



Plejecentrenes indeklima: National kortlægning af indeklimaet på landets plejecentre

Screening og måling af indeklima på plejecentre

Rapport april 2022 AP 3.2 -Indeklimamåling

Støttet af Realdania



**TEKNOLOGISK
INSTITUT**



**Høje-Taastrup
Kommune**



Transition

1 af 22

Udarbejdet af:

Christian Nicolai Nielsen, specialist, Teknologisk Institut

Merete Lyngbye, sektionsleder, Teknologisk Institut

Birger Bech Jessen, seniorspecialist, Teknologisk Institut

April 2022

Dette notat beskriver resultaterne af AP 3.2 – *Indeklimamåling*, en leverance fra Teknologisk Institut i forbindelse med de indeklimatekniske målinger i projektet Plejecentrenes indeklime.

Indhold

BAGGRUND	4
LÆSEVEJLEDNING.....	4
MÅLEMETODER I PROJEKTET	5
CASEBYGNINGERNE	6
RESULTATER.....	7
Temperatur	8
Relativ fugtighed	10
CO ₂ -koncentration	11
Mekanisk ventilation.....	13
Partikelkoncentration	14
Belysning	16
Støj og akustik.....	17
Lydniveauer.....	18
Efterklangstider.....	18
Taleforståelighed	19
Sammenligning mellem plejecentre	20
KONKLUSION.....	22

BAGGRUND

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

Ny veldokumenteret international forskning illustrerer, at indeklimaet på plejecentre kan have negativ indflydelse på ældres helbred generelt og deres luftveje specifikt.¹ Til trods herfor viser erfaringerne, at der ikke er nævneværdig fokus på indeklimaet på landets plejecentre, idet der konstateres udfordringer med for høje niveauer af især CO₂ og fugt. Dette skyldes, at der i mange tilfælde er ingen eller utilstrækkelig ventilation, og at ventilationen ofte ikke er egnet til at imødekomme de særlige krav, som stilles på et plejecenter, idet beboerne bor der og derfor tilbringer hele døgnet på plejecentret året rundt. Problematikken er dobbelt, da plejecentrene samtidig også er arbejdsplads for personalet, hvorfor der også skal tages hensyn til et arbejdsmiljø.

I projektet indgår ti kommuner, der er repræsentative demografisk, organisatorisk og geografisk, hvilket gør det muligt at konkludere generelle tendenser og mulige løsninger for landets plejecentre. I hver kommune indgår to plejecentre, så der i alt indgår 20 plejecentre i undersøgelsen. Ti plejecentre blev på baggrund af deres placering, størrelse og byggeår udvalgt til indeklimamålingerne og på tre plejecentre er der yderligere udført en antropologisk forundersøgelse. Konklusionerne fra indeklimamålingerne og den antropologiske analyse danner grundlaget for kravspecifikationer til et indeklimaværktøj som senere skal testes og valideres på plejecentrene. Derudover giver indeklimamålingerne indsigt i den samlede objektive oplevelse af indeklimaet, hvilket sammen med den antropologiske forundersøgelse og indeklimaværktøjet vil hjælpe personalet til at evaluere indeklimaet. Projektet skal være med til at sætte fokus på indeklimatilstanden i landets plejecentre og vil være et udgangspunkt til at prioritere og udvikle specifikke løsninger og tiltag til indeklimaforbedringer.

Følgende rapport fremlægger resultaterne fra indeklimamålingerne for at opfylde formål 1.

LÆSEVEJLEDNING

Efter en beskrivelse af den metodiske tilgang, præsenteres de ti plejecentre, som udgør casebygningerne for undersøgelsen.

Dernæst kommer der et langt afsnit, der præsenterer resultaterne for vinter- og sommermålingerne, med tilhørende forklaringer som sætter resultaterne i perspektiv. Hver type måling har sit eget afsnit, hvor målingerne sammenlignes på tværs af plejecentre og årstid. Formålet er at tage læseren med ud på plejecentrene og give et indblik i deres indeklima og indretning i det gennemsnitlige danske plejecenter.

Rapporten slutter med en konklusion, der fremhæver de overordnede resultater.

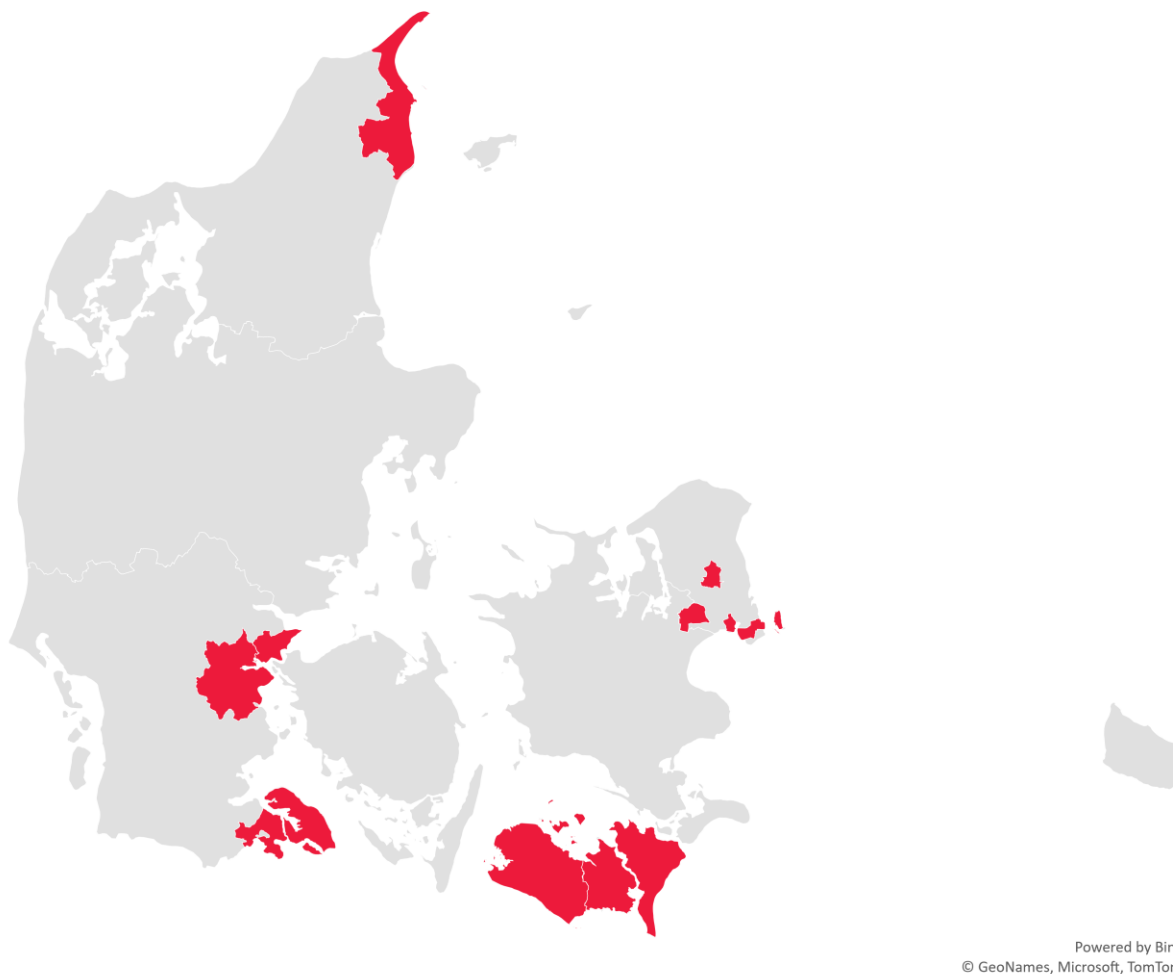
¹ "Indoor air quality, ventilation and respiratory health in elderly residents living in nursing homes in Europe." European respiratory Journal (2015).

MÅLEMETODER I PROJEKTET

I den måletekniske del af projektet anvendes kvantitative metoder som grundlag for dataindsamling og analyse. Hvor kvalitative metoder baserer sig på interviews og involverer en høj grad af fortolkning, tager kvantitative metoder udgangspunkt i målte værdier om indeklimaet.

Ventilationsingeniører har derfor lavet registreringer og målinger af indeklimaet i beboernes værelser, i fællesområder og i få personalerum.

Totalt set blev der opsamlet 77.908 målinger fordelt på 116 rum i ti plejecentre i perioderne marts-april 2021, juni-august 2021 og december 2021 til februar 2022. Af hensyn til databeskyttelsesforordningen kan vi ikke angive hvilke plejecentre der deltog i undersøgelsen. Et plejecenter blev udvalgt for hver af de ti kommuner der indgår i undersøgelsen som er illustreret på kortet nedenfor.



Figur 1. Danmarkskort hvor de ti kommuner der medvirkede til indeklimatemålinger, er farvet røde. De ti kommuner som ses på kortet er: Fredericia, Frederikshavn, Furesø, Guldborgsund, Hvidovre, Høje-Taastrup, Kolding, Lolland, Sønderborg og Tårnby.

