægfarver og materialevalg for indvendige overflader.

I rapporten “Bedre lys til ældre borgere”<sup>xv</sup> belyses det også, at døgnrytmen bl.a. bliver påvirket af lysets udvikling i farvetemperatur over døgnet. Dagslys er derfor den bedste lyskilde, men for særligt ældre, der har nedsat dagligt aktivitetsniveau og opholder sig mest inden døre, er den elektriske belysningskvalitet vigtig, da denne kan hjælpe med at styrke det indre ur. Et kraftigt lys med en høj farvetemperatur vil øge aktivitetsniveauet og den generelle opmærksomhed med blandt andet en nedsat risiko for faldulykker til følge. Et dæmpet lys med lav farvetemperatur øger træthedsfølelsen og gør det nemmere at falde til ro. Med et ekstra fokus på tilstrækkelig belysning kan man minimere faldulykker og samtidig forbedre døgnrytmen. Det er dog vigtigt at være opmærksom på blændingsrisikoen fra lyskilderne, der grundet deres kraftige og kølige lys nemt kan virke generende. I rapporten “Bedre lys til ældre borgere” er der foretaget en evaluering af, hvad både personalet og borgere synes om den skiftende farvetemperatur ved den dynamiske belysning og øget lysstyrke. Generelt var der en positiv indstilling til belysningen, men der er et behov for at sikre, at der er tilstrækkelig information og viden om de mange anvendelsesmuligheder af lyset i hverdagen. Det er vigtigt, at belysningen tilpasses både den enkelte borgers ønsker og behov og samtidig kan sætte rammerne for personalets arbejdsplads. Dagslys er også en kilde til blænding, som bør kunne håndteres. Det skal være muligt at benytte indvendig afskærmning som middel mod blænding.

Hvad angår det visuelle indeklima, fremgår der i rapporten “Screening og måling af indeklima på plejecentre” en oversigt over luxniveauerne på badeværelserne. Her fremgår det, at 82% af de målte badeværelser har mindre end minimumsanbefalingen på 300 lux i arbejdsområderne såsom håndvask og toilet. På baggrund af tidligere nævnte anbefalede lysniveauer, er lux-niveauerne altså overvejende mangelfulde på badeværelserne. Som det fremgår af Figur 9, er der flere af badeværelserne, som har mindre end 100 lux.



Figur 9. Målinger af lys niveauet (lux) på plejecentrenes badeværelser fra rapporten “Screening og måling af indeklime på plejecentre”

I den antropologiske analyse fremhæves det, at beboerne i stort omfang selv har ansvar for at medbringe elektrisk belysning. Hvis fast belysning er installeret, er det typisk kun i forbindelse med et evt. tekøkken eller på badeværelserne. Personalet oplyser, at beboerne bruger meget tid i boligerne og derfor betyder det noget, at de har et godt udsyn til verden udenfor.

De tre studier fremhæver mange af de samme problemer med det visuelle indeklime. En central del er et alsidigt behov for elektrisk belysning – både for at minimere faldulykker, styrke beboerens døgnrytme og for at sikre tilstrækkelig arbejdsbelysning for personalet. Fra rapporten “Screening og måling af indeklime på plejecentre” fremgår det af målingerne af lysniveauet på plejecentrenes badeværelserne, at der de fleste steder er mangelfuld belysning, og den antropologiske analyse fremhæver, at der på plejecentrene kun sjældent er adgang til arbejdsbelysning over senge.

De høje anbefalede lysmængder øger risikoen for blænding og sætter derfor krav til udformning og placering af belysningsarmaturer. Det er derfor vigtigt, at indeklimeværktøjet tager højde for både kvaliteten af den elektriske belysning, og om der er risiko for blænding fra både dagslys og elektrisk belysning. Når det kommer til blænding, bør mulighed for indvendig afskærmning for dagslyset også være dækket af værktøjet.

Udsigten bliver i både litteraturstudiet og i den antropologiske analyse fremhævet som værende meget vigtig for de ældres trivsel og bør derfor også adresseret af værktøjet.

Tabel 4. Triangulering – Visuelt indeklime (Fed markering af bullet betyder, at den er valgt som parameter i værktøjet. Ikke fed betyder, at den ikke er valgt)

Visuelt indeklime	
Litteraturstudiet	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>En 60-årig har brug for op til 6 gange så meget lys som en 20-årig.</b></li> <li>• <b>Der anbefales op til 750 lux i arbejdsområder ved sengebelysning</b></li> <li>• <b>Der anbefales mellem 300- 500 lux på badeværelser.</b></li> <li>• <b>Ældre er meget følsomme overfor blænding hvilket stiller krav til belysningsarmaturer og indvendig solafskærmning.</b></li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Høj farvegengivelse i belysningskilder er vigtigt at prioritere for at tydeliggøre kontraster.</li> <li>• Kontraster på gulvet som følge af lys niveauer eller gulvmateriale bør undgås, da det kan øge risiko for faldulykker.</li> <li>• <b>Døgnrytmestyret lys er vigtigt for at fastholde døgnrytmen; især blandt dem, der har nedsat aktivitetsniveau og opholder sig meget inden døre.</b></li> <li>• Det er vigtigt, at både personale og beboer har tilstrækkelig viden om lysets anvendelsesmuligheder.</li> <li>• <b>Udsynskvalitet samt muligheden for at følge solens gang er vigtigt, da de ældre bruger megen tid i hjemmene.</b></li> </ul>
<b>Måleteknisk studie</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>82% af badeværelserne har mindre end 300 lux i arbejdsområderne.</b></li> <li>• <b>Det er primært beboernes egen belysning i værelserne, mens der nogle gange er opsat permanent belysning på badeværelserne.</b></li> </ul>
<b>Antropologisk studie</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Beboerne har ansvaret for den elektriske belysning i boligerne.</b></li> <li>• <b>I nogle tilfælde er der installeret fast belysning som en del af bygningsdesignet – evt. i tekøkkener.</b></li> </ul>

#### Akustisk indeklime

I dette afsnit er de tre delanalyser sammenholdt med indsigter gældende for det akustiske indeklime. Alle indsigter er opsummeret i den afsluttende tabel, se Tabel 5.

I patienthåndbogen af Holmelund M.<sup>xvi</sup> fremgår det, at ca. 64% af alle over 80 år har nedsat hørelse. Fra "Akustik guiden" fra ECOPHON<sup>xvii</sup> bliver myndighedskravene til akustikken i forskellige bygninger gennemgået i henhold til BR18 og den supplerende vejledning fra SBI-anvisning 258. For plejecentre anbefales det, at fællesrum sidestilles med fællesrum på en skole ( $T \leq 0,4$  sek.). Det anbefales, at plejeboliger sidestilles med sengestuer på hospitaler ( $T \leq 0,6$  sek.) og gangarealer ( $T \leq 0,9$  sek.) i frekvensområdet 250-4.000 Hz. Yderligere fremgår det, at høje niveauer af baggrundsstøj og lange efterklangstider reducerer taleforståeligheden og gør det svært at deltage i samtaler, hvilket kan føre til en reduktion af social interaktion, stress, ensomhed og isolation.

Fra Nationalt Videnscenter for Demens<sup>xviii</sup> fremgår det, at demente ofte er udfordret på evnen til at bearbejde sensoriske stimuli. Stimuli skal forstås som perception igennem sanserne – deriblandt høresansen. Sanserne skal stimuleres jævnlige, men en overvældelse af sanseindtryk kan føre til stress, uro og aggressioner.

Rapporten "Screening og måling af indeklime på plejecentre" fremlægger spotmålinger af baggrundslydniveauerne i plejecentrene samt en subjektiv vurdering fra erfaren fagperson på taleforståelighed og efterklangstid. Resultaterne viser, at ventilationssystemerne i flere tilfælde var årsagen til baggrundsstøj – oftest som følge af mangelfuld indregulering. Målingerne viser, at ud af 20 målinger, fordelt på tre plejehjem, er lydtrykniveauerne højere, end hvad grænseværdien på 30 dB(A) tillader i fire lokaler, og at halvdelen af lokalerne har et baggrunds-lydtrykniveau imellem anbefalingen på 25 dB(A) og grænseværdien på 30 dB(A).

Vurderingen af efterklangstiden i boligerne er i enkelte tilfælde vurderet utilstrækkelig grundet sparsom møblering og fraværet af lydabsorberende materialer på lofter og vægge. På badeværelserne afhænger det igen kraftigt af møbleringen, mængde af møbleringsgenstande og håndklæder, da disse typisk er uden lydabsorbenter. I fællesområderne er der en stor variation i mængden af lydabsorbenter, og der kan derfor ikke siges noget generelt om disse områder. Det vurderes, at der i de fleste lejligheder er en tilstrækkelig taleforståelighed pga. møbleringen, mens den på badeværelserne kan være utilfredsstillende grundet den lange efterklangstid.

I den antropologiske analyse fremhæver personalet typiske støjkloder:

- Hørehæmmede beboere, der taler meget højt og skruer højt op for TV.
- Demente med pludselige udbrud og råb.
- Støj fra gangene. Beboerne regulerer dog selv dette ved at åbne og lukke dørene, hvis det bliver for meget.

Til gengæld fremhæves det, at støj ikke kun er negativt. Det nævnes, at beboerne nyder lyden af blandt andet en børnehave, der ligger ved siden af et af plejecentrene.

De tre studier bidrager med forskellige indsigter i problemer med det akustiske indeklime. Særligt beboernes skærpede behov som følge af nedsat hørelse er en væsentlig parameter. Det akustiske miljø skal derfor tilbyde en god taleydighed for at reducere akustiske overstimuli i særligt demensafdelinger. God taleydighed opnås bl.a. ved en lav efterklangstid, som kan opnås med akustiske absorbenter. Fra den måletekniske rapport, "Screening og måling af indeklime på plejecentre", fremgår det, at teknikerens estimerede efterklangstid er meget afhængig af beboerens inventar. Inventarer er en variabel, som er forskellig fra beboer til beboer. Indeklimaværktøjet bør kun tage udgangspunkt i fast inventar for at sikre det gode akustiske indeklime uafhængigt af beboerens inventar.

Tabel 5. Triangulering – Akustisk indeklima (Fed markering af bullet betyder, at den er valgt som parameter i værktøjet. Ikke fed betyder, at den ikke er valgt)

	<b>Akustisk indeklima</b>
<b>Litteraturstudiet</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>64% af alle over 80 år har nedsat hørelse.</b></li> <li>• Høj baggrundsstøj kan medføre stress, uro og aggression.</li> <li>• <b>En reduceret taleforståelighed gør det svært at deltage i samtaler og kan føre til reducere af social interaktion, ensomhed og isolation.</b></li> </ul>
<b>Måleteknisk studie</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 20% af målingerne foretaget for baggrunds-lydtrykniveauet overskrider grænseværdien på 30 dB(A), mens 70% overskrider anbefalingen på 25 dB(A).</li> <li>• <b>Vurderingen af efterklangstiden i boligerne afhænger meget af mængden af inventar, da der typisk ikke er akustiklofter eller vægabsorbenter i boligerne. Det samme gælder for badeværelserne. Fællesområderne varierer meget, og der kan ikke siges noget generelt.</b></li> <li>• <b>Vurderingen af taleforståeligheden er ligeledes meget afhængig af mængden af beboernes inventar i lejlighederne og vurderes generelt utilfredsstillende på badeværelserne. Fællesområderne varierer meget, og der kan ikke siges noget generelt.</b></li> </ul>
<b>Antropologisk studie</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Der opleves støj primært som høj tale fra beboer, højt tv og råb fra demente. Beboerne regulerer selv støj fra gangene ved at lukke døren.</li> <li>• “Støj” fra børnehaven opleves af beboerne som positiv.</li> </ul>

Fra ovenstående gennemgang af de tre analyser – litteraturstudie, måleteknisk studie og den antropologiske analyse – er der i følgende tabel opsummeret, hvad indeklimateknikken skal adressere for at belyse det holistiske indeklima på plejecentre.

