



TEKNOLOGISK
INSTITUT

it's all about innovation



Afbud pga. sygdom, men....



TEKNOLOGISK
INSTITUT

INDEKLIMA PÅ SYGEHUSE
Kan patienter mærke om det i orden?

Hans Theil, Freelancekonsulent, ventilationsløsninger på hospitaler
Redigeret af Kristian Vielwerth, Teknologisk Institut

En amerikanske undersøgelse i 2016....

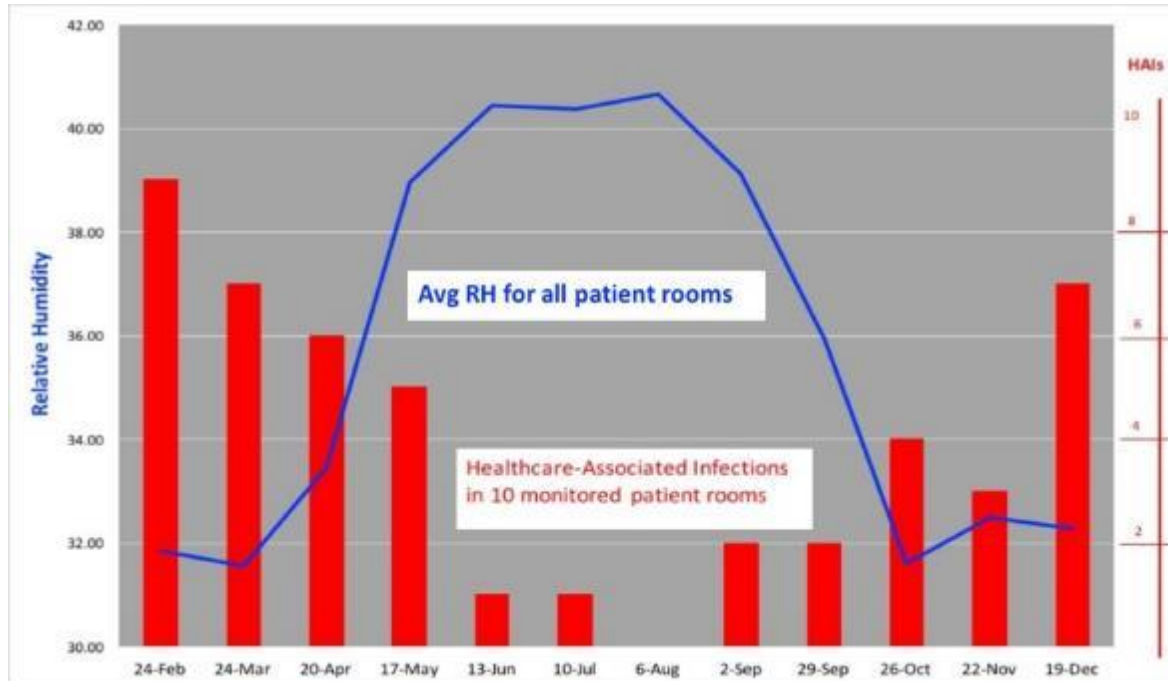
- "HAI's" truer patienters helbred og liv, uanset betydelig hygiejneindsats*
- Hospitalets høje omkostningsniveau står ikke i forhold til patientens udbytte
 - Er der en sammenhæng?



Dr. Stephanie Taylor, læge og arkitekt, USA

**HAI = Healthcare associated infections, - i Danmark kaldet hospitalserhvervede infektioner*

Sammenhæng mellem HAI og RF



Den nye DNA-baserede analysemetode bekræfter, at der er sammenhæng mellem omfanget af hospitalserhvervede infektioner (HAI) og det relative fugtniveau på sengestuerne.