Indeklimamålingerne er foregået fysisk på hver af de ti plejecentre, hvor der samtidig også er foretaget observationer om indretning og rummenes placering i forhold til verdenshjørnerne. Specialmålinger med højpræcisionsudstyr blev foretaget som stikprøvemålinger, mens målinger af luftens temperatur, CO₂-koncentration og relativ fugtighed blev målt hver time over en uge i en sommerperiode og en vinterperiode. Tabel 1 viser en oversigt over, hvilke parametre der blev målt på plejecentrene, og hvordan målingerne blev foretaget.

Tabel 1. Oversigt over målte parametre, måleinstrumenter og måleforhold.

Parameter	Måleinstrument	Måleforhold
Temperatur [°C]	IC-meter og TSI VelociCalc 9565	Kontinuert: hver time og punktmåling
CO ₂ -koncentration [ppm]	IC-meter og ELMA DT802D	Kontinuert: hver time og punktmåling
Relativ luftfugtighed [%]	IC-meter og TSI VelociCalc 9565	Kontinuert: hver time og punktmåling
Lysforhold, illuminans [lux]	Testo 540	Punktmåling i minimum 3 punkter
Partikelkoncentration PM1, PM2,5, respirable partikler og PM10 [mg/m ³]	TSI DustTrak DRX 8534	Punktmåling gennemsnit af minimum 3 minutter
Partikelkoncentration af ultrafine partikler [antal partikler/cm ³]	TSI P-Trak 8525	Punktmåling gennemsnit af minimum 3 minutter
Luftstrøm i udsugning [m ³ /h]	TSI VelociCalc 9565-P og KIMO måletragt 300x300 mm	Punktmåling gennemsnit af minimum 3 målinger
Luftstrøm i indblæsning [m ³ /h]	TSI Accubalance og SwemaFlow 126	Punktmåling gennemsnit af minimum 3 målinger

Som del af databehandlingen er plejecentre og rumnumre blevet anonymiseret for at beskytte potentielle personoplysninger. Som et eksempel med fiktive tal bliver bolig 58 i et givent plejecenter omdøbt til P07 (Plejecenter 7) B43 (Bolig 43) og fællesområdet mellem bolig 27 og bolig 35 bliver omdøbt til P07 (Plejecenter 7) F65 (Fællesområde 65).

CASEBYGNINGERNE

De ti plejecentre, hvor der blev taget indeklimate målinger, er alle almindelige, somatiske plejecentre, hvilket betyder, at der ikke blev målt indeklima i specialiserede demensenheder. Plejecentrene skal kunne rumme alle kategorier af borgere, der har fysiske og psykiske udfordringer, der gør, at de ikke kan bo i eget hjem.

Selvom plejecenterbygningernes udformning er vidt forskellige, så er der mange ligheder i deres indretning. De enkelte boliger er ofte kvadratiske eller lidt rektangulære på 40 – 60 m² med et til to værelser og et badeværelse med skydedør. Fællesarealer er typisk indrettet med køkken, spisestue og TV-stue i samme rum med plads til 10 – 20 personer. Nogle plejecentre har også større fællesrum eller flere rum til aktiviteter. Plejepersonalet og ledelsen har ofte nogle centralt placerede kontorlokaler med plads til 2 – 8 arbejdsstationer. I nogle plejecentre er der også indrettet mødelokaler, mens andre benytter kontorer eller fællesområder til møder. Derudover er der også personaletoiletter og vaskerum rundt omkring. Det hele er forbundet af lange gangarealer med niveaufri adgang til alle rum.

For hvert plejecenter blev der udvalgt et antal af boliger, fællesrum og kontorer for at foretage indeklimate målinger. Rum til indeklimate målinger blev udvalgt på baggrund af plejecenterets størrelse, rummenes beliggenhed, beboernes accept og plejepersonalets anvisninger. Målsætningen var at udføre så mange indeklimate målinger som muligt, og fordele målingerne så der var flest boliger repræsenterede, dernæst fællesområder og kontorer. I gennemsnit blev der målt indeklima i 4,5 boliger, 3,5 fællesområder og 1 kontor per plejecenter.

RESULTATER

Til måling af temperatur, relativ fugtighed og CO₂-koncentration blev der ophængt en lille indeklimalogger på væggen for hvert rum. Indeklimaloggeren blev for så vidt muligt sat i midten af rummet og afskærmet fra direkte sollys for at få den mest virkelighedstro måling af lufttemperaturen.



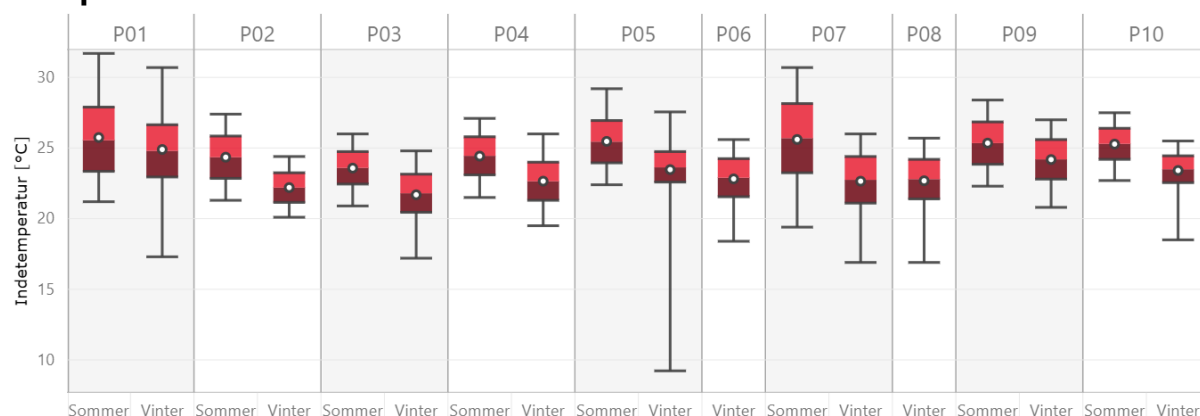
Figur 2. Indeklimalogger hængt op i midten af et fællesområde.

Menneskers termiske komfort varierer med luftens temperatur, fugtighed, lufthastighed (windchill effekt), strålevarme, aktivitetsniveau og hvor meget tøj man har på. Standard designværdier for indetemperaturen ligger på 21 – 22 °C jf. ISO 7730 og EN 16798-1, men flere studier i plejecentre har vist at ældre foretrækker en temperatur på 23 – 25 °C.² Derimod kan plejepersonalet have et højere aktivitetsniveau, som betyder, at plejepersonalet har det for varmt hvis indetemperaturen er over 22 °C.

I det følgende præsenteres såkaldte boksploths (fx Figur 3). De vises som tofarvede kasser med en øvre og nedre hale. Delingen i midten mellem de to farver er medianen, den lille hvide cirkel er gennemsnittet, kassens øvre og nedre grænse viser øvre og nedre kvartil og halerne viser maksimum og minimum.

² Tartarini, Federico & Cooper, Paul & Fleming, Richard. (2018). Thermal perceptions, preferences and adaptive behaviours of occupants of nursing homes. *Building and Environment*. 132. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.01.018>

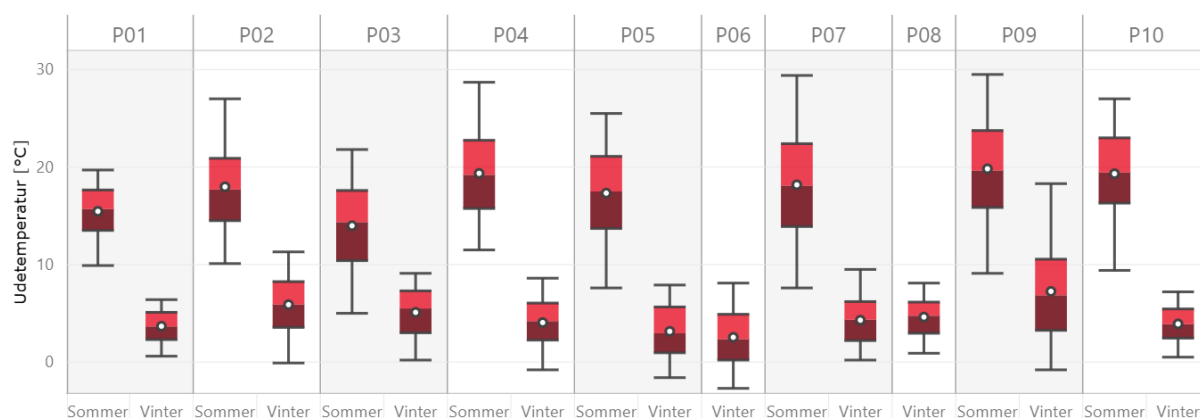
Temperatur



Figur 3. Lufttemperaturer per plejecenter, fordelt på sommer og vintermålinger.