Tabel 6. Opsummering fra triangulering om, hvad værktøjet skal adressere

	<b>Hvad skal værktøjet adressere</b>
<b>Atmosfærisk indeklima</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vurdere ventilationsløsning</li> <li>• Risiko for partikler og dårlig luftkvalitet</li> <li>• Tilstrækkelighed og manglende indregulering af mekanisk ventilation</li> </ul>
<b>Termisk indeklima</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tendens til overtemperatur</li> <li>• Vurdering af risiko for trækgener</li> <li>• Komforttemperatur og personalets mulighed for at tilpasse beklædning</li> </ul>
<b>Visuelt indeklima</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Arbejdsbelysningens tilstrækkelighed, som tager forbehold for lokalets funktion</li> <li>• Risiko for blænding fra belysningsarmaturer og dagslys</li> <li>• Udsynskvalitet</li> </ul>
<b>Akustisk indeklima</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Taleforståeligheden og absorbenters tilstrækkelighed ift. krav til efterklangstid baseret på lokaletype</li> </ul>

## Indeklimaværktøj

Det færdige Indeklimaværktøj består, som tidligere nævnt, af tre dele: et spørgeskema, der udfyldes for de enkelte lokaler ude i bygningen; en beregningskerne, hvor inddata behandles; og en dynamisk rapport, hvor resultaterne visualiseres. I dette afsnit vil resultatet af spørgeskemaet, beregningskernen samt den dynamiske rapport blive præsenteret.

Værktøjet er opbygget efter resultaterne i trianguleringsanalysen og er derfor designet med det formål at kunne vurdere de parametre, som trianguleringen har peget på som værende de vigtigste. Værktøjet kommer tillige med løsningsforslag og investeringspriser for udbedringen. Resultatet af værktøjet er et strategisk beslutningsgrundlag for indeklimareoveringer, der kan spille ind i kommunens renoveringsstrategi.

I de kommende afsnit gennemgås resultaterne af arbejdet med at udarbejde spørgeskemaet, selve beregningskernen og den dynamiske rapportering.

### Spørgeskema

Spørgeskemaet er udviklet på baggrund af trianguleringen og dennes resultater. Trianguleringen belyser forskellige indeklimaproblematikker inden for de fire hovedgrupper: atmosfærisk, termisk, akustisk og visuelt indeklima. Disse indeklimaproblematikker afspejles i spørgeskemaet ved, at hver kategori varetages separat.

Spørgeskemaet berør sig på objektive observationer af de fysiske forhold. Disse bruges til at vurdere det sandsynlige indeklima i beregningskernen. Der screenes for, om de tekniske virkemidler er til stede for at kunne opnå en fornuftig indeklimakvalitet. Det betyder, at spørgsmålene, igennem de objektive observationer, ikke adresserer, om evt. tekniske løsninger er vedligeholdt eller dimensioneret og driftet korrekt – det antages, at det er de. Der er dog mulighed for i separate spørgsmål at bidrage med viden om anlæggene, hvis dette haves, som f.eks. ventilationsanlæggets beskaffenhed.

Spørgeskemaet består af 122 spørgsmål, som adresserer de fire overordnede indeklimaområder samt andre fysiske forhold, som er nødvendige for at kunne lave beregningerne i beregningskernen. Hastigheden i besvarelserne er helt centralt i værktøjet, da det er heri, at fordelingen i værktøjet, fremfor at måle indeklimaet, ligger. Derfor er spørgeskemaet udarbejdet efter et forgreningsprincip, så man til enhver tid kun præsenteres for de spørgsmål, der er relevante på baggrund af tidligere svar. Det betyder, at man ikke skal udfylde alle spørgsmål for alle lokaler – spørgsmålene afhænger af tidligere svar. Dette medfører også, at spørgsmålene tilpasses til rumtypologien, der screenes.

En screening tager i gennemsnit 10 min. pr. lokale, da flere af lokalerne hurtigt ville kunne kopieres, og derved nedsættes det totale tidsforbrug jfr. metodeafsnittet "Fuldskala screening af plejecentre". Ved kopiering af et tidligere lokale vil der være mulighed for at ændre i det nye lokales orientering, solafskærmningsmuligheder og udsynskvalitet.

Ud over at indeholde spørgsmål til vurdering af det sandsynlige indeklima er der mulighed for at indtaste subjektive vurderinger samt kommentarer til indeklimaet, som screeneren måtte observere undervejs.

Der henvises til "Bilag 3: Spørgeskema til indeklimaværktøj" for at se selve spørgeskemaet. I det følgende vil det blive præsenteret, hvordan trianguleringen direkte har spillet ind i spørgeskemaet.

### *Generelle forhold*

Badeværelser screenes kun for de parametre, som vedrører elektrisk belysningsniveau, da de typisk ikke har vinduer, og screenes derfor i forbindelse med de private hjem som en ekstra kategori, der kan tilvælges, og ikke som en enkeltstående lokalescreening.

For fællesrum og gangarealer registreres der i spørgeskemaet både mængden af armaturer og hvilken lyskilde, der er monteret, for at vurdere, om der er et tilstrækkelig elektrisk belysningsniveau.

Ud over dette forhold kortlægges alle lokalers fysiske mål, og screeneren har mulighed for at knytte kommentarer til lokalene efter behov. Desuden vurderer screeneren også tilstanden af indvendige overflader og egen subjektive holdning til indeklimakvaliteten under besøget. Disse ekstra vurderinger har ingen effekt på resultaterne fra beregningskernen, men er væsentlig viden for kommunen ift. valg af renoveringsopgaver.

### *Atmosfærisk indeklima*

Fra trianguleringen fremgår det, at der under det atmosfæriske indeklima er en problematik omhandlende ventilationsanlægget mht. manglende indregulering og til dels deraf en tendens til lav relativ luftfugtighed. Dette er i spørgeskemaet håndteret ved at spørge ind til, om ventilationen vurderes tilstrækkelig. Da det kræver indgående kendskab til anlægget at vide, om denne er tilstrækkelig, er det fra beregningskernen muligt at berige denne data efterfølgende. Hvis screeneren ikke kender svaret, er det muligt under screeningen at vælge "ved ikke" ved ventilationens tilstrækkelighed. Hvis denne svarmulighed vælges, er det nødvendigt efterfølgende at berige data i beregningskernen, da denne som standard ellers vil antage, at ventilationen er utilstrækkelig, hvilket vil udmønte sig i lokalets indeklimascore.

Trianguleringen belyser desuden også, at beboerne er specielt udsatte for trækgener. Vurderingen af, om der er mekanisk ventilation, som kan udskifte luften effektivt og dermed minimere behovet for naturlig ventilation, vil også adressere dette problem.

Yderligere fremhæver trianguleringen, at beboerne er specielt udsatte for partikelforurening. Der screenes derfor også for, om der er kogeplader i opholdsrummene, og om der er en tilhørende effektiv emhætte for at fjerne forureningen. Emhætteeffektiviteten kan groft vurderes på baggrund af, hvor mange vægge den støder op ad. Jo flere vægge, des højere effektivitet. Det antages, at emhætter ikke er recirkulerende.

### *Termisk indeklima*

Fra trianguleringen af det termiske indeklima er en af udfordringerne, at der er forskel på beboernes- og på personalets komforttemperatur. Der screenes derfor for, om det er muligt for personalet at regulere beklædningen ift. at justere og tilpasse deres komforttemperatur herigennem. Desuden afdækkes muligheden for, at brugerne selv kan påvirke temperaturen ved at kunne justere på termostater o.l. og derved opnå en højere grad af termisk komfort.

Beboerne er følsomme over for trækgener, men også over for særligt høje temperaturer. Der screenes derfor for, om lokalet har store vinduer i orienteringer med stor varmestråling fra solen, og om der er eksisterende udvendig solafskærmning med det formål at modvirke dette varmeindfald. Det er muligt at registrere op til to facader med vinduer.

Med hensyn til trækgener screenes for, om der er utætte døre/vinduer, risiko for kuldenedfald fra høje vinduespartier samt forekomst af mekanisk ventilation med henblik på at minimere behovet for naturlig

ventilation, som af både litteraturstudiet og den antropologiske analyse fremhæves som en stor kilde til træk.

#### *Visuelt indeklima*

Fra trianguleringen af det visuelle indeklima fremgår det, at beboerne har et ekstra behov for høje lysniveauer, og der er samtidig også et behov fra personalets side for at have tilstrækkelig arbejdsbelysning til rådighed.

I boligerne, som er private hjem, er det typisk beboeren selv, som skal medbringe belysningen. Der kan i enkelte tilfælde være belysningsarmaturer, som er fastmonteret og sat op af plejehjemmet. Dette giver en udfordring, da udskiftningen af beboerne medfører, at kvaliteten af belysningen kan variere meget over tid. Da de fleste plejehjem opererer efter denne metodik, er der i spørgeskemaet derfor udelukkende screenet for de faste belysningsarmaturer over arbejdsområderne, såsom seng, i boligerne. Kvaliteten af den almene belysning, som beboerne har med, vurderes ikke af værktøjet. På badeværelserne er der ofte fra plejehjemmet opsat belysning på væg over spejl og et belysningsarmatur i loftet. Disse medtages derfor i screening af belysningsniveauet på badeværelserne.

Fra trianguleringen fremgår det, at de ældre er specielt udsatte for blænding fra blandt andet belysningsarmaturer, og der foretages derfor en subjektiv vurdering fra screeneren af, hvorvidt belysningsarmaturet blænder. Blænding kan også ske fra dagslys, hvorfor der er screenet for, om der er indvendig solafskærmning.

I trianguleringen fremgår det, at beboerne i større dele af dagen opholder sig i de private hjem; her er kvaliteten af udsynet til omkringliggende arealer væsentlig ift. trivsel og giver beboeren en stor glæde. Der spørges derfor ind til forhold, som vurderer udsynskvaliteten, dagslysfaktoren, og om det er muligt at orientere sig mod andre verdenshjørner end nord og derved følge solens gang over himlen. Trianguleringen peger netop på vigtigheden af, at de ældres døgnrytme ikke påvirkes som følge af de lange perioder, hvor de opholder sig indendørs. Vinduer, som ikke kun er nordvendte, er en måde at imødekomme dette. En anden måde er brugen af døgnrytmelys, som ændrer farvetemperaturen over dagens gang – derfor spørges der også ind til, om der er installeret døgnrytmelys i lokalerne.

#### *Akustisk indeklima*

Fra trianguleringen fremgår det, at beboerne ofte har nedsat hørelse, og at flere af dem ofte opholder sig i rum med akustiske problemer, som kan føre til reduceret taleforståelighed og have følgevirkninger som bl.a. øget stress, uro, aggression og ensomhed. Rapporten "Screening og måling af indeklima på plejecentre" belyser, at akustikken i de private hjem er meget afhængig af beboernes eget inventar. Da der over tid er udskiftning af beboer – og herunder inventar – er der i spørgeskemaet kun screenet for faste akustiske absorbenter såsom akustiklofter og blivende vægabsorbenter med det formål at beregne en efterklangstid. Placeringen af eventuelle vægabsorbenter er registreret med det formål at vurdere risikoen for stående lydbølger. Dette gælder også for fælles- og gangarealer.

#### Beregningskerne

Der er bygget en beregningskerne, som på baggrund af den automatisk modtagne data fra spørgeskemaet laver en række beregninger, der til sammen vurderer indeklimakvaliteten for hvert eneste screenede lokale.



Beregningskernen er struktureret efter et pointsystem, som resulterer i, at hver af indeklimaområderne, såvel som lokalet som hele, vurderes på en rød-gul-grøn skala (se Figur 6). Pointene fordeles på baggrund af anerkendte beregningsmetodikker, forskellige logiske ræsonnementer og screenerens objektive observationer. Det kan enten foregå via en lineær regression ud fra to fastsatte grænseværdier eller fast definerede point ud fra forskellige logikker. Jo flere point et lokale får, des dårligere vurderes indeklimakvaliteten til at være. For hver af indeklimaområderne atmosfærisk, termisk, akustisk og visuelt indeklima kan der tildeles maksimalt 12 point, hvorefter disse summeres og vægtes efter en faktor, der er justeret under kalibreringen af værktøjet med henblik på mest mulig præcision (se Tabel 7 for vægtningsfaktor af indeklimakategorierne). Inde klimascoren beregnes for de fire indeklimakategorier på baggrund af følgende metodik, hvor P er den hierarkiske vægtningsfaktor, fn er vurderingen af bygningens fysik samt installationer, og mn er vurderingen af brugerens muligheder for at påvirke indeklimaet:  $Score = P \times (fn + mn)$ . I "Bilag 1: Kalibrering af værktøjet mod indeklimamålinger" kan man se, hvordan de forskellige point fordeles under de fire indeklimaområder og disses enkelte vurderingsparametre.

Tabel 7. Vægtning af indeklimapoint

	Vægtningsfaktor (P)
Atmosfærisk indeklima	1,4
Akustisk indeklima	1,7
Termisk indeklima	1,7
Visuelt indeklima	1,5

Nedenfor gennemgås, hvordan beregningskernen håndterer vurderingerne af det sandsynlige indeklima indenfor de fire indeklimaområder.