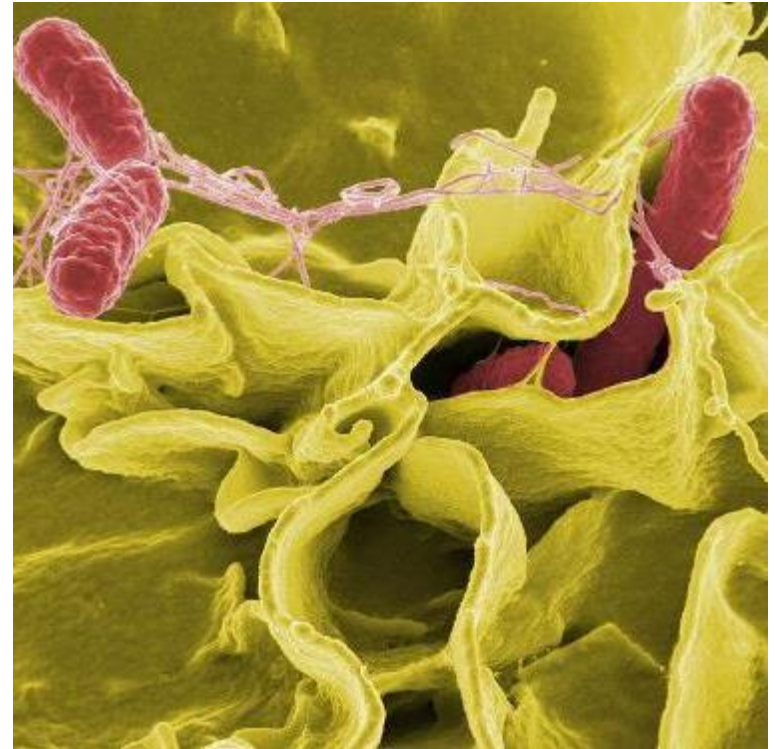
Den nye DNA-baserede analysemetode

Data omfatter mere end 6000 målinger fra 10 sengestuer over 1 års drift, hvor DNA-prøver blev indsamlet fra:

- *Hud på patienter og personale*
- *Overflader i bygningen og på udstyr*
- *Udsugning fra lokalerne*

Indeklima blev samtidigt monitoreret:

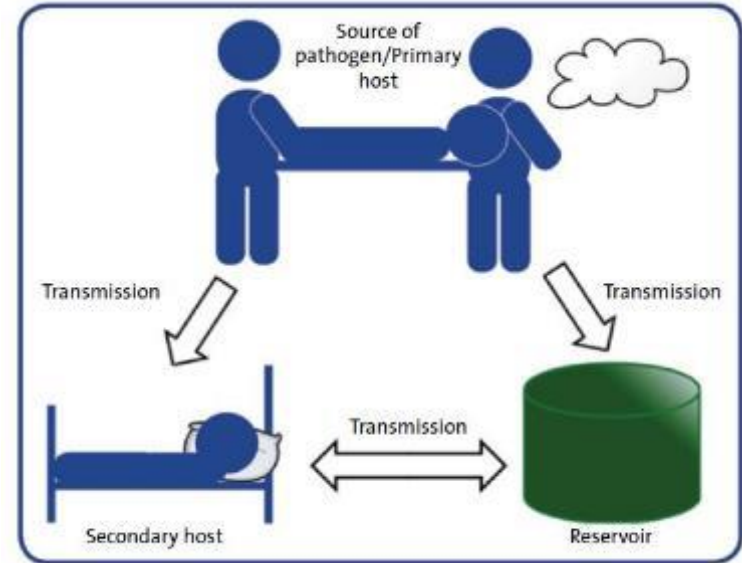
- *Rumtemperatur*
- *Relativ fugtighed*
- *CO₂*
- *Lyspåvirkning*
- *Trafikbelastning (ind/ud af dør)*



Salmonella i mikroskop

Lad os se nærmere på undersøgelsen...

- *Åndedrættet*
- *De vandbårne partikler*
- *Forskellige ventilationsprincipper*
- *Klimaskærmens indflydelse*
- *Smittebærere (pathogener)*



33 ud af 100 patienter oplever fejl (errors)



TEKNOLOGISK
INSTITUT

- Forkert medicin type eller dosis
- Hospitalserhvervede infektioner (HAI)
- Udvikler liggesår
- Fejl i kirurgiske indgreb
- Skader ved fald på hospitalet



*Fra analysen
"Breathe Easy", af
Stephanie Taylor,
29. september 2016*

➤ 9 af de 100 oplever en ny infektion (HAI), under opholdet på hospitalet

Åndedrættet

- Lungerne skal bruge 37°C ren luft, som kan udveksle ilt med blodet, via lungernes fine membranposer (alveoler)
- Luftvejene (bronchier) varmer luften op på vejen ned
- Fine fimrehår (cilia) fanger partikler i en opadgående befordring af slim
- Vi hoster og synker, spytter ud eller piller næse. Støv fjernes ret hurtigt.
- Støv i alveoler fjernes langsomt!