Den gennemsnitlige temperatur om sommeren var 25,2 °C for boliger og kontorer og 24,8 °C for fællesområder. Generelt er temperaturen lidt højere end hvad der anses som komfortabelt for beboerne (jf. ISO 7730:2006 og DS/EN 16798-1:2019). For plejepersonalet er indetemperaturen mellem 1 - 5 °C for høj i gennemsnit, fordi personalets aktivitetsniveau er markant højere end beboernes. Ved plejecenter P07 blev der generelt målt de højeste temperaturer i boliger. Det er på trods af at udetemperaturen ikke var nævneværdigt højere sammenlignet med målinger ved de andre plejecentre (se Figur 4). Plejecenter P07 har derimod en stor glasandel og et stort etageareal i forhold til klimaskærmens areal, som giver rig mulighed for at optage solenergien og holde på varmen. Ved plejecenter P01 blev der ved det sydvendte kontor K4 målt temperaturer på op til 31,5 °C, men de målte data tyder på at kontoret stod tomt i måleperioden.

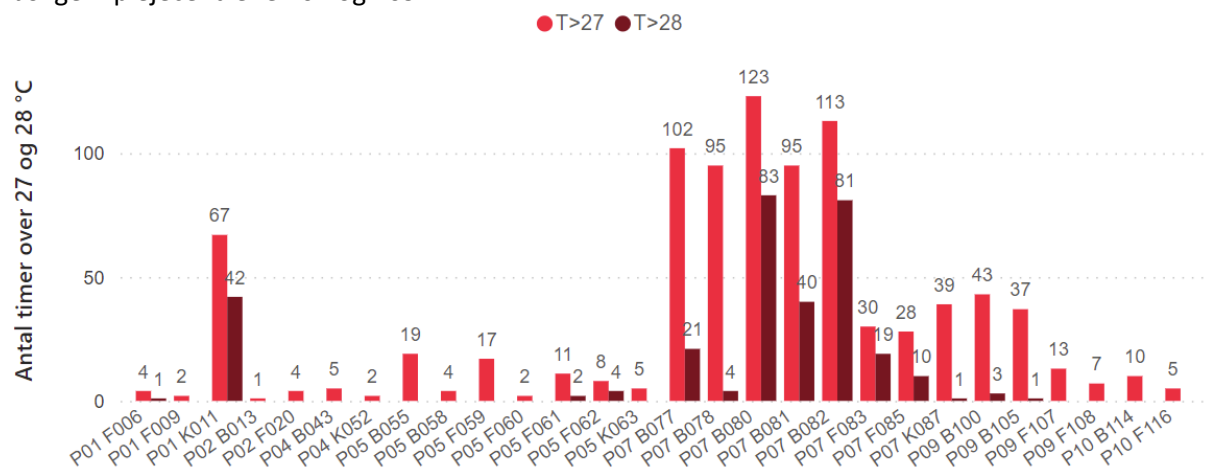
Plejecentrene P03, P07 og P08 havde nogle af de laveste gennemsnitstemperaturer om vinteren, men her var udetemperaturen også lavere sammenlignet med målingerne i de andre plejecentre. Dog var den laveste gennemsnitlige døgntemperatur højere end 20,5 °C, hvilket tyder på at der ikke er problemer med at få varmet op om vinteren. Plejecenter P05 havde et kortvarigt udfald i varmforsyningen, hvilket bevirkede at temperaturen faldt i alle rum ned til omkring 10 °C inden der kom varme på radiatorerne igen. I gennemsnit er indetemperaturen om vinteren 23,1 °C i boliger og kontorer og 23,8 °C i fællesområderne.



Figur 4. Udedørs lufttemperatur i måleperioden for hvert plejecenter.

Ifølge bygningsreglementet BR18 og SBI-anvisning 213 så kan det for boliger antages at der er et tilfredsstillende termisk indeklima, hvis temperaturen ikke overskrider 27 °C i mere end 100 timer per år og 28 °C ikke overskrides i mere end 25 timer per år. Dog kan kravene til overtemperatur i Danmark ses som en lempelse i forhold til de internationale og europæiske standarder ISO

7730:2006 og DS/EN 16798-1:2019 da disse foreskriver en maksimalt tilladelig temperatur på 26 °C ved indeklimaklasse B. Risikoen for overdødelighed på plejecentre stiger ved indetemperaturen på over 26 °C og ved temperaturer på over 30 °C er der en forøget risiko for overdødelighed på 18 %.³ Derfor har man ved overtemperaturkravene i SBI-anvisning 213 sandsynligvis tilgodeset perspektivet om at spare energi frem for at sikre den termiske komfort. Overtemperaturer regnes fra det danske Design Reference Year (DRY2013), mens de målte temperaturer blev målt i perioden juni 2021 til august 2021. Hvis vi sammenligner DRY2013 med målte udetemperaturer og solindfald, så var fordelingen i den målte udetemperatur og DRY2013 meget ens, men der var lidt mere solindfald i måleperioden sammenlignet med DRY2013. Derfor kan der være lidt flere timer med overtemperatur end hvad der normalt ville forekomme. Som vist på Figur 5, var der på trods af en kort måleperiode for hvert plejecenter på omkring en uge, mange timer med overtemperatur i boliger i plejecentrene P07 og P09.



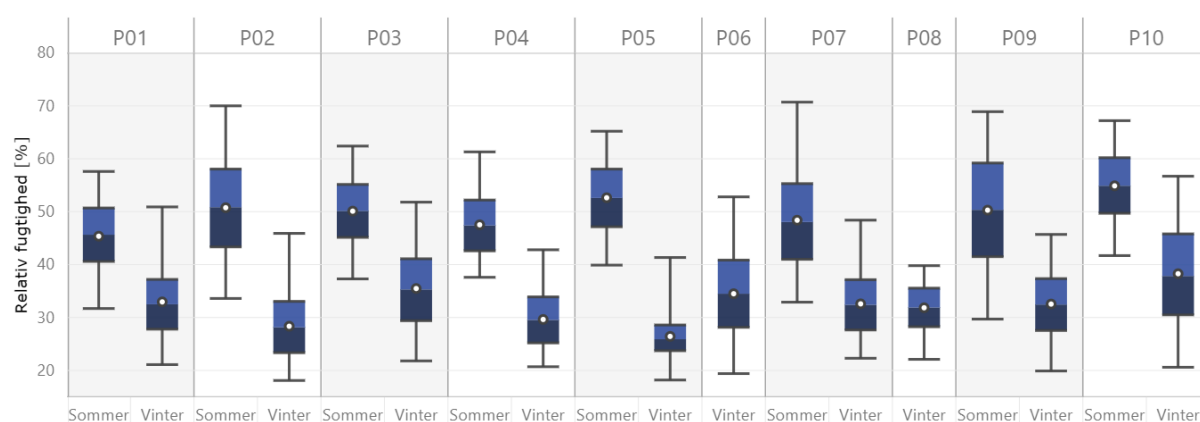
Figur 5. Antallet af timer hvor temperaturen i gennemsnit var højere end 27 °C (rød) og 28 °C (mørk rød) fordelt på plejecenter og rum.

³ Klenk J, Becker C, Rapp K. (2010). Heat-related mortality in residents of nursing homes, 39(2):245-52. <https://doi.org/10.1093/ageing/afp248>

Relativ fugtighed

Relativ fugtighed er et udtryk for hvor tør eller fugtig luften er. For eksempel er der i en regnskov en relativ fugtighed på mellem 77 % og 88 %, og i en ørken en relativ fugtighed omkring 10 % midt på dagen. Indendørs svinger den relative fugtighed alt efter årstiden, og aktiviteter som madlavning og badning kan lokalt øge den relative fugtighed. En relativ fugtighed på under 30 % giver ofte tørre øjne og luftveje mens en længere periode med en relativ fugtighed på over 70 % ofte giver problemer med skimmelsvamp. Dog er der indikationer på at relativ fugtighed har en anderledes påvirkning på ældre mennesker.⁴ Ud fra personalets udtalelser i den antropologiske rapport, kan det tænkes at ældre har mindre tolerance for tør luft (lav relativ fugtighed). Det er dog svært at holde den relative fugtighed over 30 % når udeklimaet er koldt og tørt. Når den indendørs luft erstattes med frisk udeluft om vinteren, så følger fugten med ud af bygningen og man tilføjer opvarmet kold udeluft som har et meget lavt indhold af fugt. Varm luft kan indeholde meget mere vand end kold luft, hvilket er derfor, at når luft bliver opvarmet så falder luftens relative fugtighed. Det kræver virkelig meget energi at tilføje fugt til luft, og af den årsag kan det ikke anbefales at befugte luften i bygninger. For at afhjælpe udtørring af luften om vinteren, så kan man undgå at overventilere bygningen for at holde fugten indendørs.