#### Atmosfærisk indeklima

Det atmosfæriske indeklima vurderes på baggrund af følgende parametre:

- Type og kvalitet af ventilation
- Tilstedeværelse af kogeplader og dertilhørende emhætter

Vurderingen af det atmosfæriske indeklima bygger på en vurdering af ventilationsprincippet i det enkelte lokale. Hvis screener er i tvivl, er der bygget en logik op i værktøjet, hvor man ud fra en række spørgsmål kan få værktøjet til at gætte på, hvilket ventilationsprincip der er i lokalet. Dette gøres på baggrund af antal- og type ventilationsarmaturer, hvor mange af disse der er "beskidte", og om der er synlige ventilationskanaler. Formålet er at kunne skelne mellem, om der er balanceret ventilation, udsugningsventilation eller naturlig ventilation i et lokale. Med den viden tildeler værktøjet point til lokalet ud fra hvilken lokaletype (opholdsrum eller gang), hvilket ventilationsprincip der findes i lokalet, og om ventilationen er vurdereret tilstrækkelig til formålet. Screeneren vurderer i spørgeskemaet, om vedkommende mener, at det mekaniske ventilationssystem er tilstrækkelig til formålet. Hvis ikke, lægges der op til, at kommunen selv beriger data for ventilationens tilstrækkelighed efterfølgende i fanen "berigelse af data".

Det atmosfæriske indeklima vurderes desuden på baggrund af tilstedeværelsen af kogeplader i lokalet. Hvis der registreres kogeplader i lokalet, vurderes effektiviteten af tilhørende emhætte ud fra antallet af vægge kogeøen står op ad. Jo flere vægge, des mere effektiv en emhætte.

Der henvises til bilag over pointfordelingen for eksakte point hver parameter kan generere.

#### Akustisk indeklima

Det akustiske indeklima vurderes på baggrund af følgende parametre:

- Efterklangstid
- Risiko for stående bølger

Akustisk indeklima bygger primært på en beregning af efterklangstiden ved brug af Sabines formel.

$$T_{60} = 0,16 * \frac{V}{A}$$

Hvor  $T_{60}$  er efterklangstiden,  $V$  er volumen af lokalet, og  $A$  er antal kvadratmeter Sabine i det pågældende lokale.

Ved beregning af efterklangstiden tages der udgangspunkt i materialeafhængige gennemsnitlige absorptionskoefficienter, se Tabel 8. Ud over efterklangstiden vurderes desuden risikoen for forekomsten af stående bølger. Risikoen antages som høj, hvis der er registreret to modstående hårde overflader overfor hinanden.

Tabel 8. Absorptionskoefficienter benyttet i beregningskernen til beregning af efterklangstiden

Loftoverflader	Gns	Uddybning
Blødt loft (fx Rockfon)	0,90	Focus A - nedhængt 200 mm
Perforeret (gips/metal)	0,66	Quattro 20 - nedhængt 200 mm under beton u. mineraluld
Træbeton (fx Troldekt)	0,80	Troldekt Ventilation, Passiv
Træloft	0,40	Estimat
Hårdt pus eller gips	0,13	Base 31 - 45x45 mm underlag cc 300 mm, 50 mm mineraluld
Beton	0,02	Glat beton, malet
Gulvoverflader		
Beton/klinker	0,02	Glat beton, malet
Limet gulv (fx linoleum)	0,03	Linoleum el. vinyl klæbet på beton
Trægulv	0,10	Lakeret trægulv på strøer
Gulvtæppe	0,22	Ege tæppe på beton, Epoca Classic
Vægoverflader		
Klinker/fliser	0,02	Glat beton, malet
Mursten	0,04	<a href="http://www.sengpielaudio.com/calculator-RT60Coeff.htm">http://www.sengpielaudio.com/calculator-RT60Coeff.htm</a>
Træpaneler	0,16	<a href="http://www.sengpielaudio.com/calculator-RT60Coeff.htm">http://www.sengpielaudio.com/calculator-RT60Coeff.htm</a>
Træbeton (fx Troldekt)	0,80	Se loft
Bløde absorbenter (fx Rockfon)	0,90	Se loft
Perforeret (gips/metal)	0,66	Se loft
Vindue	0,06	Vindue med termorude

Den beregnede efterklangstid holdes op imod krav og anbefalinger afdækket under litteraturstudiet. Kravene, som beregningskernen vurderer efter, kan findes i Tabel 9.

Tabel 9. Kravene, som beregningskernen benytter til at evaluere den beregnede efterklangstid efter

Krav til efterklangstid	Funktion	[s]
Beboelse	Opholdsstue	0,6
Beboelse	Gangareal	0,9
Beboelse	Administration/kontor	0,6
Beboelse	Spiseområde	0,6
<b>Fællesareal</b>	<b>Opholdsstue</b>	<b>0,4</b>
<b>Fællesareal</b>	<b>Gangareal</b>	<b>0,9</b>
<b>Fællesareal</b>	<b>Spiseområde</b>	<b>0,4</b>
Personalerum	Opholdsstue	0,6
Personalerum	Gangareal	0,6
Personalerum	Administration/kontor	0,6
Personalerum	Spiseområde	0,6

Der henvises til bilag over pointfordelingen for eksakte point, hver parameter kan generere.

#### Termisk indeklima

Termisk indeklima bygger på følgende parametre:

- Risiko for overtemperaturer
- Trækgener
- Brugernes muligheder for at tilpasse sig det termiske miljø

Risikoen for overtemperatur vurderes på baggrund af en faktor kaldet "kritisk vinduesareal". Det kritiske vinduesareal er i beregningskernen angivet som værende summen af vinduesarealer orienteret mod øst, vest eller syd. Hvis det kritiske vinduesareal er over 7% af gulvarealet, vurderer værktøjet, at der er risiko for overtemperaturer, hvis ikke der er taget en række foranstaltninger. Foranstaltninger kan være forskellige former for udvendig solafskærmning, eller solfilm.

Ud over det kritiske vinduesareal vurderes der på muligheden for at bortventilere evt. overskudsvarme ud fra en vurdering af evt. ventilationsanlæg og muligheden for som bruger at lave gennemtræk.

Trækgener vurderes på baggrund af flere parametre. Første parameter er risikoen for kuldenedfald fra høje vinduespartier, som vurderes ud fra lufthastigheden af kuldenedfaldet i opholdszonen og en observation af, hvorvidt kuldenedfaldet bliver afbrudt undervejs af en underliggende konvektor. Formlen benyttet til beregning af kuldenedfald er for en semiradial strømning fra Danvak "Varme- og klimateknik grundbog, udgave 4"<sup>xix</sup>. Beregningen af den indvendige overfladetemperatur for vinduet er beregnet på baggrund af DS474:1993. Den maksimale lufthastighed i opholdszonen udregnes og tildeles point, hvis denne overskrider 0,15 m/s.

Formlen ser således ud, hvor  $v_x$  er hastigheden af kuldenedfaldet i opholdszonen,  $h_{\text{vindue}}$  er højden af ruden,  $U_{\text{vindue}}$  er rudens U-værdi,  $R_i$  er den indvendige overgangsisolans for vinduet,  $t_o$  er den operative temperatur i rummet,  $t_u$  er udetemperaturen,  $t_v$  er vinduets indvendige overfladetemperatur, og  $x$  er afstanden fra vinduet til opholdszonen:

$$v_x = 0,134 * \sqrt{\frac{h_{vindue} * (t_o - t_v)}{x + 2,04}}$$

$$t_o - t_v = (t_o - t_u) * R_i * U$$

U-værdier og temperaturer anvendt i beregningen som standard kan findes i Tabel 10.

Tabel 10. U-værdier og variable til beregning af kuldenedfald ved vinduer

<b>Kuldenedfald</b>		
U-værdi - termorude	2,5	[W/(m2/K)]
U-værdi - 1 lags rude	6	[W/(m2/K)]
U-værdi - energirude	1,1	[W/(m2/K)]
t <sub>u</sub> (ude temperatur)	0	[°C]
t <sub>o</sub> (operativ temperatur, inde)	23	[°C]
x (afstand fra vindue til opholdszonen)	0,6	[m]

Ud over kuldenedfaldet tildeles også point, hvis der er registreret utætte døre eller vinduer i lokalet, og ud fra muligheden for at personalet dels kan justere deres arbejdsbeklædning til forholdene, men også justere temperaturen på fællesområderne.

Der henvises til bilag over pointfordelingen for eksakte point, hver parameter kan generere.

#### Visuelt indeklima:

Det visuelle indeklima vurderes på baggrund af følgende parametre:

- Kvaliteten af elektrisk belysning
- Blænding
- Dagslys
- Kvaliteten og variationen af udsyn

Da screeneren ikke måler det elektriske belysningsniveau, er det nødvendigt at beregne det. Beregningen bygger på sammenhængen mellem typen af lyskilde og armaturtætheden i lokalet. De forskellige lyskildetyper er vurderet overfor hinanden ved at udføre en række simuleringer i DIALux EVO med det formål at ramme et belysningsniveau på 300 lux i et referencelokale. Antallet af nødvendige lyskilder registreres og benyttes til at beregne en relativ faktor for lumenoutput for hver af de forskellige lyskilder. De enkelte faktorer kan findes i Tabel 11.

Tabel 11. Denne tabel resulterer i en score, som relaterer til forventet lumenoutput, relativt til LED flade. Herefter skal scoren bruges i forbindelse med antallet af den givne armaturtype. En højere faktor betyder lavere lumenoutput.

Lumenoutput faktor			
	Direkte	Indirekte	Begge dele
Kompaktlysstofrør	1,50	1,67	1,50
T8 lysstofrør 1 rør	2,00	2,17	2,00
T8 lysstofrør 2 rør	1,17	1,33	1,17
T5 lysstofrør 1 rør	1,67	1,83	1,67
T5 lysstofrør 2 rør	1,00	1,17	1,00
LED rør 1 rør	1,50	1,67	1,50
LED rør 2 rør	0,83	1,00	0,83
LED flade	1,00	1,00	1,00
Ved ikke	1,50	1,50	1,50
Plafond	9,33	9,33	9,33
Pendler	5,83	6,50	6,50
Andre lysarmaturer	1,50	1,50	1,50
kombination	1,50	1,50	1,50

Den score som benyttes til at tildele point til det elektriske belysningsniveau beregnes derefter på følgende måde:

$$\text{Elektrisk belysningscore} = \text{Areal pr. lyskilde} * \text{faktor for lumenoutput}$$

I boligerne beregnes ikke en score for det elektriske belysningsniveau, da det er beboernes egen belysning, og denne varierer fra person til person. Her tages der derfor kun udgangspunkt i, om der er fast arbejdsbelysning til stede over sengen. Metoden er udviklet i forbindelse med udviklingen af et andet tilsvarende screeningsværktøj til skoler.

Ud over selve lysniveauet vurderes også, om belysningsarmaturerne er kilde til blænding. Dette bygger på en observation og subjektiv vurdering af screener.

Sidste parameter, som evaluerer kvaliteten af den elektriske belysning, er tilstedeværelsen af døgnrytmestyret belysning, som af beregningskernen honoreres positivt. Det vil sige, at hvis et lokale ikke har døgnrytmestyret belysning, vil det resultere i tildeling af point.

Kvaliteten og variationen i udsyn er vurderet på baggrund af to parametre: muligheden for langt kig (over 20 m) og en kvalitetsvurdering af udsynet på baggrund af metodikken fra DS/EN 17037. Udsynskvaliteten vurderer derfor på, hvor varieret udsynet er ud fra muligheden for at se de tre lag: himmel, terræn/gadeniveau og natur. Jo flere udsynslag man kan se, des bedre vurderes denne parameter.

Dagslys er vigtigt for ældre og vurderes i beregningskernen ud fra tre parametre: Dagslysniveauet, orienteringsmuligheder og risikoen for blænding.

Tilstedeværelsen af blændingsafskærmning indgår som en vurderingsparameter, hvor et lokale får tildelt point, hvis ikke der er tilstrækkelig blændingsafskærmning til stede.

Jfr. trianguleringen er det vigtigt, at beboernes døgnrytme ikke påvirkes for meget af at opholde sig så meget indenfor. Mulighed for orientering mod andre verdenshjørner end nord er derfor også en vurderingsparameter og bygger på de indberettede orienteringer for vinduerne i lokalet.