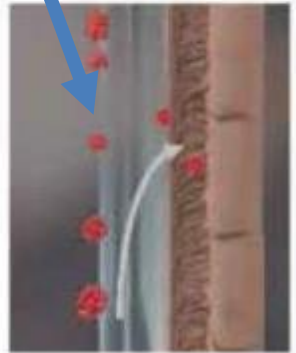


TEKNOLOGISK
INSTITUT

Problem:
Hvis slimhinderne udtørres pga. lav RF, bliver slimet sejt og transporten stopper.

Partikler bryder gennem slimhinden.

Der kan opstå infektion.



De pathogene partikler rider på dråber



TEKNOLOGISK
INSTITUT

- Fugt i indeklimaet kommer når vi taler, ånder, nyser, sveder, osv.
- Når en dråbe, fx fra et nys, udledes i et rum med lav relativ fugtighed ($RF < 40\%$), skrumper dråben straks med ca. 90%, som følge af fugtudligning med det tørre rum
- Dråben er nu så let, at den vil lade sig påvirke af selv ganske små luftbevægelser og holder sig derfor svævende over længere distancer.



Ventilationen skal spille med



TEKNOLOGISK
INSTITUT

Uhensigtsmæssige luftstrømme befordrer udbredelsen af den em af partikler der hænger i luften. Hvor stor skade en smitsom partikel kan forvolde, afhænger af:

- Hvor langt / længe den kan svæve
- Dens evne til at komme til live igen, efter at have ligget på en overflade
- Dens evne til at nedkæmpe immunforsvaret hos næste vært



Influenza virus hader godt indeklima

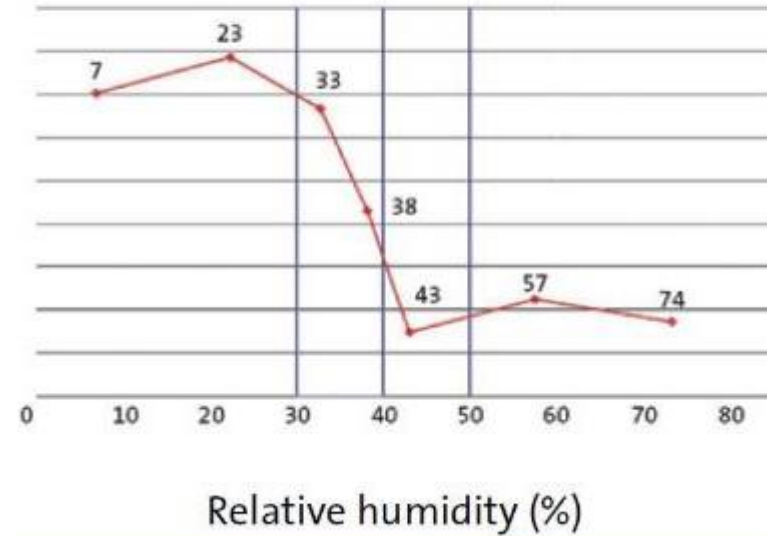


TEKNOLOGISK
INSTITUT

Relativ luftfugtighed over 40% begrænser udbredelsen af patogener, fordi de dråber de rider på holder en vis størrelse og dermed ret hurtigt falder til jorden, hvor de udtørres og hvor patogenerne så fjernes under den rutinemæssige hospitalsrengøring.