Figur 6 viser måleresultaterne for relativ fugtighed. Mens enkelte plejecentre havde korte perioder med høj eller lav relativ fugtighed, så var der generelt ikke problemer med luftens fugtighed om sommeren. Alle plejecentre, måske bortset fra P10, havde en luftfugtighed på mindre end 30 %, 6 ud af 24 timer om dagen (en fjerdedel af tiden) om vinteren. Den antropologiske undersøgelse viste at, der er udfordringer med tør luft, også selvom den gennemsnitlige luftfugtighed var omkring 30 %. Man bør nok overveje, hvilke tiltag man kan lave for at øge den relative fugtighed om vinteren.



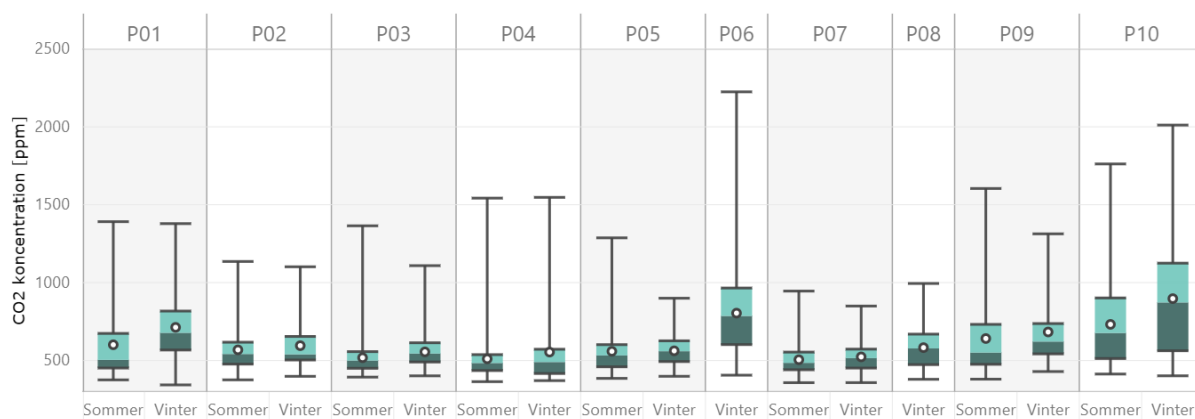
Figur 6. Relativ fugtighed per plejecenter, fordelt på sommer og vintermålinger.

⁴ Wolkoff, P. (2018). Indoor air humidity, air quality, and health – an overview. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 221(3), 376–390. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2018.01.015>

CO₂-koncentration

Luftens CO₂-koncentration bliver ofte brugt som en indikator på luftkvalitet. Mennesker udånder CO₂, mens de aktiviteter vi laver som madlavning, maling, rengøring osv. forurener luften med andre stoffer. Derfor kan man ofte forbinde luftforureningen fra aktiviteter med en forhøjet CO₂-koncentration fra de personer der er til stede for at udføre en aktivitet. På samme måde er CO₂-koncentration ofte en indikator for hvor velventileret rummet er, når der er personer til stede. Udeluftens CO₂-koncentration blev målt til omkring 400 ppm mens man generelt kan blive søvngig i et rum med en CO₂-koncentration på 1500 ppm. Arbejdstilsynet anbefaler at CO₂-koncentrationen i et lokale ikke bør være større end 1000 ppm på arbejdspladser, og hvis CO₂-koncentrationen overstiger 2000 ppm i mere end korte perioder, så er luftskiftet utilstrækkeligt.

Figur 7 viser måleresultaterne for CO₂-koncentration.

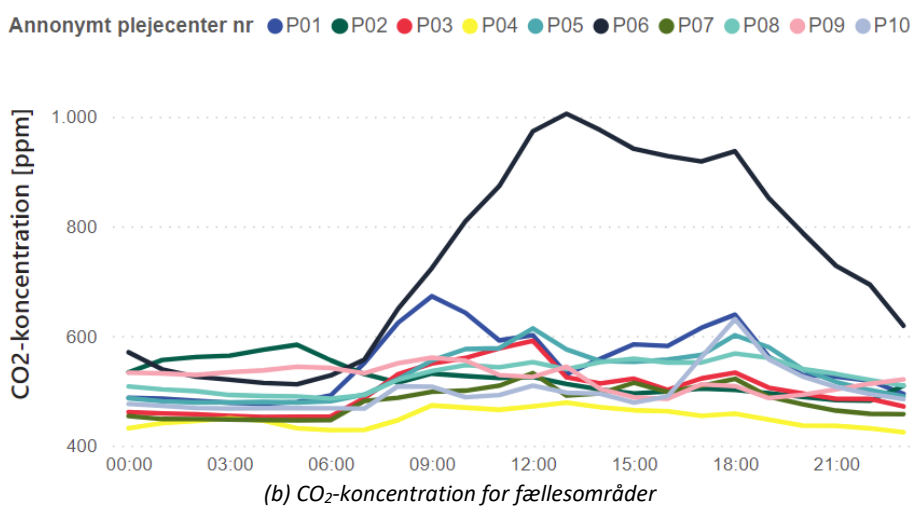
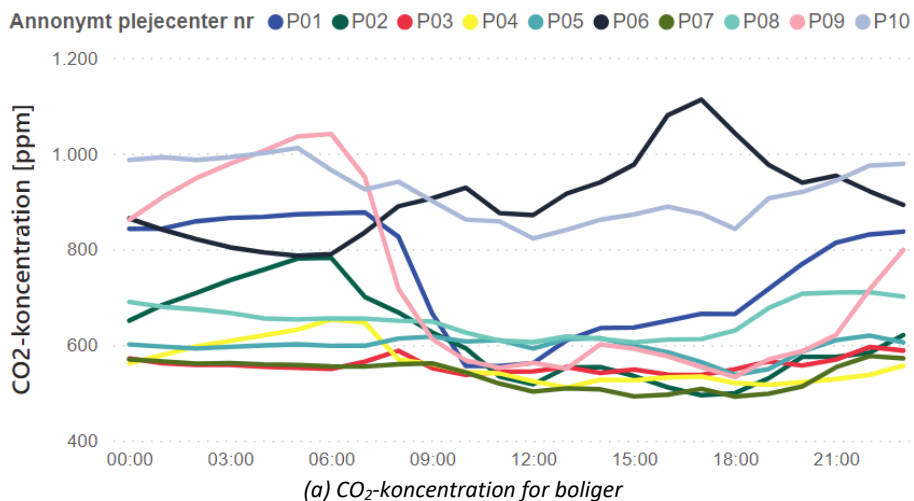


Figur 7. CO₂-koncentration per plejecenter, fordelt på sommer og vintermålinger.

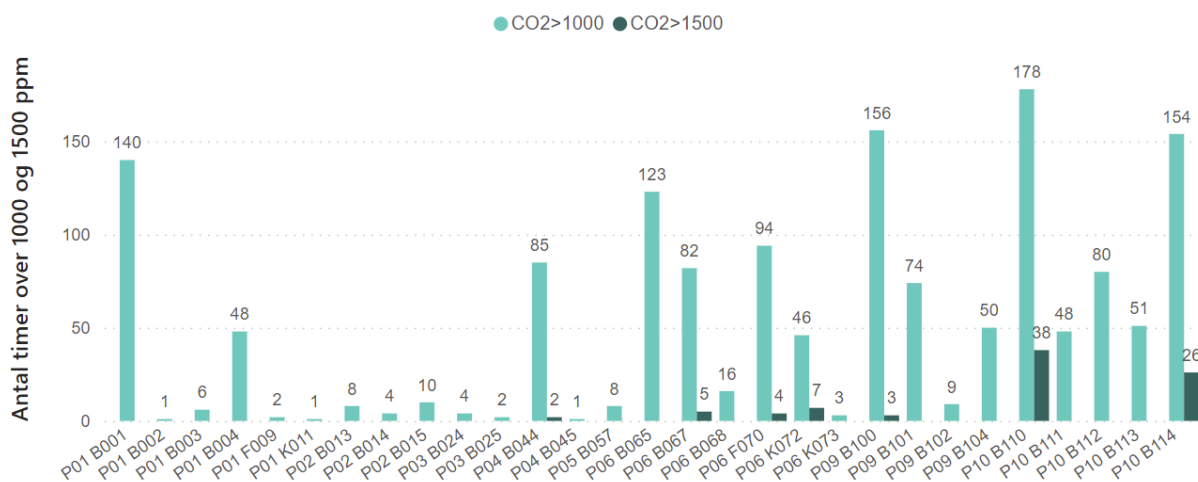
Generelt er CO₂-koncentrationerne lave, med en gennemsnitlig CO₂-koncentration på 671 ppm i boliger, 525 ppm i fællesområder og 508 ppm på kontorer. Plejecenter P07 har generelt en lav CO₂-koncentration, hvilket sandsynligvis hænger sammen med, at det er det eneste plejecenter, hvor der er indblæsning på værelset udover udsugningen på badeværelset.