Selve dagslysniveauet beregnes ved en beregning af middel dagslysfaktor efter Sumpners formel, hvor  $A_{vinduer}$  er det totale areal af vinduer i lokalet,  $LT_{vindue}$  er lystransmittansen for vinduerne,  $\alpha_{afskærmning}$  er afskærmningsvinkel i radianer,  $A_{total}$  er det totale indvendige overfladeareal, og  $\rho_{middel}$  er rummets middelreflektans:

$$DF_m = \frac{A_{vinduer} * LT_{vindue} * \alpha_{afskærmning}}{2 * A_{total} * (1 - \rho_{middel})}$$

Til beregning af middelreflektansen benyttes reflektanserne i Tabel 12 for henholdsvis vægge, loft og gulve på baggrund af screenerens vurdering af overfladerne. Lystransmittans, ramme/karm forhold og U-værdier kan findes i Tabel 13.

Tabel 12. Overfladereflektanser på baggrund af screenerens vurdering af overfladen, efter bedste evne fastsat efter SBI 203 – Beregning af dagslys i bygninger appendiks B.

Overfladereflektanser (vægge og loft)	
	Reflektans
Meget lys	0,7
Lys	0,5
Mørk	0,3
Meget mørk	0,2

Overfladereflektanser (Gulv)	
	Reflektans
Limet gulv (fx linoleum)	0,15
Trægulv	0,3
Beton/klinker	0,3
Gulvtæppe	0,1

Tabel 13. Værdier for lystransmittans til beregning af dagslysfaktor

Dagslys		
Ramme/karm forhold	90	%
Lystransmittans: ovenlysvinduer	0,7	[-]
Lystransmittans: facade 1-lag	0,9	[-]
Lystransmittans: facade 2-lag	0,7	[-]
Lystransmittans: facade 3-lag	0,6	[-]
Lystransmittans: facade solfilm	0,3	[-]

Der henvises til bilag over pointfordelingen for eksakte point, hver parameter kan generere.

### Lokaletypologier

Indeklimaværktøjet differentierer på lokaletype, da der er forskellige krav til forskellige lokaletyper, hvorfor det ikke er alle indeklimateområder og parametre, der er relevante for alle lokaletyper. Lokalerne er delt op i fire grupper: boliger, badeværelser, fælles opholdsrum og gangarealer.

Badeværelser: Screenes sammen med tilhørende beboerhjem, men påvirker ikke den samlede indeklimate score for lokalet. Screenes kun for elektrisk belysningsniveau, og om den elektriske belysning blænder og/eller er døgnrytmestyret. Der tages ikke forbehold for termisk indeklimate, da disse kun sjældent er påvirket af ekstern varmepåvirkning, såsom solindfald. Ventilationen screenes ikke, da der er krav til, at der skal være mekanisk udsugning. Akustisk vurderes badeværelser ikke, da der ikke er krav til akustiske forhold.

Boliger: Der vurderes udelukkende elektrisk belysningsniveau ud fra, om der er arbejdsbelysning over seng, da den almene belysning som udgangspunkt er beboerens egen og derfor omskiftelig. Ellers vurderes alle andre parametre.

Gangarealer: Som udgangspunkt ingen kogeplader og køkken, hvorfor disse ikke tildeles point under det atmosfæriske indeklimate, men har lidt flere point under typen af ventilationsanlæg. Vurderes på almindelig vis for de resterende indeklimateparametre.

Fælles opholdsrum: Er udgangspunktet og vurderes derfor på alle parametre, herunder det elektriske belysningsniveau, som funktion af type og antal belysningsarmaturer, og om der er kogeplader ift. det atmosfæriske indeklimate.

### Økonomi

Som en del af beregningskernen er det muligt at tilvælge forskellige indeklimate projekter og derved se lokalernes resulterende score. Herved opnås et strategisk beslutningsgrundlag for indeklimate renoveringer ud fra forskellige standardprojekter, der kan spille ind i kommunes renoveringsstrategi eller bruges til at konkretisere et politisk forslag.

Standardprojekterne indebærer forskellige projekter inden for hver af indeklimate kategorierne, se Tabel 14. Det er ikke muligt ud fra standardprojekterne at få alle lokalerne til at give 0 point, da standardprojekterne ikke løser alle indeklimate problemer. Standardprojekterne løser f.eks. ikke problemer med kuldenedfald, temperaturregulering, dresscode, udsynsmuligheder og -kvalitet, dagslysfaktor, samt hvis der er en kogeplade i et opholdsrum, og emhætten er vurderet ineffektiv.

Tabel 14. Økonomiske nøgletal for standardprojekter

Økonomiske nøgletal		
	Pris	Enhed
Mekanisk ventilation	2.125	[kr/m <sup>2</sup> ]
Udvendig solafskærmning, vandrette persienner	3.500	[kr/løbende meter]
Solfilm	1.250	[kr/m <sup>2</sup> ]
LED belysning m. dagslysstyret lysniveau	425	[kr/m <sup>2</sup> ]
Akustikloft	875	[kr/m <sup>2</sup> ]
Vægabsorbenter	875	[kr/m <sup>2</sup> ]
LED belysning - badeværelser	425	[kr/m <sup>2</sup> ]
Arbejdsbelysning over seng	4.000	[kr/stk]

Nøgletallene tager udgangspunkt i specifikke løsninger og er et erfaringstal fra en kommune. De økonomiske nøgletal er mulige at justere og tilpasse kommunens egne nøgletal på introfanen i beregningskernen. Som udgangspunkt omhandler de økonomiske standardnøgletal følgende løsninger:

**Mekanisk ventilation:** Erfaringstal omhandlende installation af decentrale ventilationsanlæg fx Airmaster.

Om værktøjet foreslår projektet, afhænger af lokaletypen. I opholdsrum foreslås der etablering af nyt ventilationsanlæg, hvis der ikke er balanceret ventilation. I gangarealer foreslås projektet, hvis der kun er naturlig ventilation.

**Udvendig solafskærmning:** Erfaringstal omhandler installation af faste vandrette persienner som udhæng over vinduerne i et lokale.

Værktøjet foreslår projektet, når det kritiske vinduesareal overskrides, og der ikke på forhånd er installeret udvendig solafskærmning, eller hvis installeret solafskærmning er styret manuelt.

**Solfilm:** Erfaringstal for opsætning af high-end solfilm fx 3M Prestige 70.

Værktøjet foreslår projektet, når det kritiske vinduesareal overskrides, og der ikke er solfilm installeret på forhånd.

**LED belysning:** Erfaringstal omhandlende installation af LED-flader i modulloft med luxstyring og dæmp- og boostfunktioner (til 1000 lux) – altså high end belysningssystem.

Nøgletallet, som værktøjet benytter, afhænger af lokaletype. For boligerne anvendes nøgletallet for arbejdsbelysning over seng, mens der for resterende lokaler anvendes nøgletallet for LED belysning med dagslysstyret lysniveau. Beregningskernen foreslår projekter på fællesområder, når det estimerede eksisterende luxniveau er mindre end 300 lux.

**Akustikloft:** Erfaringstal omhandlende installation af nyt nedhængt akustikloft som modulsystem med f.eks. Rockfon akustikplader.



Værktøjet foreslår projektet, hvis lokalet ikke overholder de lokaleafhængige krav til efterklangstiden beregnet med Sabines formel – med undtagelse af badeværelser. Ved aktivering af projektet genberegnes efterklangstiden og holdes op imod kravene.

Vægabsorbenter: Erfaringstal omhandlende opsætning af akustiske vægabsorbenter. Der tages udgangspunkt i, at nye absorbenter placeres i opholdszonen, så de også reducerer risikoen for resonans fra modstående hårde overflader.

Værktøjet foreslår projektet, hvis denne ikke overholder de lokaleafhængige krav til efterklangstiden beregnet med Sabines formel – med undtagelse af badeværelser.

Det er muligt i beregningskernen på introfanen at justere, hvornår beregningskernen skal foreslå projekterne, se Tabel 15. Som det fremgår af tabellen, er det muligt at justere grænseværdierne for, hvornår der foreslås akustiske absorbenter, og hvornår det vurderes, at det er nødvendigt med solafskærmning. Evt. ændringer har indvirkning på alle screenede lokaler.

Tabel 15. Grænseværdier for standardprojekters udførelse

Akustiske grænseværdier		
Forslag til nyt akustikloft hvis andelen er <	80	[% af gulvareal]
Grænse for absorbenter på væggene	0,2	[Andel af loftareal]
Faktor for overmalede akustiske absorbenter	0	[-]
Efterklangstid, boliger	0,6	[s]
Efterklangstid, fællesareal	0,4	[s]
Efterklangstid, gangarealer	0,9	[s]
Efterklangstid, kontor/personale	0,6	[s]

Termiske grænseværdier		
Faktor for udv solafskærmning: glasandel S/Ø/V af gulvareal >	7	[% af gulvareal]

Som udgangspunkt vil et nyt akustikloft blive foreslået, hvis akustikloftet dækker mindre end 80% af loftsarealet, og at kravet til efterklangstiden for lokaletypen ikke er mødt, når man tilvælger projektet "akustikloft" under projektilvalg.

Grænsen for absorbenter på vægge definerer en øvre grænse for, hvor mange m<sup>2</sup> akustiske absorbenter værktøjet kan foreslå at installere på lodrette flader. Når projektet "vægabsorbenter" tilvælges under projektvalg, er det derfor ikke sikkert, man kommer i mål med efterklangstiden blot ved at installere vægabsorbenter.

Ved at tilvælge begge projekter (både akustikloft og vægabsorbenter) vurderer værktøjet først behovet for et nyt akustikloft, hvorefter det beregner, hvor mange m<sup>2</sup> vægabsorbenter der er nødvendige for at overholde grænseværdien for efterklangstiden op til dennes grænseværdi på de 20% af gulvarealet.

Faktor for overmalede akustiske absorbenter angiver, hvor meget effekten af absorbenter reduceres med. Som standard er tallet '0', hvilket betyder, at effekten er reduceret med 100%.

Projektet for udvendig solafskærmning tager udgangspunkt i erfaringer fra tidligere beregningskerner, som indikerer, at ved kritisk vinduesareal over 7% af gulvarealet er risikoen for overtemperaturer markant.

## Dynamisk rapport

Den dynamiske rapport er slutproduktet af screeningerne for det sandsynlige indeklima, hvor der er mulighed for at få et overblik over bygningernes indeklimastand. Den dynamiske rapport består af 3 niveauer. Det højeste niveau er kommuneoverblikket, hvor man kan få det store kommunale overblik. Herefter følger bygningsoverblikket og lokaleoverblikket, hvor detaljegraden af informationer øges. I det følgende vil de tre niveauer blive præsenteret.

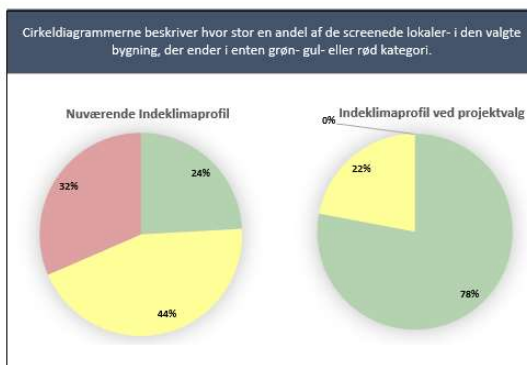
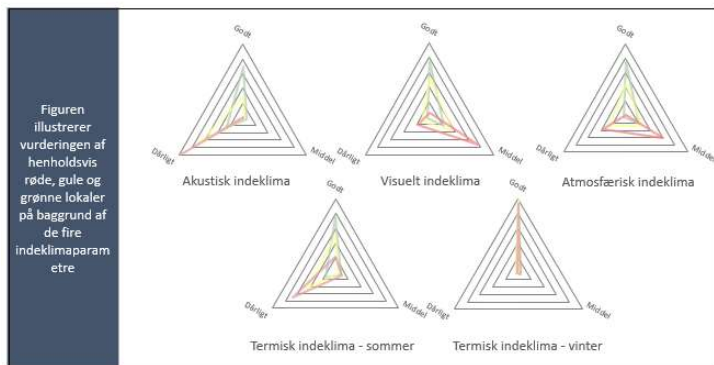
Kommuneoverblikket giver et overblik over alle screenede bygningers gennemsnitlige indeklimastand på totalscoren for lokalerne, se Figur 10. Herfra kan man tilvælge forskellige standardprojekter og dermed se de samlede investeringsomkostninger samt visualisering af projekternes direkte indvirkning på bygningernes gennemsnitlige indeklimascore og tilhørende indeklimakategori. Fra overblikket er det muligt, ud fra trekantsdiagrammerne, at aflæse, hvilke overordnede indeklimaområder bygningerne har størst problemer med (og vice versa). Dette kan bruges til at målrette valget af standardprojekter til at ramme de områder, hvor problemerne er størst.