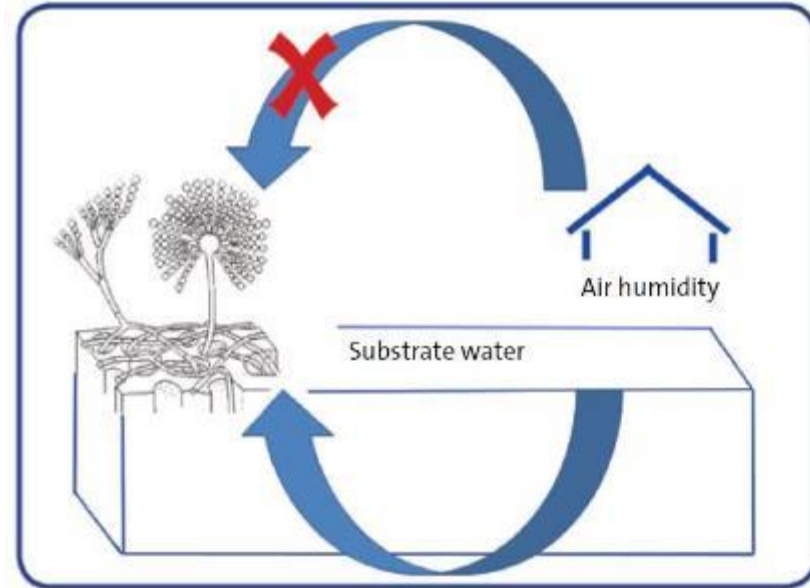
Samtidig er der mange bakterier og vira som har svært ved at overleve, når luftfugtigheden er over 40%

Humidity above 40% inactivates \approx 80% of influenza viruses within 15 minutes



Klimaskærmens / bygningsfysikkens indflydelse på flora i indeklima

- Skimmelsvamp kan *ikke* optage fugt til egen næring via luften.
 - Fugten optages fra de bygningsdele skimmelsvampene gror på
 - Fugten kommer fra spild, utætheder og kondensering
- **Klimaskærmen skal altså være tæt og alle indvendige overflader skal være til at tørre af og have en temperatur over dugpunktet.**