På Figur 8 kan man se at hvert plejecenter har sin egen karakteristiske fordeling af CO₂-koncentration hen over døgnet. Der er også stor spredning på CO₂-koncentration. I alle boliger (se Figur 8a) er CO₂-koncentration primært højest om natten. Der er et tydeligt fald i CO₂-koncentration for plejecentrene P01, P04, P07 og P09 omkring 08:00. Her er det sandsynligt, at der i få plejecentre er skruet ned for luftmængden på ventilationsanlægget om natten for ikke at overventilere, da behovet for ventilation er minimalt om natten. En anden faktor er at langt de fleste beboere sover om natten, hvor der er størst sandsynlighed for at døre og vinduer er lukkede. I fællesområder (se Figur 8b) er CO₂-koncentration højest om dagen fra 09:00 om morgenen til 20:00 om aftenen. CO₂-koncentration giver et præj om, hvor i plejecentret der er flest mennesker til stede i løbet af døgnet. Fællesområder bliver brugt i dagtimerne, hvor der ved 12:00 og 18:00 er en lille stigning i CO₂-koncentration. Det stemmer overens med den antropologiske undersøgelse som beskriver, at maden er et omdrejningspunkt for beboernes hverdag.

Man kan også se på Figur 9 at bolig B107 i plejecenter P10 har flest timer med høj CO₂-koncentration, mens plejecentrene P07 og P08 ikke fremgår af figuren, fordi CO₂-koncentrationen blev holdt under 1000 ppm.



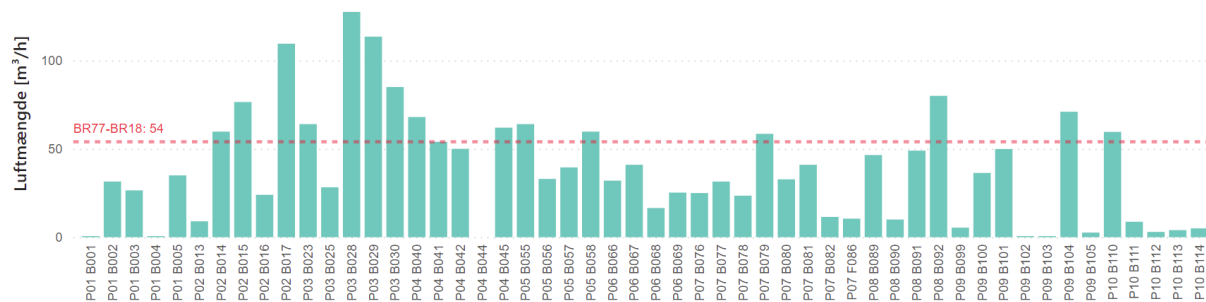
Figur 8. Gennemsnitlig CO₂-koncentration over døgnet 24 timer for hvert plejecenter.



Figur 9. Antallet af timer hvor CO₂-koncentration i gennemsnit var højere end 1000 ppm (cyan) og 1500 ppm (mørk cyan) fordelt på plejecenter og rum.

Mekanisk ventilation

Mekanisk udsugning i bade- og wc-rum i boliger har primært til formål at fjerne fugt for at undgå fugtskader i badeværelset og omkringliggende rum. Et højt luftskifte vil også minimere lugtgener. Alle plejecentrene i undersøgelsen havde mekanisk udsugning på badeværelserne, og de fleste brugte en central ventilationsløsning, som var tilsluttet til badeværelsesventilerne. Kun et plejecenter har balanceret mekanisk ventilation med varmegenvinding (både indblæsning og udsugning) i boligerne. De andre plejecentre havde enten central udsugning uden varmegenvinding, eller en lille udsugningsventilator for hvert badeværelse. I fællesområder er der for det meste balanceret mekanisk ventilation med varmegenvinding.



Figur 10. Luftstrøm af udsugning i boligernes badeværelse fordelt på plejecenter og rum. Den indtegnede stiplede linje viser nuværende (BR77-BR18) krav som udsugning med mekanisk ventilation for bade- og wc-rum skal kunne opnå ved forceret drift.

Figur 10 viser, at luftstrømmen i plejecentrenes badeværelser varierer meget, selv fra rum til rum i samme plejecenter. For et korrekt indreguleret ventilationssystem vil man normalt forvente at der er op til 15 % afvigelse for luftstrømme gennem armaturer jf. DS 447. For eksempel var der stor forskel mellem bolig B013 og B015 i plejecenter P02. I en enkelt af boligerne var den udsugede luftmængde så stor at det var svært at åbne døren til boligen. Derfor kunne det tyde på at ventilationssystemerne i mange plejecentre er indreguleret forkert. Det kan skyldes at der er foretaget ændringer i eller omkring ventilationssystemet der har påvirket trykforholdene i kanalsystemet.

Målingerne er taget som øjebliksværdier, så hvis udsugningen er behovsstyret, så kan de målte luftstrømme være lavere end den luftstrøm som anlægget kan yde ved forceret drift. Derfor kan man ikke ud fra disse målinger fastlægge om udsugningen lever op til kravet i bygningsreglementet. I stedet for kan man se efter de boliger som har luftmængder der er meget mindre eller meget større end 54 m³/h. I 14 af boligerne var luftmængden mindre end 20 m³/h og i 6 af boligerne var luftmængden større end 72 m³/h. Det svarer til at der i 41 % af boligerne enten overventileres eller underventileres.

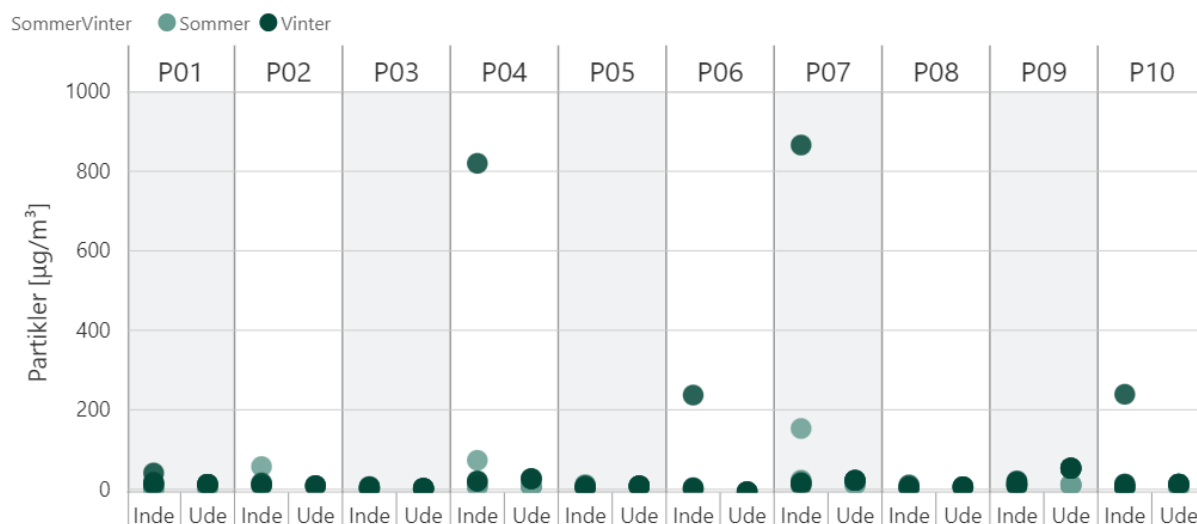
Partikelkoncentration

Hvis vi gennemsnit inhalerer en halv liter luft per åndedræt så svarer det til at vi inhalerer 1 mio. ultrafine partikler ved den gennemsnitlige målte udekonzentration. Generelt kan høje koncentrationer af partikler af udendørs oprindelse associeres med forhøjet risiko for sygelighed og dødelighed⁵. Indendørs kan der forekomme langt større koncentrationer af partikler hvis der ikke er ordentlig ventilation i hjemmet.

Tabel 2 kan give et praj om hvilke partikler luften kan indeholde ved forskellige partikelstørrelser.

Tabel 2. Oversigt over forskellige størrelser af indendørs partikler samt hvorfra de genereres⁶.