Lagkagediagrammerne viser kommunens plejecentres samlede indeklimaprofil. Her angives, hvor mange procent af de screenede lokaler der er havnet i henholdsvis rød, gul og grøn kategori. Det højre lagkagediagram illustrerer effekten på indeklimaprofilen ved det aktuelle valg af standardprojekter.

I oversigten over screenede bygninger i kommunen beregnes nøgletallet "kr/point reduceret/kvm", der er en faktor, som vurderer, hvor man økonomisk får mest indeklima for pengene ved de aktuelt valgte standardprojekter. Jo lavere et beløb, des mere rykkes bygningens indeklimascore pr. brugt krone.

## Kommunens Indeklimaprofil

	Vælg projekt
Mekanisk ventilation	Fravalgt -
Udv. Solfåskskærmning	Tilvalgt -
LED belysning	Fravalgt -
Akustikloft	Tilvalgt -
Vægabsorbenter	Tilvalgt -
Solfilm	Fravalgt -
<b>Total pris for valgte projekter ca.</b>	<b>30.257.500 kr.</b>



*Cirkeldiagrammerne ovenfor beskriver hvor stor en andel af de screenede lokaler i kommunen der ender i enten grøn- gul- eller rød kategori.*

Bygningsnavn	Gnms. Indeklimascore	Gnms. score v. projektvalg	Pris	kr./point reduceret/kvm.	Mangler berigelse af ventilation [antal lokaler]
	38,4	18,9	3.366.000 kr.	65 kr.	-
	38,7	18,6	1.657.500 kr.	58 kr.	-
	45,2	25,2	2.759.000 kr.	64 kr.	-
	22,4	8,1	4.206.500 kr.	54 kr.	-
	37,4	18,7	4.625.000 kr.	62 kr.	-
	35,9	21,4	3.909.500 kr.	57 kr.	-
	26,9	9,7	4.559.000 kr.	71 kr.	-
	43,1	23,2	1.988.500 kr.	73 kr.	-
	31,5	11,7	1.901.500 kr.	59 kr.	-
	29,3	15,8	1.285.000 kr.	54 kr.	-

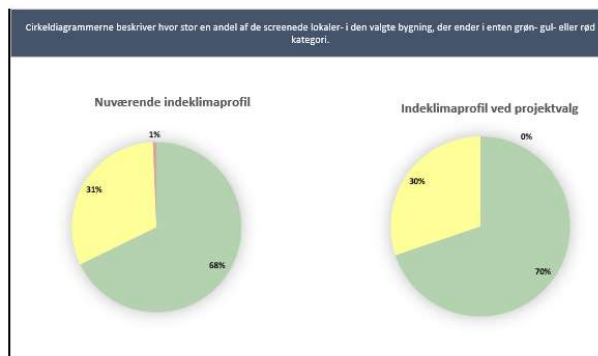
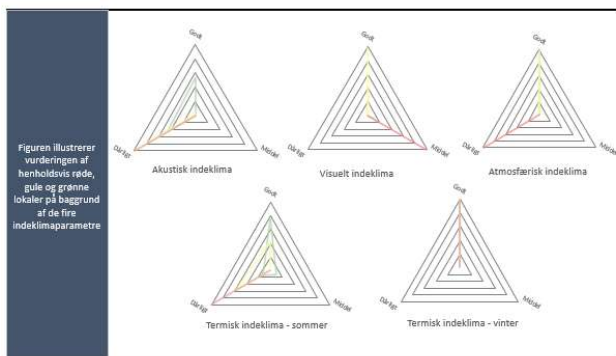
Figur 10. Indeklimaværktøj; Kommuneoverblik

Bygningsoversigten er bygget op på samme måde som kommuneoverblikket, men med mulighed for at tilgå flere detaljer fra screeningen, se Figur 11. Som det fremgår, er det stadig muligt at tilvælge de forskellige standardprojekter, og figurene er de samme. Her illustrerer de det dog blot indeklimastand og investeringsomkostninger for den aktuelt valgte bygning fra dropdown-menuen. I bygningsoversigten er det muligt at se indeklimatilstanden for alle de screenede lokaler i den pågældende bygning. Herunder også i hvilke lokaler projekterne er identificeret, hvorvidt disse er kopierede lokaler, tilhørende kommentarer der måtte være tilføjet under screeningen og en vurdering af den generelle stand af overflader. Yderligere er det muligt at se på lokaleniveau, hvilke af lokalerne der sandsynligvis har følgende indeklimaproblemer:

- Belysningen på badeværelset er utilstrækkelig
- Trækgener enten ved kuldnedfald eller utætte døre/vinduer
- Overophedning grundet store eksterne varmepåvirkninger
- Stående lydbølger ift. resonans (akustik)
- Ventilationen mangler berigelse om, hvorvidt denne er tilstrækkelig eller ej

## Bygningsoversigt

Vælg bygning:		
Antal lokaler:	119	
Vælg projekt		
Mekanisk ventilation	Tilvalgt	2
Udv. Solafskærmning	Tilvalgt	52
LED belysning	Tilvalgt	7
Akustikloft	Fravalgt	-
Vægabsorberer	Fravalgt	-
Solfilm	Tilvalgt	52
<b>Total pris for valgte projekter</b>	<b>ca. 2.339.500 kr.</b>	



Lokalnr.	Kopi	Område	Funktion	Indeklimascore	Indeklimascore e.v. projekter	Pris	kr./point reduceret (t/kv)	Projekter						Er der rumstørrelser?	Generel stand af overflader	Bekendtgørelse - byggestilling	Bekendtgørelse - byggestilling	Bekendtgørelse - byggestilling	Bekendtgørelse - byggestilling	Bekendtgørelse - byggestilling	
								Mekanisk mekanisk ventilation	Udvalgt udsugning	LED belysning	Akustikloft	Vægabsorberer	Solfilm								
			Opholdstee	16,4	15,1	58.500 kr.	324 kr.			X					Ja	God					
			Opholdstee	25,0	22,1	10.000 kr.	150 kr.			X					Ja	God					
			Gangareal	11,4	3,6	7.000 kr.	232 kr.			X					Ja	God					
			Administration/koordinator	7,6	5,9	18.500 kr.	821 kr.				X			X	Ja	God					
			Administration/koordinator	7,6	5,9	17.000 kr.	763 kr.			X				X	Ja	God					
			Administration/koordinator	12,6	12,6	0 kr.	0								Ja	God					
			Administration/koordinator	7,4	7,4	0 kr.	0								Ja	God					
			Administration/koordinator	10,6	8,9	14.500 kr.	488 kr.			X				X	Ja	God					
			Administration/koordinator	9,1	7,4	11.500 kr.	508 kr.			X				X	Ja	God					
			Opholdstee	9,6	9,6	0 kr.	0								Ja	God					
			Spisestue	14,7	7,9	135.500 kr.	187 kr.			X				X	Ja	God					
			Administration/koordinator	13,4	6,6	10.000 kr.	149 kr.			X				X	Ja	God					
			Opholdstee	12,6	5,6	19.500 kr.	87 kr.			X				X	Ja	God					
			Reception	11,1	11,1	0 kr.	0								Ja	God					

Figur 11. Indeklimaværktøj: Bygningsoversigt

Lokaleoversigten er det sidste af de tre niveauer i den dynamiske rapport, og her får man absolut den største detaljeringsgrad, se Figur 12. I dropdown-menuen vælger man bygningen samt det lokale, man ønsker at se. Herefter kan man se i detaljer, hvilke indtastninger screeneren har foretaget, hvordan værktøjet fordeler point og det deraf resulterende indeklimascore.

I højre tabel angives en masse relevant metadata for lokalet. Heriblandt også relevante beregninger, såsom efterklangstid, dagslysfaktor, ventilationsprincip, areal, loftshøjde m.fl.

Screenerens subjektive vurderinger af overfladernes stand angives ligeledes på lokaleoversigten, ligesom kommentarerne til de enkelte indeklimaområder kan ses.

Under pointfordelingen kan man her også se, hvilke farvekategori lokalet er blevet tildelt under hver af indeklimaområderne: atmosfærisk, visuelt, akustisk, termisk sommer og termisk vinter.

# Lokaleoversigt

Vælg bygning:	
Vælg lokale:	
Lokalets type	Beboelse
Lokalets funktion	Opholdsstue
Placering	Blok A.1 sal

Lokalets stand (subjektiv vurdering)	
Loft	Ikke behov for vedligehold
Vægge	Ikke behov for vedligehold
Gulv	Ikke behov for vedligehold
Overordnet vurdering af overflader	Ikke behov for vedligehold

## Kopi af lokale: Beboelse, Opholdsstue, 10A

Projektvalg	
Mekanisk ventilation	Fravalgt
Udv. Solafskærmning	Fravalgt
LED belysning	Fravalgt
Akustikloft	Tilvalgt
Vægabsorbenter	Fravalgt
Solfilm	Fravalgt
Total pris for valgte projekter	ca. 30.500 kr.

Eksisterende indeklimaprofil

Gul

Indeklimaprofil v. projektvalg

Grøn

Vurdering efter vægning	Nuværende Points	Points v. projektvalg	Subjektiv vurdering
Visuelt indeklima	8,3	8,3	Utilstrækkeligt
Akustik (rumklang)	20,4	3,4	Utilstrækkeligt
Termisk sommer	1,7	1,7	Tilstrækkeligt
Termisk Vinter	0,0	0,0	Tilstrækkeligt
Atmosfærisk	8,4	8,4	Tilstrækkeligt
Indeklimascore	38,8	21,8	

\*efter vægning

Indeklimaklasse (Eksisterende): Gul

Rumareal, m2:	35
Mulighed for at justere dresscode	Ja
Lyskilde type	Anden LED lamper
Belysningsretning	Kun nedad
Arealkilde [m2/stk]	17
Middel dagslysfaktor [%]:	5%
Lyskilder med døgnrytmestyring	Nej
Kritisk vinduesareal > tilladt grænseværdi	Ja
Ovenlysvindue	Nej
Hvilken type ventilation	Udsugningsanlæg
Er der mulighed for gennemtræk	Nej
Er der kogeplade i lokalet?	Nej
Lokalets orientering (Facade 1):	Vest
Er der solfilm (Facade 1)	Nej
Er der udv afskærmning (facade 1)	Ja
Lokalets orientering (Facade 2):	Ingen vinduer
Er der solfilm (Facade 2)	Ingen vinduer
Er der udv afskærmning (facade 2)	Ingen vinduer
Risiko for kuldneføld	Nej
Utætte døre/ vinduer	Nej
Gulvbelægning	Limet gulv (fx linoleum)
Akustikloft (type)	Hård pus eller gips
Absorbenter på vægge [m2]	0,0
Akustisk andel % [Absorbenters andel af loftets areal]	100
Rumhøjde [m]	2,6
Beregnet efterklangstid [s]	1,12
Fri luftspassage for radiator	Ikke relevant
Blænding fra elektrisk belysning?	Nej
Mulighed for "langt kig"	Ja
Udsynskvaliteten	God

Tilhørende badeværelse:	Ja
Lyskilde type	Plafond
Belysningsretning	Kun nedad
Arealkilde [m2/stk]	3,6
Risiko for blænding	Nej

Kommentarer til lokalet	
Generelt	Vindue til tilstødende rum mod S
Visuelt indeklima	Bordlampe kan tændes
Akustik	Ingen kommentar
Termisk	Vinduerne er blændet på den nederste halvdel
Atmosfærisk	Frisk luft ventil
Tilhørende badeværelse	Ingen kommentar

## Pointfordeling på baggrund af screeningen (for vægning)

Vurdering visuelt indeklima	Points	Max pts
Vurdering af elektrisk belysningsniveau	0,0	5
Middeldagslysfaktor	0	1,5
Udsyn (langt kig)	1	1
Udsynskvalitet	0	2
Blænding fra elektrisk belysning	0	0,5
Afskærmning for dagslys	0	0,5
Døgnrytme styring	0,5	0,5
Mulighed for at følge solens gang	0	1
SUM	1,5	12

Vurdering Akustik	Points	Max pts
Efterklangstid	7,1	10
Modstående hårde overflader (resonans)	2	2
SUM	9	12

Vurdering Termisk - sommer	Points	Max pts
Udvendig solafskærmning?	0	4
Er der ventilation?	1	1
Kan der skabes gennemtræk med vinduerne?	0,5	0,5
Mulighed for at variere beklædning (personale)	0	0,5
SUM	1,5	6

Vurdering Atmosfærisk	Points	Max pts
Er der ventilation?	6	6
Kan der skabes gennemtræk?	3	3
Køkken	0	3
SUM	9	12

Vurdering Termisk - vinter	Points	Max pts
Risiko for kuldneføld	0	2,5
Utætte døre/ vinduer	0	3
Kan man selv stille på temperaturen?	0	0,5
SUM	0	6

Tilhørende badeværelse - visuelt indeklima	Points	Max pts
Vurdering af elektrisk belysningsniveau	0,0	10
Blænding fra elektrisk belysning	0	1
Døgnrytme styring	0	1
SUM	0	12



Figur 12. Indeklimaværktøj: Lokaleoversigt

## Brugertest

Der er under pilotfasen inddraget servicemedarbejdere til at afprøve spørgeskemaet og i den henseende bidrage med vigtig viden om både metode og eventuelle misforståelser, spørgsmålene kan føre til.