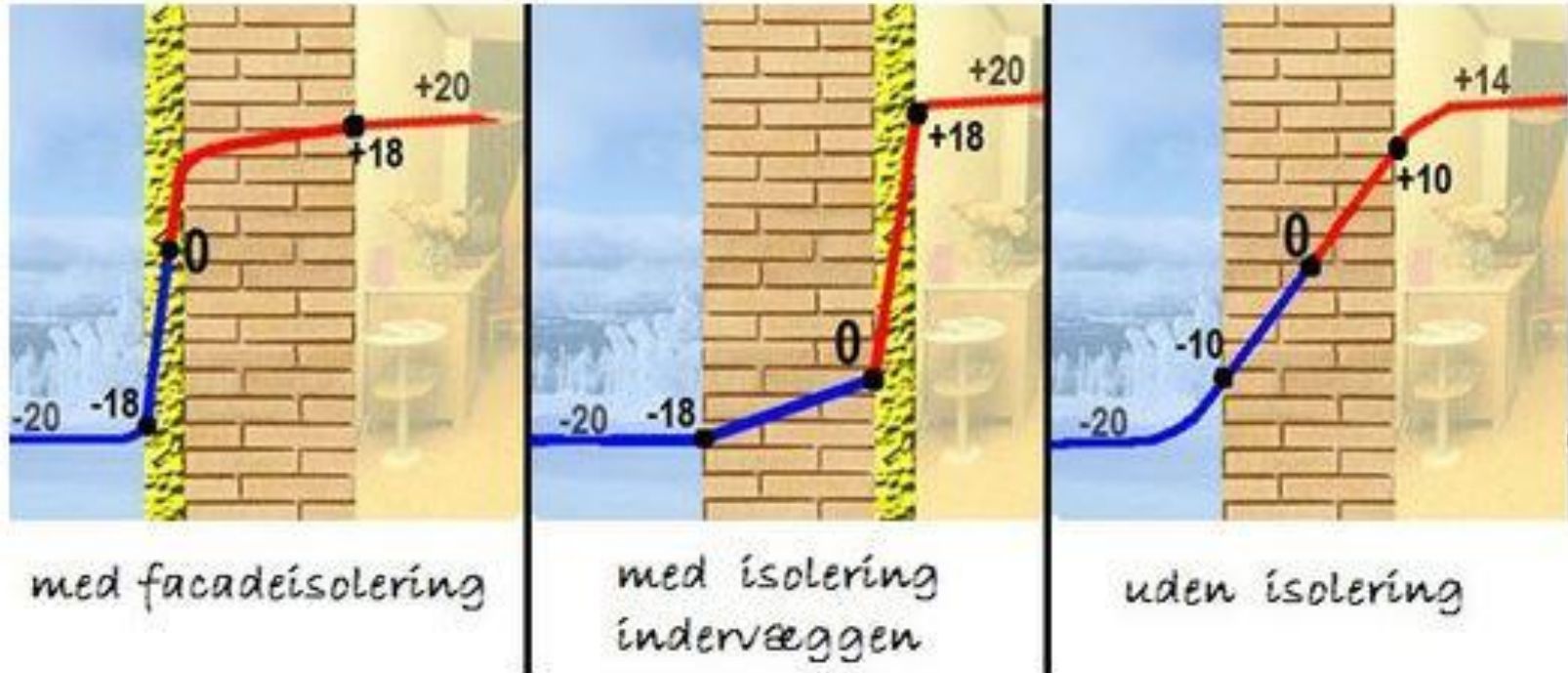


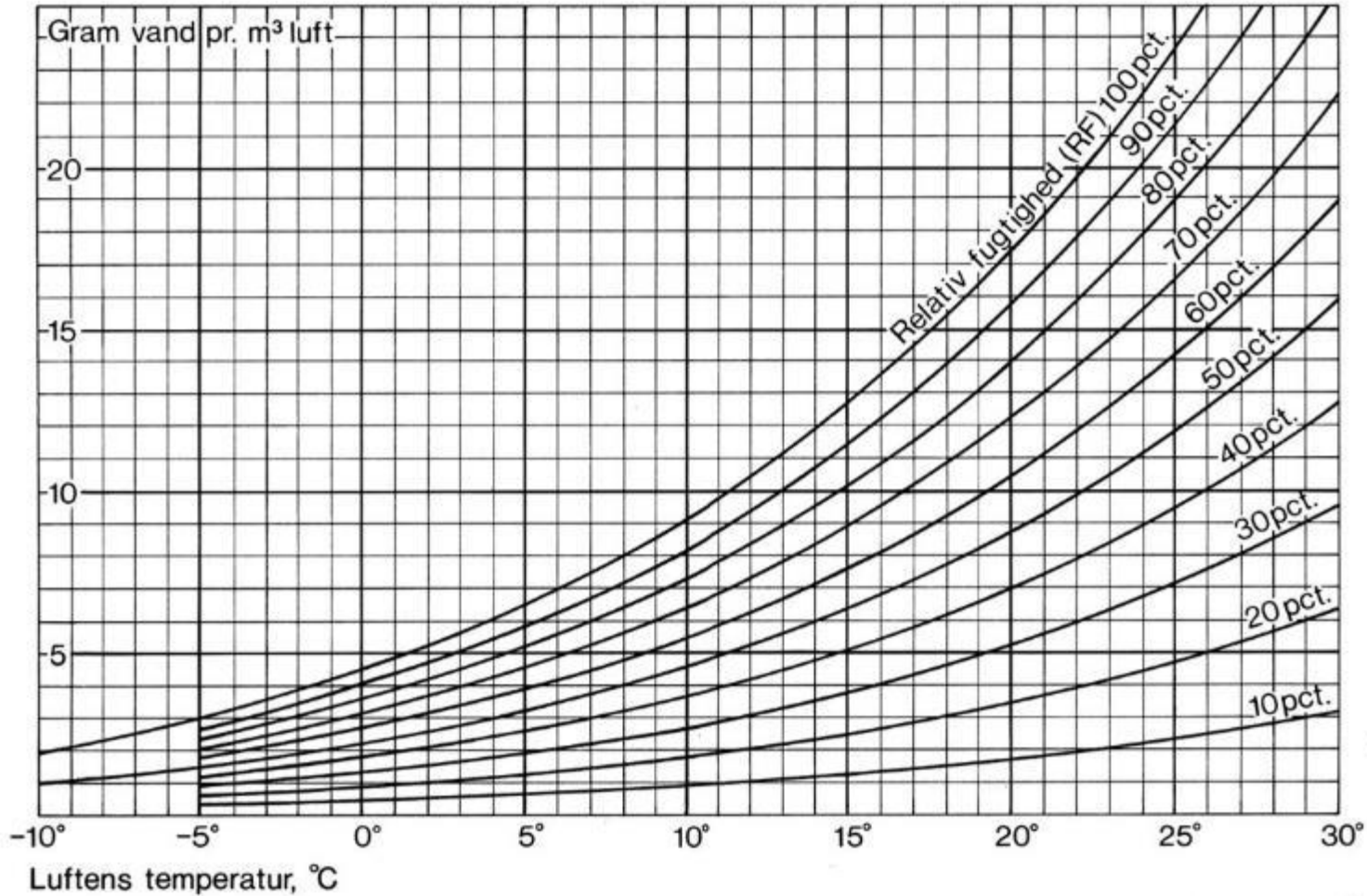
Udvendig efterisolering er godt



TEKNOLOGISK
INSTITUT

- Man flytter dugpunktet væk fra indervæggen.