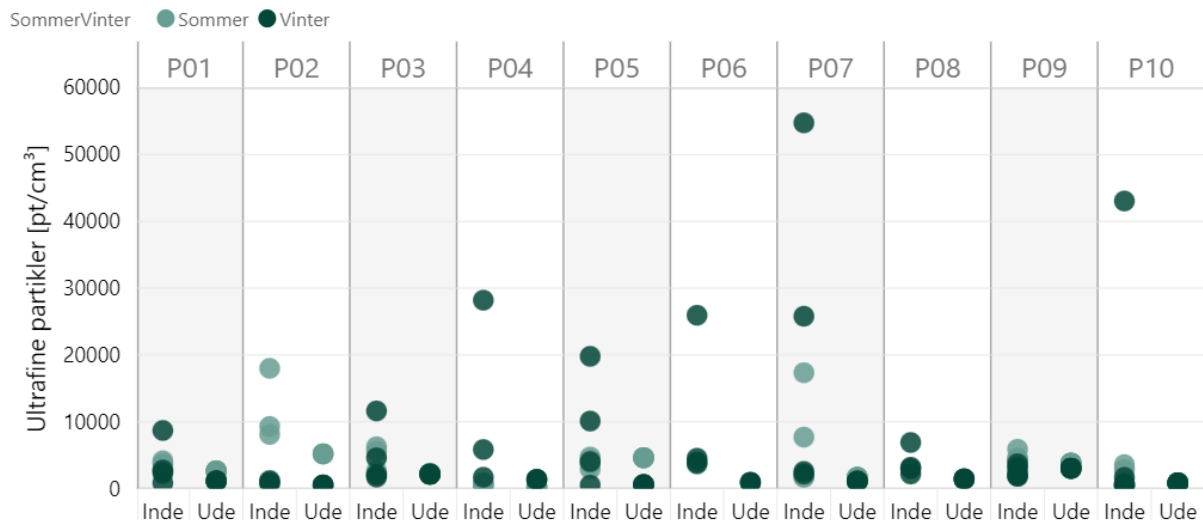
Partikel størrelse	Hvor stammer indendørs partikler fra?
Grove partikler (Mindre end PM10)	Fibre, slitage og jord udefra
Fine partikler (Mindre end PM2,5)	Kemikalier fra mennesker, tilsætningsstoffer i byggematerialer
Ultra fine partikler (Mindre end 0,1 µm)	Forbrænding, gas til partikel transformation, desorption



Figur 11. Koncentration PM10 partikler 0,1-10 µm målt i midten af boligen (Inde) og målt udendørs (Ude) fordelt på plejecenter og sommer (lys grøn) og vintermålinger (mørk grøn).

⁵ World Health Organization. (2021). WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM2.5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. World Health Organization. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/345329>. License: CC BY-NC-SA 3.0 IGO

⁶ Zhang L et. al. (2021). Indoor Particulate Matter in Urban Households: Sources, Pathways, Characteristics, Health Effects, and Exposure Mitigation. Int J Environ Res Public Health. doi: 10.3390/ijerph182111055.



Figur 12. Koncentration af ultrafine partikler 0,02-1 µm målt i midten af boligen (Inde) og målt udendørs (Ude) fordelt på plejecenter og sommer (lys grøn) og vintermålinger (mørk grøn).

Den målte koncentration af partikler er generelt lave i forhold til andre studier⁷ også selvom det kan se ud af meget på graferne. Størstedelen af partikelmålinger på Figur 11 og Figur 12 viser at koncentrationen af partikler indendørs er på samme niveau som koncentrationen af partikler udendørs. Generelt er det rygning som forårsager de højeste koncentrationer af partikler. Men der var også andre kilder til partikelforurening. Hvis der var nogen former for genkendelig lugt, så blev det også noteret sammen med partikelmålingen. I de ti rum der havde den højeste koncentration af ultrafine partikler var der fire som lugtede af rygning, to lugtede af sæbe, en lugtede af rengøringsmiddel, en lugtede af urin og to blev ikke bestemt til at have en særlig lugt. Ved høje koncentrationer af ultrafine partikler (se Figur 12) målte vi også høje koncentrationer af de fine og grove partikler (se Figur 11).

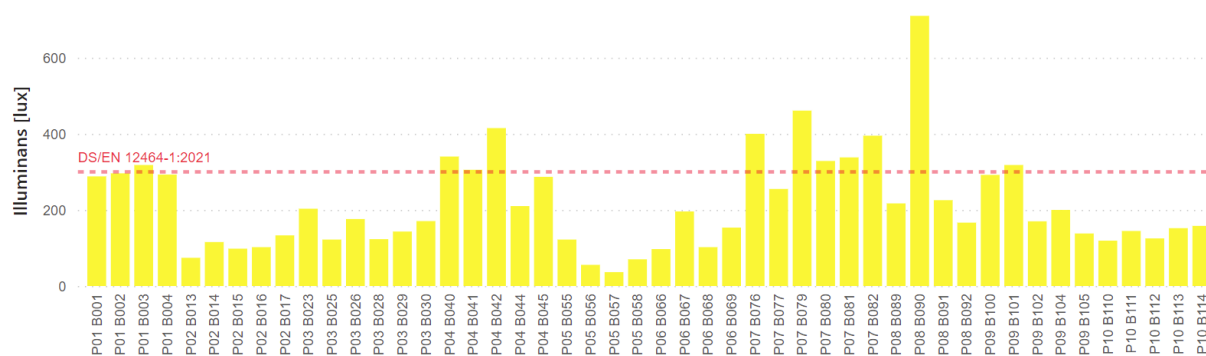
Verdenssundhedsorganisationen, WHO (World Health Organization) har lavet en guide til anbefalede partikkelkoncentrationer udendørs, som vi i denne undersøgelse vil sammenligne med de målte indendørs partikkelkoncentrationer. Dette kan betragtes som en forkert anvendelse af WHO's guideline, men det er et af de bedste sammenligningsgrundlag som er tilgængeligt. WHO oplyser deres luftkvalitet guideline niveauer som årlige og 24-timers middel værdier. I denne undersøgelse blev partikler målt som øjebliksværdier, så derfor er det svært at vurdere om den målte øjebliksværdi er sammenlignelig med en 24-timers middelværdi. Hvis man på trods af dette alligevel sammenligner den målte partikkelkoncentration med WHO's guideline, så er det 10 af 52 boliger, svarende til 19 % der har mere end 15 µg/m³ PM2.5 partikler og 6 af 52 boliger svarende til 12 % der har mere end 45 µg/m³ PM10 partikler.

⁷ Morawska, L., et al. (2017). Airborne particles in indoor environment of homes, schools, offices and aged care facilities: The main routes of exposure. *Environment International*, 108, 75-83. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2017.07.025>

Belysning

Lys er en vigtig del af ethvert hjem og globalt bliver 15 %⁸ af al elektricitet brugt på belysning. Generelt for plejecentre kan det være svært at efterkomme krav til belysning på beboerens værelse, da der er stor forskel på beboernes indretning, herunder lamper. Det var kun halvdelen af de besøgte plejecentre, der havde faste belysningsarmaturer i loftet på boligernes værelser. Dog er de fleste badeværelser ens indrettet med en loftslampe i midten og i nogle tilfælde også en lampe over spejlet. I badeværelser er minimumsniveauet til belysning 200 lux, og 300 lux er anbefalet jf. DS/EN 12464-1:2021. Selv hvis minimumskravet til belysning er opfyldt, så kan det stadig være for lidt lys til ændre. Når man bliver ældre, svækkes synet, og man kan have behov for et op til tre gange højere belysningsniveau end yngre jf. SBI-anvisning 272.

Illuminansen på Figur 13 blev primært målt i nærheden af aktivitetsområder så som toilet, håndvask og bad. Lyset på badeværelset blev tændt mindst 5 min før måling så eventuelle elsparepærer havde tid til at varme op og opnå den nominelle lysstyrke. Hvis der var lysdæmpere, blev de skruet op til maksimum, så lyset ikke var dæmpet. Døren til badeværelset var lukket under måling for at skærme for det naturlige lys, der kom fra vinduerne i værelset.



Figur 13. Målt lysstrøm per overfladeareal (lux) i badeværelser i boliger.

Målingerne af belysning på badeværelse viser at plejecentre som P01, P04, P07 og P08 for det meste lever op til det nødvendige belysningsniveau, mens plejecentrene P02, P03, P05, P06 og P10 har problemer med belysningen på badeværelset. Faktisk er det 30 ud af 50 boliger, svarende til 60 % af boligerne som har mindre end 200 lux på badeværelset. Kun 9 boliger lever op til det anbefalede belysningsniveau på 300 lux, og derved har 82 % af boligerne et belysningsniveau på mindre end 300 lux på badeværelset.

Den mest udbredte lysstyring var almindelige tænd sluk kontakter. Men der var et par plejecentre som havde flere måder at regulere belysningen på. I et af de ti besøgte plejecentre var der mulighed for at dæmpe lyset i værelset. I et andet plejecenter var der lige inden måleperiodens start installeret helt nye LED armaturer på alle gangarealer med lysdæmpning, bevægelsesfølere og sandsynligvis også timer og eller styring efter solindfaldet. Dog var der også et plejecenter, hvor en beboer måtte gå ud i et gangareal for at læse avis, fordi der var for lidt belysning i boligen.

⁸ Kimble, A., et al. (2017). Global Lighting Challenge Changing the world through public-private partnerships. ECEEE Summer Study Proceedings, 7-427-17

Støj og akustik

Der blev foretaget undersøgelser og målinger af lydforhold i tre af de ti plejecentre. Disse blev valgt blandt andet fordi de akustisk vurderes at være rimeligt repræsentative for de forskellige plejecenter-bygningstyper i perioden 1965-2010.