Servicemedarbejderne har udfyldt spørgeskemaet sideløbende med en udvikler af værktøjet. Testen forløber i fire forskellige bygninger med fire forskellige tekniske servicemedarbejdere. For at supplere testen er der også udført interne tests af ensformigheden af besvarelser. Brugertesten viser generelt et stort sammenfald, men med enkelte afvigelser listet i Tabel 16. Afvigelseerne identificeret i brugertesten er sidenhen håndteret, så de spørgsmål er omformuleret, præciseret eller uddybet.

Tabel 16. Brugertest afvigelser i besvarelser

Kategori	Screenere A	Screenere B	Noter
Vinduestype	Termorude	Energirude	3 ud af 4 gange var der uenighed
Vindueshøjde	1,4m	2,1m	Screenere A har målt højden af vinduet og screener B højden af terrassedøren.
Udvendig solafskærmning	Ja	Nej	Der er et større tagudhæng for lokalet, som skaber forvirring.
Utætte døre/vinduer	Nej	Ja	Der er forskel på, hvorvidt papirtesten er udført for dør eller vinduer.
Fri luftpassage for radiatorer	Nej	Ja	Der er en stor vindueskarm over radiatoren ved vinduespartiet, som reducerer radiatorens effektivitet som kuldenedfaldsafbryder.
Bredde og længde af lokalet	L = 2,7m B = 12,8	L = 6,3 B = 3,5	Lokalet var i sammenhæng med en gang og L-formet.
Ovenlysareal	7 m <sup>2</sup>	8 m <sup>2</sup>	Kan være vanskeligt at estimere størrelsen.
Lysarmatur antal	19 stk	9 stk	Stor diversitet af belysningsarmaturer. Der er forskel på, hvorvidt de lysarmaturer, hvor lyskilden er i stykker, er talt med samt optælling af vægarmaturer.
Belysningsretning	Både op og ned	Kun nedad	Stor diversitet af belysningsarmaturtyper i lokalet. Hvad svares, når der er mange forskellige?
Vurdering af mekanisk ventilation	Tilstrækkelig	Utilstrækkelig	Beregningsskemaet i beregningskernen oprettet.
Lysarmatur antal	22	6	Tvivel om alle skal tælles med. Præciser formulering.
Lyskilde type	Kompaktlysstofrør	T5 lysstofrør 2 rør	Belysningen var en variation af lysstofrør og kompaktlysstofrør.
Overflade loftfarve	Meget lys	lys	Lyse Rockfonlofter, hvor går grænsen?
Facade radiator	Nej	Ja	Ingen radiator under dør. Præciser spørgsmål.
Længde og bredde	L=6,8, B=12,2	L=12,2, B=6,0	Byttet om på længde og bredde. Skal præciseres.
Udsynskvalitet	Himmel, natur, terræn/gadeniveau	Himmel, terræn/gadeniveau	Hvad er natur? Præciser.
Solfilm	Nej	Ja (indbygget i ruden)	Tydeliggør definitionen.
Fast belysning	Ja	Nej	Tre armaturer med T5 rør.
Udsynskvalitet	Natur, Terræn/gadeniveau	Terræn/gadeniveau	Hvad er natur? Præciser.

På baggrund af ovenstående brugertest er der gennemført følgende korrektioner af spørgeskemaet:

- Spørgsmålet til højden af vinduet vedrørende kuldenedfald er udspecificeret til ikke at gælde for terrassedøre.
- Der er i teksten for udvendig solafskærmning tilføjet, at det også er gældende for større tagudhæng.
- Vurdering af fri luftpassage over radiator er udspecificeret med en tilhørende tegning for at ensrette vurderingen.
- Der er tilføjet et forklarende billede for, hvordan længde og bredde af lokalet skal måles op i tilfælde af L-formede lokaler.
- Der er tilføjet illustration af, hvordan gennemtræk defineres.
- Der er tilføjet ekstra forklarende tekst under optælling af armaturer – hvilke der skal tælles med, og hvilke der ikke skal.

Andre ændringer som følge af øget bygningskendskab og feedback fra servicemedarbejdere:

- Der er oprettet flere belysningsmuligheder at vælge imellem.
- Fællesrum er ofte en kombination af materialer på vægge. Der er derfor oprettet forskellige vægtyper til beregning af efterklangstiden.
- Badeværelserne udgår som individuel screening og indgår i screeningen for boliger for at optimere tidsforbruget.
- Da flere på plejehjemmene er demente, og det er deres egne private hjem, komplicerer det screeningsprocessen, da det kræver tilladelser af evt. pårørende for eksterne konsulenter. Der er derfor udarbejdet en mulighed for at oprette lokaler, der er kopier af tidligere screenede lokaler, for at mindske forstyrrelser mindst muligt. Denne kopi-funktion kan udgøre en fin indledende screening, og i takt med at der skal føres indflyttersyn i boligerne, anbefales det at gennemgå lokalene, når de er tomme for at fange de små afvigelser fra lokale til lokale, der kan være.

Nogle af tilfældene fra Tabel 16 er løst ved at udspecificere spørgsmål med ekstra billeder og forklaringer. Andre parametre vil fortsat være op til screeneren, efter bedste evne, at vurdere. Dette gælder blandt andet for følgende parametre:

- Vinduestype (energi- eller termorude)
- Utætte døre/vinduer
- Areal af ovenlys (sidder ofte højt oppe og er derfor en vurderingssag)
- Antal lysarmaturer, type lyskilde og lyskilde retning
- Vurdering af ventilationstilstrækkeligheden
- Udsynskvalitet
- Solfilm (især den integrerede kan være svær at identificere)

# Analyse



Analyseafsnittet indeholder en gennemgang af de undersøgelser, der er foretaget for at forbedre værktøjets præcision og dets skalérbarhed. Dette er udmøntet i to delanalyser kaldet "Kalibrering" og "Fuldskala screeninger".

## Kalibrering

Indeklimaværktøjet indeholder væsentligt flere parametre, end der er foretaget målinger på, og derfor er kalibreringen foretaget for de områder, hvor værktøjet og målingerne er direkte sammenlignelige. Disse værende:

- Vurderingen af det atmosfærisk indeklima fra værktøjet er sammenholdt med indeklimamålinger af CO<sub>2</sub>-koncentrationen i opvarmningssæsonen med et tidsinterval på 5 min.
- Risiko for overtemperatur under termisk indeklima er sammenholdt med indeklimamålinger over temperaturen for sommerperioden med et tidsinterval på 5 min.

Der er målinger i sammenlagt 59 separate lokaler fordelt over de 10 pilotbygninger. Målingerne er for samtlige 59 lokaler visualiseret, hvorefter de er vurderet af en indeklimaekspert og inddelt i kategorierne rød, gul og grøn, som svarer til den inddeling, indeklimaværktøjet arbejder med. Herefter er indeklimaværktøjets vurdering og vurderingen af det målte indeklima direkte sammenholdt. Ved en afvigelse imellem de to resultater følges denne metodik:

- 1) Kan afvigelsen forklares af værktøjets mere nuancerede screening?
- 2) Kan afvigelsen forklares ved målingernes relativt korte måleperiode (1 uge)? F.eks. overskyet vejr som ikke fremkalder overtemperaturer; meget høje udetemperaturer, som ikke kan afskærmes af evt. solafskærmning; eller CO<sub>2</sub>-koncentrationens mangelfuldhed på plejecentre til at indikere forekomsten af andre stoffer.
- 3) Værktøjets indbyggede kalibreringsmetoder bruges til at justere pointgivningen, så et større sammenfald med målingernes resultater opnås.

De steder, hvor værktøjet konsekvens var upræcist, er der foretaget en kalibrering af indeklimaværktøjet, så sammentræffet øges. Se "Bilag 1: Kalibrering af værktøjet mod indeklimamålinger" for kalibrering af indeklimaværktøj op mod Teknologisk Instituts indeklimamålinger.

Analysen viser, at sammenfaldet mellem værktøjets vurdering og målingerne i forhold til problemer med overtemperaturer er 82%, mens der for det atmosfæriske indeklima er et sammenfald på 64%, se Tabel 17. Det lavere sammenfald ved det atmosfæriske indeklima skyldes primært, at der er foretaget et aktivt valg ved, at udsugningsventilation i værktøjet ikke anses som tilstrækkeligt. Målingerne viser dog, at CO<sub>2</sub>-koncentrationen i mange tilfælde er fornuftig, selv med udsugningsventilation – dette er diskuteret yderligere i diskussionsafsnittet.

Tabel 17. Værktøjets sammentræf med målingerne

Sammentræf mellem indeklimaværktøjets vurdering og måleresultater	
CO <sub>2</sub> -koncentration	64 %
Overtemperatur	82 %

For de resterende parametre i indeklimaværktøjet bygger vurderingen af dem på anerkendte beregningsmetoder, såsom følgende:

- Dagslysfaktor bygger på en dagslysberegning efter Sumpners formel.
- Efterklangstiden beregnes på baggrund af Sabines formel.
- Kuldenedfald beregnes på baggrund af en beregning af luftens acceleration og hastighed i opholdszonen.

For disse parametre er der lavet beregninger ved siden af værktøjet, men med de samme inddata, for at sikre, at værktøjet regner korrekt.

Dele af værktøjet består af rene logikker (fx om det er muligt for plejepersonalet at tilpasse deres beklædning: Ja/Nej). Disse er ud fra den antropologiske analyse og en vurdering af, hvor nemt det er at ændre på indeklimaet, vægtet under kalibreringen af værktøjet.

## Fuldskala screeninger

Som et led i færdigudviklingen af indeklimaværktøjer er der udført 10 fuldscreeninger af plejecentre fordelt på partnerkommunerne. Plejecentrene var i forbindelse med projektet udvalgt ud fra deres repræsentativitet demografisk, organisatorisk og geografisk – dette afspejler sig i resultaterne. De 10 plejecentre er i rapporten her anonymiseret.

Fra den dynamiske rapport over “kommuneoversigten”, der i dette tilfælde repræsenterer en oversigt over de 10 fuldscreeninger, kan der indhentes et overordnet overblik over bygninger, se Tabel 18.

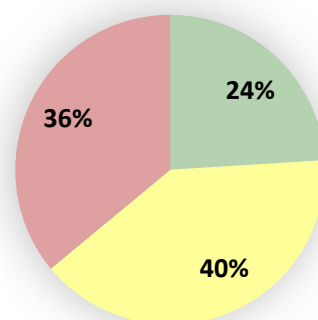
Bygninger med en gennemsnitsscore på mindre end 24 point ender i grøn kategori. Bygninger med en gennemsnitsscore på mindre end 40 ender i gul kategori. Bygninger med en gennemsnitsscore på mere end 40 point ender i rød kategori. Tabellen viser, at der er bygninger som kategoriseres i henholdsvis rød, gul og grøn med en gennemsnitlig score for lokalerne i det enkelte plejecenter mellem 20,5 og 45.

Cirkeldiagrammet (nuværende indeklimaprofil) viser, at der på tværs af de 10 plejecentre er screenet 24% grønne lokaler, 44% gule lokaler og 32% røde lokaler.