Relativ Fugtighed

En amerikanske undersøgelse i 2016....



TEKNOLOGISK
INSTITUT



*Dr. Stephanie Taylor
Læge og arkitekt*

Tilbage til spørgsmålet: Er der en sammenhæng?

Svaret er ja: Krav til bygninger og bygningsdrift hænger sammen med udbredelsen af infektioner på sygehusene.

Og ifølge Taylor er der især to veje til forbedring af forholdene:

1. Lovkrav om $40\% < RF < 60\%$
2. FM-strategi for overholdelse i drift

Benefit: De høje omkostninger til opretholdelse af hygiejne på hospitaler, bliver dermed i højere grad pengene værd, fordi indsatsen under disse betingelser har større effekt!

En dansk refleksion...

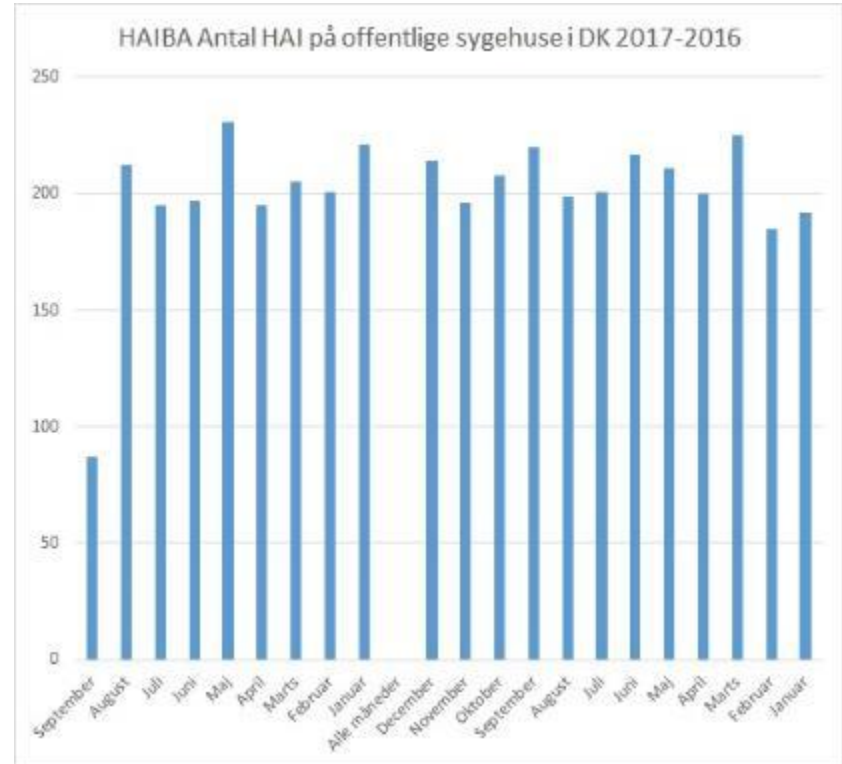


TEKNOLOGISK
INSTITUT

Er tørre bygninger årsag til forøget infektionsrate i Danmark?

- Dansk statistik (HAIBA)
- Anerkendelse af nye DNA-værdier
- Hygiejneindsats
- Udtørring af slimhinder
- Regulering af luftfugtighed

Jesper Tanggaard, Sweco A/S



Oplæg til Facility Management Strategi

Indføre generelt krav om relativ fugtighed mellem 40 og 60%

Teknisk er det ikke noget problem:

- *“Når et museumsmagasin kan holde 50% RH med få procents afvigelse, så kan et hospital vel også....”*

Det store spørgsmål er økonomien:

- Disse nye argumenter bør tælle med!



Er tørre bygninger årsag til forøget infektionsrate?