Disse målinger blev udført forskudt i forhold til de øvrige indeklimaundersøgelser, da der kræves særlige måleforhold med mindst mulig ikke relevant baggrundsstøj, og fordi de er udført af en og samme person med særlig kompetence vedr. akustiske forhold. Desuden blev de kun udført en gang i hvert af de tre plejecentre, da der ikke er grund til at måle indendørs akustiske forhold både sommer og vinter.

De akustiske undersøgelser blev koordineret med indeklimaundersøgelserne således at de akustiske undersøgelser i størst muligt omfang, blev foretaget samme boliger og fællesrum som indeklimaundersøgelserne.

Målingerne af lyd er påvirkede af de aktuelle forhold, såsom ventilationsanlæggenes drift, baggrundsstøj fra fx køleskabe, vaskemaskiner og personers aktiviteter på gang- og fællesrum nær den aktuelle bolig. Det er derfor tilstræbt at beboerne ikke er til stede i boligen under målingerne, at vinduer og døre er lukkede, samt at evt. udstyr til ilt-anlæg og luftrensere er slukket. Desuden blev der under målingerne lyttet efter især baggrundsstøj fra personaktiviteter i bygningen, og ekstern trafikstøj. Således blev målinger afbrudt eller gentaget på et senere tidspunkt (samme dag), når der var begrundet mistanke om at forstyrrelsen var nævneværdig og ikke en relevant nærmest konstant støj.

Ved målingerne i plejecenter P09 blev målt lydniveauer, taleforståelighed og efterklangstider. Erfaringen herfra ledte til at afgrænse målinger i de to andre plejecentre (P04 og P07) til lydniveauer og så at foretage subjektive vurderinger af taleforståelighed og efterklangstider baseret på erfaring og iagttagelser af lokalernes lydabsorptionsmaterialer, såsom lofter med lydabsorberende loftsplader, tæpper, gardiner, polstrede stole, rumgeometrier mm.

Der blev anvendt en præcisions lydtrykmåler af fabrikat Brüel & Kjær 2270 som udover at måle gennemsnits- og max/min værdier kan logge data (vise lydniveauer som funktion af tid) og indspille lydsignalerne (til kontrollytning og sortering af data), og desuden kan måle efterklangstider. Denne blev kalibreret før og efter målingerne. Således var der en del analyser af de loggede data og indspillede signaler for at sikre at baggrundsstøj eller andet ikke har påvirket gennemsnitsværdien af de 'godkendte data'.

Taleforståelighedsmålingerne blev foretaget med et målesystem, der med en speciel højttalerlyd og mikrofon direkte bestemmer et såkaldt index-tal (STIPA) for taleforståeligheden på forskellige lokationer. Disse viste sig at være tidskrævende og forstyrrende (især i fælles lokaler) og konklusionerne passede udmærket med de subjektive vurderinger ved lyttetest og vurdering af efterklangstiden.

Der er konstateret akustiske forhold, som er relativt generelle for de tre plejecentre, men også mere specifikke forhold til hvert.

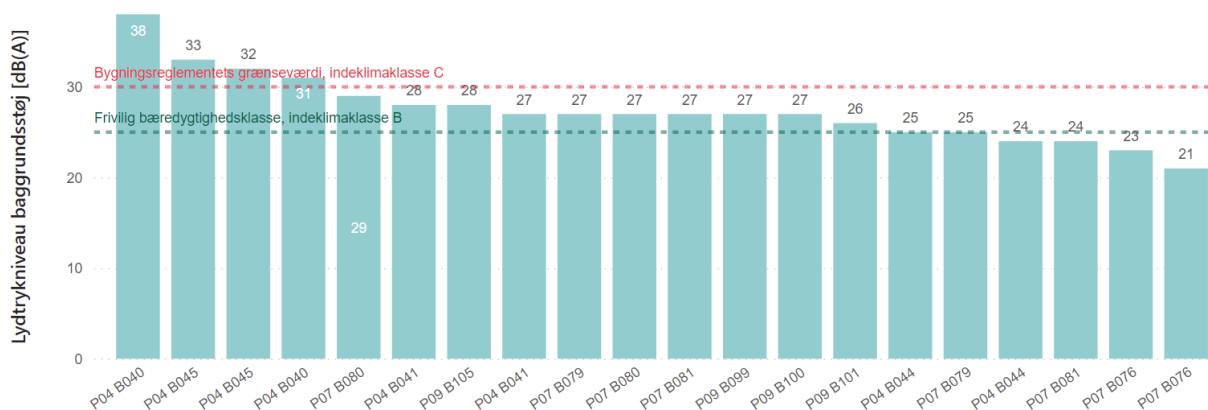
Desuden blev der under målingerne set og hørt lyd- eller støjmæssige forhold, som ikke primært skyldes lokalernes akustiske egenskaber, men snarere stammer fra støj fra fx køleskabe, opvaskemaskiner, rulleborde af metal med hårde hjul. Men dårlige akustiske forhold vil som regel forøge den støj som man oplever omkring en given støjkilde.

Ventilationssystemerne synes i flere tilfælde at være uhensigtsmæssigt indstillet, for ikke at sige direkte fejlindstillet og måske også fejdimensioneret ved nogle af lejlighederne. Dette har i mindst to tilfælde ført til kedelige nødløsninger, såsom afdækning af udsug for at mindske luftmængden og den heraf opståede støj fra indblæsning og utætte døre mm.

I det følgende er der lavet en sammenfatning af de målinger og vurderinger der blev foretaget på plejecentrene.

Lydniveauer

Her skal det forstås, at der uundgåeligt vil være en stor variation i målte lydniveauer, da det jo er stikprøver i få boliger og lokaler i hvert plejecenter. Således skal de angivne værdier betragtes som indikatorer og gennemsnitsværdier vil være usikre. Dette fremgår også at tilknyttede bemærkninger om støjkloder og driftstilstande.



Figur 14. Typiske lydtrykniveauer af baggrundsstøj for boliger og fællesområder i tre plejecentre. I nogle boliger blev lydtrykniveauet målt i to forskellige positioner, hvorfra den samme bolig optræder to gange.

I relation til hidtil gældende lovgivning skal støj fra tekniske installationer ikke overstige 30 dB(A). Men de senere års viden om langvarig påvirkning af støj i hjem og fritid leder frem mod at tilstræbe niveauer på maksimalt 25 dB(A) svarende til indeklimaklasse B.

Den oplevede støj afhænger ikke bare af gennemsnitsværdien når anden baggrundsstøj er lav, men også af om der optræder kortvarige hændelser og genkendelige lyde såsom knirk, piben, tonestøj, motorlyde og lignende. Hvis man vækkes af støjen, kan det jo tage tid at falde i søvn igen.

Efterklangstider

Såvel de målte efterklangstider som de vurderede indikerer, at der er tilfredsstillende kort efterklangstid i de fleste lejligheder pga. møblering.

Eksempler på for lange efterklangstider er set i enkelte lejligheder med meget lidt møblering og uden lydabsorberende lofter.

Specielt bemærkes at badeværelserne oftest er uden lydabsorberende flader, så det afhænger af den aktuelle mængde af håndklæder, beklædningsgenstande, evt. ble-poser om efterklangstiden er for lang til at være tilfredsstillende. I så tilfælde øges lydniveauet, som stammer såvel fra luftudsug som når der er personaktivitet og evt. samtale mellem beboer og plejer. Her kan overvejes om ikke der altid bør være gode loftsabsorbenter som minimum i badeværelser.

I fælleslokaler ses mange variationer, idet nogle har fuldt dækkende lydabsorbenter i loftet, lydabsorberende mobile skærme, og andre har delområder uden lydabsorption. For eksempel

ovenlysvinduer eller køkken eller cafe områder med flisevægge. Bemærk at store vinduer reflekterer lyden effektivt, dvs. ingen lydabsorption.

Taleforståelighed

Denne er i højeste grad bestemt af lokalernes akustiske egenskaber givet ved de generelle efterklangstider og i nogle tilfælde lokale korte eller lange efterklangstider. Det har således en del betydning om man sidder tæt på en lydabsorberende flade (skillevæg eller vægbeklædning) eller om det er en lydhård flade, fx en glasvæg. Det generelle støjniveau på de pågældende tidspunkter har også betydning, så der tæt ved fx et støjende køleskab vil være dårligere taleforståelighed end hvis der kun er få personer i lokalet og ingen køleskabe i drift.

Såvel de målte taleforståelighedsværdier (RASTI) som de vurderede indikerer, at der er tilfredsstillende taleforståelighed i de fleste lejligheder pga. møblering.

I badeværelser kan taleforståeligheden være utilfredsstillende, når lydabsorptionen er lille og der er støj fra ventilation og fra aktiviteter/samtale.