Tabel 18. Indeklimascore af fuldskalascreeninger

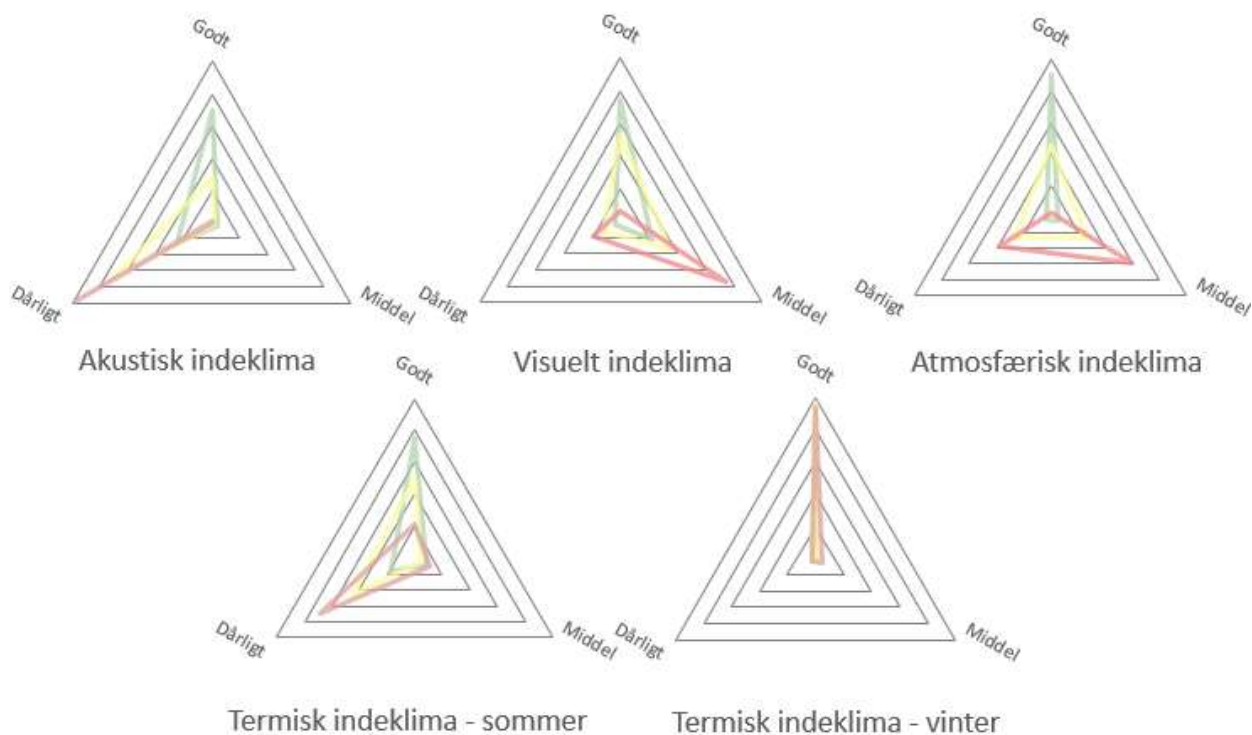
	Gns. Indeklimascore
Plejecenter 1	37,3
Plejecenter 2	38,7
Plejecenter 3	45,0
Plejecenter 4	20,5
Plejecenter 5	36,8
Plejecenter 6	35,5
Plejecenter 7	25,8
Plejecenter 8	43,0
Plejecenter 9	31,5
Plejecenter 10	29,3

Nuværende Indeklimaprofil



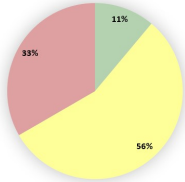
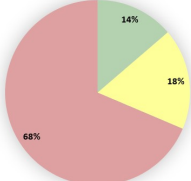
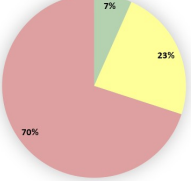
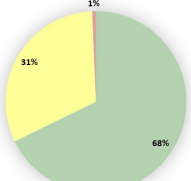
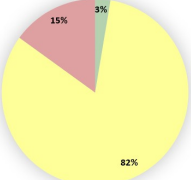
Hvis man dykker længere ned i kommuneoverblikket, kan man fra trekantsillustrationerne se, hvilke indeklimaområder lokalerne har størst problemer med, se Figur 13.

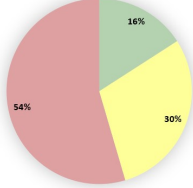
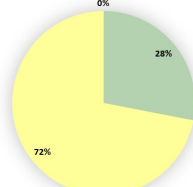
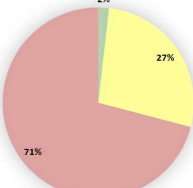
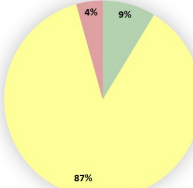
Hvis målet er at forbedre de 32% af lokalerne, som er havnet i en rød kategori, kan trekantillustrationerne bruges til at se, hvad der bedst kan betale sig at rovere for at forbedre denne lokalegruppe mest. Her ses det, at alle de røde lokaler er vurderet som værende dårlige akustisk; omkring 75% af dem har risiko for overtemperaturer, og ca. 40% har problemer med atmosfærisk indeklima. Af trekantdiagrammerne fremgår det ligeledes, at kun ganske få af de i alt 947 screenede lokaler har problemer med kuldnefald eller træk fra utætte døre/vinduer (Termisk indeklima - vinter).

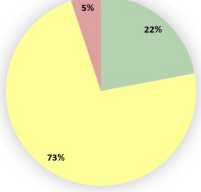


Figur 13. Indeklimaproblematikker i de 10 fuldskala screeninger

Ved bygningsoversigten i den dynamiske rapport kan der tilgås fordelingen af røde, gule og grønne lokaler på de forskellige plejecentre. Det fremgår herfra, at størstedelen af plejecentre har røde lokaler, selvom plejecenteret samlet set gennemsnitligt ligger i gul kategori.

Indeklimaprofil	Gns. score	Screeningens konklusioner
		<p>Bygningen er udstyret med udsug i boligerne, mens de fleste fællesområder har balanceret ventilation og enkelte med naturlig ventilation. Den elektriske belysning er de fleste steder utilstrækkelig, og der mangler arbejdsbelysning over senge i soveværelserne. Generelt har en stor del af plejecenteret udvendig solafskærmning, men der er også steder, hvor det med fordel kan installeres. Dette er gældende for nogle boliger og gangarealer, som opleves meget varme under besigtigelsen. Generelt er det akustiske indeklima mangelfuldt; enkelte fællesområder har akustiklofter.</p>
		<p>Bygningen er overordnet ventileret med mekanisk udsugning; enkelte personalerum er naturligt ventileret. Der er akustiklofter i fællesområder og personalerum, men ikke i boligerne. Ift. det termiske indeklima er fællesområder udstyret med udvendig solafskærmning, mens boligerne ikke er. Den elektriske belysning i bygningen er af ældre karakter og vurderet utilstrækkelig i værktøjet.</p>
		<p>I bygningens fællesområder er der en kombination af udsugningsanlæg og balanceret ventilation, mens boligerne og personalerum er naturligt ventileret. Generelt er der ingen akustiske absorbenter med undtagelse af nogle ældre loftabsorbenter i fælleslokaler. Den elektriske belysning i bygningen er af ældre karakter, men enkelte steder udskiftet til nyere LED-armaturer. Der er ingen arbejdsbelysning over sengene i boligerne. Ift. det termiske indeklima kan der med fordel installeres udvendig solafskærmning.</p>
		<p>Bygningens elektriske belysningsniveau er generelt tilfredsstillende – også på badeværelser – og der er arbejdsbelysning over senge i boligerne. Der er balanceret ventilation i hele bygningen, og der er nyere akustikloft på fællesarealer og i personalerum. I boliger er der ingen akustiklofter, og generelt er der ingen vægabsorbenter på plejecenteret. I bygningen er der delvist monteret solafskærmning, hvor det især i boligerne mangler.</p>
		<p>Bygningen har en kombination af ventilationsløsninger. Nogle personalerum har balanceret ventilation og andre naturlig ventilation. De fleste fællesområder har naturlig ventilation. Boligerne har mekanisk udsugning. Generelt er den elektriske belysning mangelfuld. Belysningen på badeværelser er utilfredsstillende, og der er ingen arbejdsbelysning over seng i boliger. De akustiske forhold i bygningen er en kombination af nyere og ældre absorbenter i loftet i fællesarealer og personalerum, mens der ikke er loftabsorbenter i boliger. Generelt er der ingen vægabsorbenter i plejecenteret. Det termiske indeklima er af blandet karakter. Generelt er der udvendig solafskærmning for boliger. Flere personalerum og fællesarealer er udsat for en større udefrakommende varmepåvirkning; disse lokaler kunne også have gavn af effektiv solafskærmning.</p>

		<p>Boliger har overvejende mekanisk udsugning, mens fællesarealer og personalerum er en kombination af balanceret ventilation og naturlig ventilation. Generelt er der i bygningen ældre akustikloft i fællesarealer og personalerum. Boliger har ingen akustiske loftabsorbenter med undtagelser af enkelte områder, hvor der er et ældre akustikloft. Der er ingen vægabsorbenter i bygningen.</p> <p>I boligerne er der ingen belysning over seng og ikke tilstrækkeligt lysniveau på badeværelser. Belysning er en kombination af nyere og ældre belysningsarmature på fællesarealer og personalerum; flere steder er belysningsniveauet vurderet tilstrækkeligt, mens det andre steder vurderes utilstrækkeligt.</p> <p>Mange steder på plejecenteret er der allerede fast udvendig solafskærmning – dette er især gældende for den ene fløj, hvor både boliger og fællesarealer har fast udvendig solafskærmning. I de resterende fløje er der dog et behov for afskærmning for både fællesområder, personaleområder og boliger, som ikke er indfriet.</p>
		<p>I bygningen er der generelt nyere akustiklofter, men med undtagelse af boliger, hvor der ikke er akustiklofter. Der er ingen vægabsorbenter på plejecenteret. Gangarealer har naturlig ventilation, mens fællesområder, personalerum og boliger har balanceret ventilation.</p> <p>Gangarealer er vurderet utilfredsstillende ift. belysning, men ellers generelt god belysning på plejecenterets fællesområder, personaleområder samt badeværelser, og der er installeret arbejdsbelysning over seng i boligerne. Der er ingen udvendig solafskærmning på plejecenteret til trods for, at mange boliger, fællesområder og personalerum har en stor udefrakommende varmepåvirkning.</p>
		<p>Bygningen har generelt ældre akustiklofter på fællesarealer og i personalerum, mens der ikke er akustiklofter i boliger. Der er ingen vægabsorbenter på plejecenteret.</p> <p>Der er ingen udvendig solafskærmning på plejecenteret. Generelt mangler flere boliger samt fælleslokaler en effektiv solafskærmning. Boliger har udsugningsventilation, mens fællesområder og personalerum har naturlig ventilation. Der er ingen arbejdsbelysning over senge i boliger, og belysningen på badeværelser er vurderet utilstrækkelig – flere steder er belysningen renoveret, men der er både fællesområder og personalerum, hvor belysningen er utilstrækkelig.</p>
		<p>Bygningen har nyere akustiklofter i flere af de fælles opholdsrum, men ellers overvejende uden akustiklofter. Der er ingen vægabsorbenter på plejecenteret. Flere af lokalerne orienteret mod øst i bygningen har fast udvendig solafskærmning. Vestvendte lokaler har dog mangel på udvendig solafskærmning. Generelt er der balanceret ventilation både i fælleslokaler, personalerum og boliger. Enkelte fællesområder har naturlig ventilation.</p> <p>Der er ingen arbejdsbelysning over senge i boliger. Belysningen på fællesområder og personaleområder er vurderet tilstrækkelig – ligeledes er belysningen på badeværelser i boligerne.</p>

		<p>I bygningen er der ældre akustiklofter i fællesarealer og personalerum, mens der ikke er akustiklofter i boliger. Der er ingen vægabsorbenter på plejecenteret. Der er enkelte steder med udvendig solafskærmning, men der er stadig fællesområder og personalerum der kunne have gavn af det. Belysningen i bygningen er generelt af nyere karakter og vurderet tilstrækkelig – også på badeværelser. Der er tilmed arbejdsbelysning over senge i boligerne. Generelt er der udsugningsanlæg i boligerne, mens der på fællesområderne og personaleområder er balanceret ventilation.</p>
---	--	--

Fuldskalascreeningerne har yderligere bidraget med en række erfaringer, som kort er oplyst her:

- Der er meget stor forskel i plejecentres størrelse og dermed også stor forskel i, hvor lang tid det tager at screene.
- Én person kan i gennemsnit screene et plejecenter om dagen.
- Kopieringsfunktionen letter screeningsopgaven betragteligt.
- Screeningsresultaterne peger overordnet i den retning, som vi forventede – naturligvis med nogle få afvigelser, som vil opstå som følge af 80/20 tilgangen.
- Selvom boligerne ikke har arbejdsbelysning over seng, kan lokalet godt blive vurderet grønt i det visuelle indeklima, hvis udsynet og dagslysfaktoren er god.
- Boligerne bærer generelt præg af en nedprioritering i forhold til fællesarealerne – særligt i forhold til akustiske absorbenter, udvendig solafskærmning og ventilationsprincip.
- Generelt mangel på vægabsorbenter på plejecentrene trods beboere med skærpede akustiske behov.
- Ingen besøgte bygninger med døgnrytmestyret elektrisk belysning.
- Generelt er belysning mangelfuld på badeværelser, og der mangler arbejdsbelysning over seng i boligerne.