AF: JESPER TANGGAARD, SWECO DANMARK A/S

Som lovet i min artikel fra ASHRAE Winter Conference, vil jeg her gå i dybden med et enkelt indlæg fra konferencen.

Dr. Stephanie Taylor, MD, M Arch., har som onkologisk børnelæge haft et indtryk af at "hendes" patienter blev kureret af den medicinske behandling, men efterfølgende døde af hospitalserhvervede infektioner (HAI). Ifølge Dr. Taylors tal er det den 6. mest forekommende dødsårsag på hospitalerne. Der foregår nøjagtigt som i Danmark en stor målrettet indsats på hygiejneområdet, men over årene har det ikke givet det ønskede fald i infektionsraten. Påstanden er at flere mennesker dør af hospitalinfektioner end af AIDS, brystkræft og trafikuheld tilsammen.

Derfor har Dr. Taylor valgt at studere bygningernes fysik (og har således to uddannelser), og har gennemført en undersøgelse på et nybygget hospital i Chicago. Undersøgelsen er foregået på den måde at 10 patientstuer fik logget de fysiske parametre med 5 minutters mellemrum i et helt år. Dr. Taylor fik adgang til patientjournalerne for de patienter som under indlæggelsen var placeret i

disse stuer, og noterede de hospitalserhvervede infektioner. Efterfølgende blev kurverne for de forskellige målinger lagt over antallet af infektioner. Den eneste kurve som korrelerede perfekt, var den relative fugtighed, som ved fugtighed over 40 % RH ligger på de laveste niveauer mellem 0 og 1 tilfælde. De tørreste måneder på 32 % RH, ligger mellem 3 og 9 tilfælde pr. måned.

Situationen i Danmark

Den danske nationale database (HAIBA) går tilbage til 2012, og her kan man se at situationen omkring infektionsrate er ret statisk. Så vi har ikke set nogen positiv effekt af den enorme indsats på hygiejneområdet herhjemme. Det kan man så undre sig over, og amerikanerne har også brugt tiden efter undersøgelsen til at finde forklaringer. De har taget de nyere DNA metoder i brug, fordi der også er taget systematiske mikrobiologiske prøver på de 10 stuer, over 6000 prøver i det år der er overvåget. Det har ført til flere interessante opdagelser, blandt andet at de hidtidige metoder til at undersøge for infektioner med eks. siltsamplers eller klæbeplader, hvor prøven siden dyrkes op, er misvisende, fordi patogener

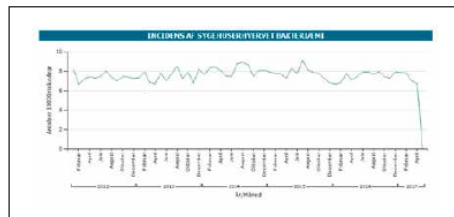
bakterier evner at gå i dvale ved udtørring. Derved får man kun vist de bakterier som er i live. Hvis man derimod anvender PCR teknologien, kan man finde DNA og RNA "fingeraftryk" fra alle bakterier. Dette har givet mulighed for at bekræfte eller afkræfte nuværende teorier om smittevejene på et hospital. Det er meget komplekst, og der er ikke nogen enkeltmekanisme i spil, men et helt system af faktorer som hver især påvirker situationen.

Udtørring af slimhinder

Den første er selve patienten, som i meget tørre omgivelser oplever den biologiske svækkelse, at slimhinderne tørrer ud, og bliver tyndere, så smitten lettere transporteres til blodbanen. Desuden svækkes den anden forsvarsmekanisme vi har, nemlig slim til opfangning af partikler i luftvejene, som transporteres til de øvre luftveje, og hostes ud eller ender i mavesækkens syrebåd. Denne slim bliver så tykflydende at den ikke fanger så meget, og heller ikke transporterer sig selv og de fangede partikler ud af luftvejene.