I fællesrum afhænger taleforståeligheden de generelle akustiske forhold. Specielt kan der i større lokaler med effektiv lydabsorption i loftet være problemer med at høre og forstå tale i større afstande, såsom møder eller anden fællesaktivitet. Her kan fordelte højtalere eller trådløse modtagere på høreapparater hjælpe de mest hørehæmmede.

Sammenligning mellem plejecentre

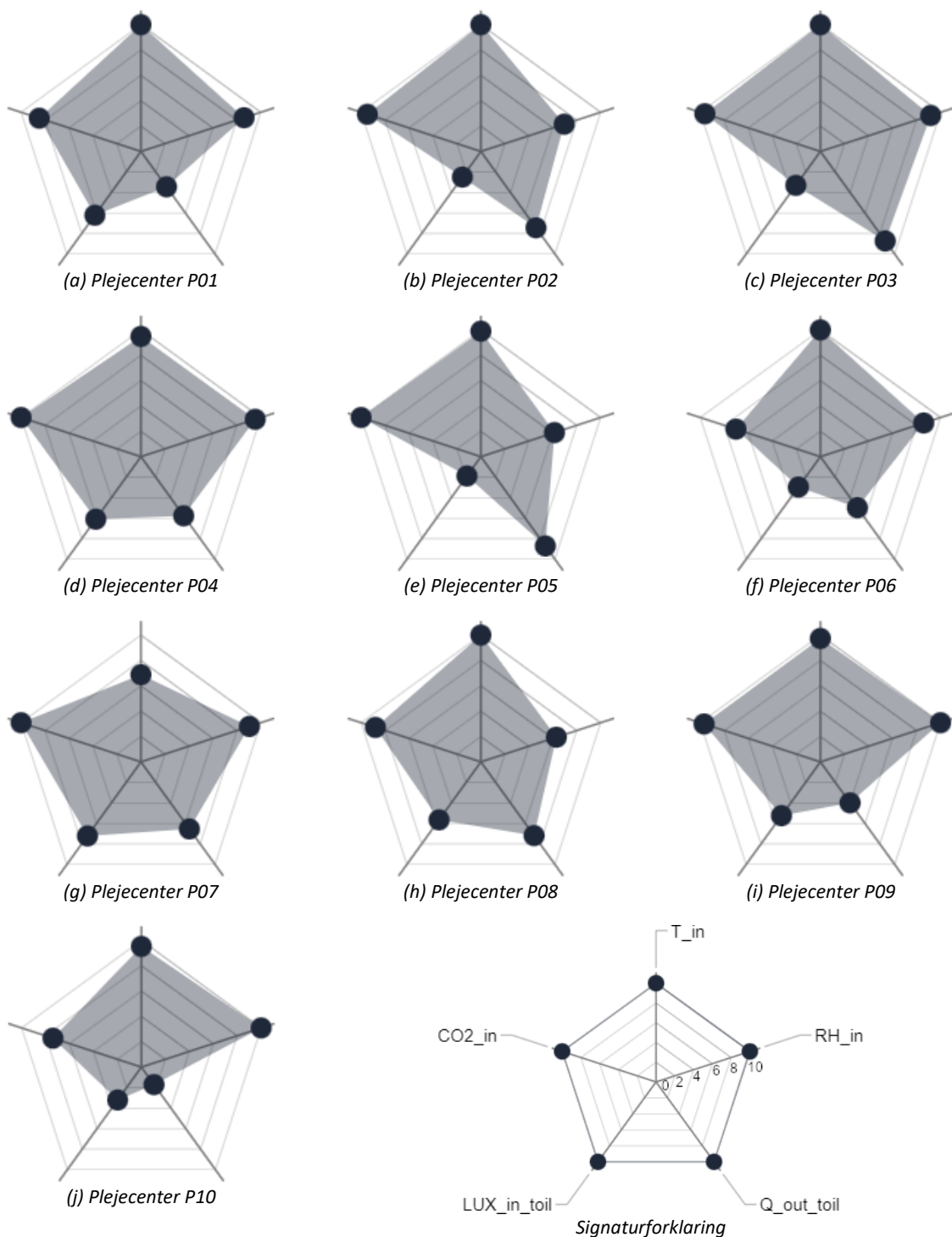
For at gøre det nemt at sammenligne de mange indeklimatemålinger, har vi beregnet en score for 5 forskellige indeklimateparametre: temperatur, relativ luftfugtighed, CO₂-koncentration, belysning og udsuget luftstrøm. Vi har undladt partikkelkoncentrationen fordi den i høj grad afhænger af om beboerne var rygere eller om der lige var blevet gjort rent inden partikelmålingen. Scoren går fra 0 til 10 hvor 0 er værst og 10 er bedst. Scoren bliver beregnet efter et regressionsudtryk for enten et polynomium eller lineær linje. Sammenhængen mellem den opstillede indeklimate score og indeklimatekategorien fra gældende standarder er vist på Tabel 3.

Tabel 3. Sammenhæng mellem indeklimatekategori og opstillet indeklimate score.

Indeklimatekategori	Score
A	10
B	7,5
C	5
D	2,5
Uden for kategori	0

De standarder som indgår til beregningen af scoren er: DS/EN 16798-1:2019 for temperatur og relativ fugtighed, DS/EN 16798-1:2019 og krav i bygningsreglementet BR18 for udsugning i badeværelse, DS/EN 15251:2007 for CO₂-koncentration og DS/EN 12464-1:2021 for belysning i badeværelse. Den gamle standard DS/EN 15251:2007 blev valgt til vurdering af CO₂-koncentration fordi kravet til CO₂-koncentration er blevet lempet i den nye DS/EN 16798-1:2019, hvorfra den gamle standard bedre reflekterer arbejdstilsynets anbefalede grænseværdi på 1000 ppm.

Figur 15 viser den gennemsnitlige indeklimate score for boliger i hvert plejecenter. Her er det tydeligt at se, at alle plejecentre har forskellige udfordringer med indeklimaet. Temperaturen er komfortabel i boligen i alle plejecentre bortset fra P07. Den relative fugtighed er mellem 40 og 60 % det meste af tiden, men plejecentre P02, P05 og P08 dør primært med tør luft om vinteren. Den udsugede luftstrøm ligger generelt i den lave ende, og særligt P01, P06, P09 og P10 har boliger, hvor der mangler udsugning på badeværelset. Belysning på badeværelser er et område, der trænger til forbedringer i flere plejecentre. Her er det plejecentre P02, P03, P05, P06 og P10 der har svag belysning på badeværelserne. CO₂-koncentrationerne er der generelt ikke problemer med, men der er stadig plads til forbedring for plejecentre P06 og P10. Alt i alt har plejecentrene P03 og P04 det bedste indeklima sammenlignet med de andre plejecentre.



Figur 15. Radar diagrammer for boliger i hvert af de 10 plejecentre. Hver indeklimaparameter får en score på 0-10 hvor 0 er værst og 10 er bedst i hvert hjørne i diagrammerne. De 5 indeklimaparametre fremgår på signaturforklaringen: T_{in} er indetemperaturen, RH_{in} er den relative fugtighed, Q_{out_toil} er udsugningen ved toilettet, LUX_{in_toil} er belysningen ved toilettet og CO_2_{in} er CO_2 -koncentration.

KONKLUSION

Formålet med indeklimalmålingerne er at kortlægge indeklimastandarden i de danske plejecentre samt at skabe et udgangspunkt for udarbejdelse af guideline til driftspersonale og indeklimaværktøj. Indeklimaværktøjet bliver udarbejdet i forbindelse med arbejds pakken AP 3.3.

I takt med at indeklimalmålingerne er gennemført, er det blevet klart at hvert plejecenter har varierende indeklimakvalitet på de forskellige målte parametre. For eksempel var temperaturen høj i plejecenter P07, mens CO₂ og lys på badeværelset var tilfredsstillende. Plejecenter P06 havde færre overophedningstimer end P07, mens der var dårlig udsugning på badeværelset og CO₂-koncentrationen var højere.

Der er generelt størst problemer med belysningen på badeværelserne i boligerne. Belysningen på badeværelserne er en fast installation og ofte ens fra bolig til bolig, hvilket giver et godt grundlag for sammenligning. 60 % af boligerne opfylder ikke minimumskrav til belysning på 200 lux på badeværelserne og 82 % lever ikke op til det anbefalede belysningsniveau på 300 lux.

Et andet område hvor flere plejecentre har problemer er med udsugning på badeværelserne. Her er det 41 % af boligerne enten overventileres eller underventileres, hvilket kan have en negativ påvirkning på indeklimaet og varmeforbruget. I næsten alle plejecentrene var der også stor forskel i udsuget luftmængde fra bolig til bolig, men hvis ventilationssystemerne i disse plejecentre blev korrekt indreguleret, så kunne det sandsynligvis nedbringe antallet af overventilerede og underventilerede boliger.