# Diskussion

## Diskussion

Det udviklede værktøj kan i forbindelse med planlægning af overordnede indeklimaindsatser være et meget stærkt værktøj, som understøtter den strategiske proces, det er at prioritere sine midler bedst muligt.

Da det er et strategisk værktøj, er det også afhængig af ikke at være for processtung, hvilket betyder, at der – for at prioritere hastigheden i screening – er nødt til at indgå enkelte kompromisser på præcisionen. De fem væsentligste usikkerhedskilder identificeret af projektgruppen er her oplistet:

- 1) Værktøjet anser generelt udsugningsventilation som utilstrækkeligt og giver først en 'grøn' vurdering, når et lokale har balanceret ventilation.
  - a. Målinger viser, at CO<sub>2</sub>-koncentrationen godt kan være fin ved udsugningsventilation i plejecentre grundet den lave personbelastning. Målinger viser dog også flere tilfælde, hvor CO<sub>2</sub>-koncentrationen ikke er god med udsugningsventilation.
  - b. Antagelsen kan altså give 'falske-negativer', hvilket ikke er vurderet til at være et stort problem, da det tvinger en administrativ medarbejder i kommunen til at forholde sig til, om udsugningsventilationen er tilstrækkelig.
- 2) Værktøjet antager, at udvendig solafskærmning, hvis valgt, altid er effektiv overfor at modvirke termiske problemer. Værktøjet vurderer altså ikke på effektiviteten af den monterede solafskærmning. Det er derfor op til screeneren at vurdere, om solafskærmning er effektiv.
  - a. Dette kan give 'falske-positiver', hvor lokaler med termiske problemer i værktøjet er graderet som 'grøn'.
  - b. Det ville kræve et stort tillæg af spørgsmål for at vurdere effektiviteten af solafskærmning, hvorfor det er vurderet, at nuværende niveau er tilstrækkeligt.
- 3) Atmosfærisk indeklime vil altid gradueres 'rødt', hvis et lokale ingen ventilation har.
  - a. Målinger viser, at CO<sub>2</sub>-koncentrationen godt kan holdes under 1000 ppm ved naturlig ventilation, men i langt de fleste tilfælde er det ikke tilfældet.
- 4) Værktøjet tager som udgangspunkt ikke højde for dårlig styring af opvarmnings- og ventilationsanlæg eller underdimensionerede ventilationsanlæg. Data kan dog beriges for ventilationsanlæg i beregningskernen, hvis brugeren har indgående kendskab til tekniske anlæg.
  - a. Værktøjet vurderer på, om et lokale har installeret de nødvendige foranstaltninger til at understøtte et godt indeklime.
  - b. Hvis ikke enten screener eller administrativ medarbejder i kommunen har forholdt sig til, om ventilationen er tilstrækkelig, vil et lokale ikke kunne blive grøn atmosfærisk.
- 5) En tung bygningskonstruktion har nemmere ved at udligne termiske problemer, hvorfor tunge bygninger har færre problemer med overtemperaturer end lette bygninger.
  - a. Værktøjet antager som udgangspunkt, at store vinduespartier mod øst, syd og vest uden udvendig solafskærmning forårsager overtemperaturer i sommerhalvåret.
  - b. Dette kan forårsage 'falske-negativer', hvor lokaler uden termiske problemer angives til at have termiske problemer. Falske negativer anses ikke som et væsentligt problem.



Generelt har det atmosfæriske indeklima vist sig anderledes at analysere ud fra målinger, end hvad man er vant til i andre bygningstypologier. Dette skyldes, at personbelastningen er meget lav på plejecentre samtidig med, at der er kraftige kilder til afgasninger og partikelforurening til stede – såsom urin, rygning, madlavning mv. CO<sub>2</sub>-koncentration som indikator for den atmosfæriske indeklimakvalitet i plejecentre bør derfor genovervejes og kræver yderligere undersøgelser.

Dette værktøj slutter sig til to andre lignende screeningsværktøjer for henholdsvis skoler og daginstitutioner. Med disse tre værktøjer dækkes nu de bygninger, som understøtter kommunernes kernevelfærdsydelser. De to andre værktøjer er blevet taget godt imod af de danske kommuner, hvor ca. 18% af de danske folkeskoler og 6% af daginstitutionerne er screenet med værktøjerne. Det forventes, at dette værktøj bliver taget imod på samme måde. En af de største begrænsninger for brugen af dette screeningsværktøj er ejerforholdene i plejecentrene. I mange plejecentre har kommunen kun ejerskab af dele af plejecentrene, f.eks. fælleslokaler og klimaskærm, hvorimod en beboerorganisation har ansvar for den resterende del, f.eks. boligerne. Det betyder, at renovering- og vedligeholdelsesansvaret ofte er fordelt over flere parter, hvilket både kan besværliggøre prioritering af midler til indeklimarenoveringer og deraf beslutningen om, hvem der afholder udgiften til screeningen af hele plejecentrets indeklima.

Fælles for alle tre værktøjer er, at de på en tids- og kosteffektiv måde danner et komplet overblik over bygningsporteføljens *sandsynlige indeklima*. Værktøjerne er meget stærke strategiske redskaber til at overskue en større bygningsmasse og estimere omkostningerne til at løfte indeklimaet i nogle få eller alle bygningerne. Derfor har værktøjerne også mest sin berettigelse hos kommuner med en stor bygningsportefølje. Ved mindre bygningsporteføljer kan det være nemmere at overskue bygningsstanden af de enkelte bygninger, og det er ofte muligt at kortlægge ved måling i repræsentative lokaler.

Det anbefales at bruge antallet af tildelte point til at planlægge, hvor renoveringsindsatsen skal foretages. Selve rød-gul-grøn-skalaen er en visuel nem måde at overskue bygningsmassen på, men et gult lokale kan f.eks. enten være tæt på grønt niveau eller tæt på rødt niveau, hvilket der bør tages højde for i planlægningen. Derfor bør plejecentre og lokaler rangeres efter deres respektive point. Ligeledes er det vigtigt, at man som bruger ikke isolerer ens indsats til at kigge på kommuneniveauet, da røde lokaler godt kan gemmes i en gennemsnitlig score af bygningens lokaler. Det er vigtigt, at man forholder sig til de enkelte lokaler.

Det udviklede indeklimaværktøj kan tilgås ved at kontakte Transition ApS. I den nuværende udgave virker koblingen imellem spørgeskemaet og beregningskernen kun, hvis beregningskernen er placeret i et Office 365 miljø, hvor PowerAutomate-funktionen kan forløbe. Det vil til enhver tid være muligt at få tilsendt en offline-kopi af beregningskernen og screeningsresultaterne, som man kan lagre på eget drev som en baseline. I fremtiden vil det være oplagt at videreudvikle indeklimaværktøjet som et gratis tilgængeligt værktøj for branchen. Indeklimaværktøjet til screening af skoler er allerede udviklet til et separat værktøj kaldet IK-Tjek, som er gratis tilgængeligt – det vil være oplagt at kigge i samme retning med dette værktøj.

[www.transition.nu](http://www.transition.nu)

## Bilagsliste

Bilag 1: Kalibrering af værktøjet mod indeklimamålinger

Bilag 2: Pointfordeling i beregningskernen

Bilag 3: Spørgeskema til indeklimaværktøj

---

## Litteraturliste

- <sup>i</sup> Bentayeb, M., Norback, D., Bednarek, M., Bernard, A., Cai, G., Cerrai, S., Eleftheriou, K. K., Gratiou, C., Holst, G. J., Lavaud, F., Nasilowski, J., Sestini, P., Sarno, G., Sigsgaard, T., Wieslander, G., Zielinski, J., Viegi, G., & Annesi-Maesano, I. (2015). Indoor air quality, ventilation and respiratory health in elderly residents living in nursing homes in Europe. *European Respiratory Journal*, 45(5), 1228–1238. <https://doi.org/10.1183/09031936.00082414>
- <sup>ii</sup> Wolkoff, P. (2018). Indoor air humidity, air quality, and health – An overview. In *International Journal of Hygiene and Environmental Health* (Vol. 221, Issue 3, pp. 376–390). Elsevier GmbH. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2018.01.015>
- <sup>iii</sup> Wolkoff, P. (2018). The mystery of dry indoor air – An overview. In *Environment International* (pp. 1058–1065). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.10.053>
- <sup>iv</sup> Wolkoff, P. (2018). Indoor air humidity, air quality, and health – An overview. In *International Journal of Hygiene and Environmental Health* (Vol. 221, Issue 3, pp. 376–390). Elsevier GmbH. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2018.01.015>
- <sup>v</sup> Shaman, J., Pitzer, V. E., Viboud, C., Grenfell, B. T., & Lipsitch, M. (2010). Absolute humidity and the seasonal onset of influenza in the continental United States. *PLoS Biology*, 8(2). <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1000316>
- <sup>vi</sup> Wang, C. C., Prather, K. A., Sznitman, J., Jimenez, J. L., Lakdawala, S. S., Tufekci, Z., & Marr, L. C. (2021). Airborne transmission of respiratory viruses. *Science*, 373(6558). <https://doi.org/10.1126/science.abd9149>
- <sup>vii</sup> Aganovic, A., Bi, Y., Cao, G., Kurnitski, J., & Wargoeki, P. (2022). Modeling the impact of indoor relative humidity on the infection risk of five respiratory airborne viruses. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1396757/v1>
- <sup>viii</sup> Bentayeb, M., Norback, D., Bednarek, M., Bernard, A., Cai, G., Cerrai, S., Eleftheriou, K. K., Gratiou, C., Holst, G. J., Lavaud, F., Nasilowski, J., Sestini, P., Sarno, G., Sigsgaard, T., Wieslander, G., Zielinski, J., Viegi, G., & Annesi-Maesano, I. (2015). Indoor air quality, ventilation and respiratory health in elderly residents living in nursing homes in Europe. *European Respiratory Journal*, 45(5), 1228–1238. <https://doi.org/10.1183/09031936.00082414>
- <sup>ix</sup> Jensen, K. E. (2017). *Genvej til bedre Indeklima på plejehjem*. Energiforum Danmark - bygninger i centrum for den grønne omstilling. Hentet November 7, 2022, fra

---

<https://www.energiforumdanmark.dk/app-magasiner/2017/maj-tema-fremtidens-energilosninger/genvej-til-bedre-indeklima-pa-plejehjem/>

- <sup>x</sup> Sørensen, A. (2020, November). Dimensionering af plejeboligens indeklima byder på udfordringer. *HVAC Magasinet*, 12, 24–26.
- <sup>xi</sup> Terkildsen, M. (2004). *Indretning af plejecentre – for svage ældre og mennesker med demens* (1. udgave). Styrelsen for Social Service.
- <sup>xii</sup> Sundheds- og Omsorgsforvaltningen i Københavns Kommune i samarbejde med JJW Arkitekter. (2017). *Indretning af plejecentre*. Københavns Kommune.
- <sup>xiii</sup> Klenk, J., Becker, C., & Rapp, K. (2010). Heat-related mortality in residents of nursing homes. *Age and Ageing*, 39(2), 245–252. <https://doi.org/10.1093/ageing/afp248>
- <sup>xiv</sup> Sundheds- og Omsorgsforvaltningen i Københavns Kommune i samarbejde med JJW Arkitekter. (2017). *Indretning af plejecentre*. Københavns Kommune.
- <sup>xv</sup> Madsen, F., & Emborg, I. M. (2013). *Bedre lys til ældre borgere, Håndbog*. PlanC.
- <sup>xvi</sup> Holmelund, M. (2021, April 14). *Hørenedsættelse hos ældre*. Sundhed.dk. Hentet november 30, 2022, fra <https://www.sundhed.dk/borger/patienthaandbogen/oere-naese-hals/sygdomme/indre-oere-og-balanceorganer/hoerenedsaettelse-hos-aeldre-presbyakusis/>
- <sup>xvii</sup> ECOPHON. (n.d.). *Akustik guiden* (Vol. 2).
- <sup>xviii</sup> Nationalt videnscenter for demens. (2021, August 12). *Sansestimulering*. Nationalt Videnscenter for Demens. Hentet november 30, 2022, fra <https://videnscenterfordemens.dk/da/sansestimulering>
- <sup>xix</sup> Nielsen, P. V. (2013). Luftfordeling i rum. In *Varme. og Klimateknik, Grundbog* (4th ed., Vol. 1, pp. 226–226). essay, Danvak ApS.