Hygiejneindsatsen

Den anden mekanisme er at hospitalernes hygiejneindsats handler om at rense overflader, forhindre dråbesmitte ved berøring eller hoste og i meget lille grad fokuserer på luftbårne partikler. I meget tørre omgivelser bliver dråber i luften gjort mindre, da noget af dråbens overflade fordamper. Herved bliver dråben lettere, og kan svæve længere tid, og dermed blive ført længere bort af luftens bevægelser. Dette har vist at mange af de patogener bakterier transporteres fra kilde til patient, evt. med mellemlidinger, i en tilstand af dvale, og man ved at de kan holde sig svævende i mere end 24 timer. Når de så lander på patienten, eller på en fugtig overflade, kan de trække fugt til sig og blive aktive igen. I omgivelser hvor fugtigheden er mellem 40 og 60 % RH, vil dråberne bevare størrelsen og derved ikke svæve så langt, men lande på overfladerne, og derved



Forekomst af hospitalserhvervede infektioner (Bakteriæmi) i Danmark 2012-2017¹

blive neutraliseret af den hygiejneindsats man allerede har kørende på hospitalet.

Sterilisering

Det lader til at selve vandindholdet har en bakteriedræbende virkning, hvilket blandt andet kendes fra vore autoklaver, en dampsterilisator ved 121 °C, er mere effektiv end en tørsterilisator ved samme temperatur. Den eneste fysiske faktor som er forskellig er vanddamp. Uanset tyder på at virkningen indtræffer uanset temperatur, man har ved forsøg vist at fugtigheder over 40% RH dræber 80 % af influenza virus på 15 minutter.

Konklusion

Med disse tre argumentationer bør vi ændre vore krav til indeklima, hvor vi i dag kun stiller krav til en maksimal fugtighed på grund af barriereindpakning omkring sterilt gods (maksimalt 70 % RH). Der burde i stedet være et generelt krav til relativ fugtighed mellem 40 og 60 % RH. Jeg har selv været med til at skrotte befugtningsanlæg (både de gamle vandmåter og nyere dampbefugtere), med den begrundelse at intet personale kunne mærke forskellen mellem 30 og 70 % RH. Når vi samtidig kunne undgå risikoen for svampevækst og dermed spredning af sporer, var det et let valg at træffe. Det har fra 90'erne været helt gængs opfattelse at udeluftens vandindhold var helt tilstrækkelig, og at det er en fordel at tørre bygningerne fuldstændigt ud, så vi eliminerer svampevæksten totalt. Men det er på tide at tage dette op til revision, hvis vi kan sænke risikoen for hospitalserhvervede infektioner ved et så forholdsvis enkelt tiltag. Hussvamp og mug kan ikke leve af fugtighed i luften, kun af vand som enten kondenserer

eller lækker så der bliver en "pyt". Det handler derfor om at vi har dugpunktet til at ligge et andet sted end inde i bygningen, og det kan vi godt, der findes museumsmagasiner som holder en fugtighed på 50 % RH med en tolerance på få procent, og en konstant temperatur inden for 1 °C, uanset årstiden og udetemperaturen. Så det er en teknisk mulighed at udføre anlæg og styring, som kan opnå at holde fugtigheden mellem

40 og 60 % RH, vi skal bare overbevise en bygherre om at dette er vigtigt nok til at bruge den ekstra økonomi i både anlæg og drift af sådan et anlæg.

Referencer

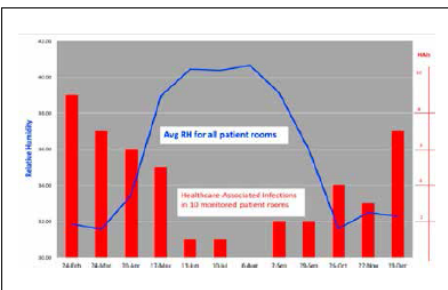
- 1: Breathe Easy, Whitepaper by Dr. Stephanie Taylor. Tilsendes gerne ved henvendelse til jesper.tanggaard@sweco.dk
- 2: HAIBA, (HAIBA, Hospital-Acquired Infections dataBase)



TEKNOLOGISK
INSTITUT

Jesper Tanggaards artikel i fagbladet "Hospital Drift & Arkitektur" nr. 4 hvor Dr. Taylors observationer sættes i relation til situationen på de danske hospitaler.

Se kontaktoplysninger i det udleverede.



Kurve for målt relativ fugtighed i forhold til Hospitalserhvervede infektioner¹

Det Nye Universitetshospital Skejby Sygehus?



TEKNOLOGISK
INSTITUT

.....den tager vi næste gang!





TEKNOLOGISK
INSTITUT