



Artikelförfattare **EDDIE GRUNTE**  
Företag **TPi Klimatimport AB**  
Kontakt **eddie@tpiab.com**

# Air Ceiling – filtrerande tak för kirurgiska salar

Nya normer för luftkonditionering i kirurgiska salar implementeras nu i många europeiska länder för att eliminera bakteriologisk kontamination. Detta leder till nya tekniska framsteg.

De nuvarande normerna för en god luftkonditionering av kirurgiska salar kräver mycket frisk luft, från 6 till 20 volymer/h enligt varje lands egna lokala normer. Detta för att minska kontaminationen orsakad av anestetiska gaser. Det krävs även absolut filtrering av frisk luft för att eliminera den bakteriologiska kontaminationen som kommer från den yttre luften. Ett övertryck måste också finnas i salen i förhållande till angränsande lokaler, vilket är nödvändigt för att eliminera den bakteriologiska kontaminationen som kan komma in från dessa lokaler.

## Aktuell tendens

Tendensen för luftkonditionering av kirurgiska salar pekar på att man mer och mer använder sig av unidirektionella filtrerande tak, allmänt kallade för "laminära tak".

Detta kommer från kravet att inuti den kirurgiska salen ha en luftkvalitetsnivå ISO 5 enligt ISO-normen 14644. I praktiken, i stället för den traditionella utskjutningen av steril luft, skapas en "kolv" av steril luft som sänker sig från det unidirektionella taket med låg hastighet för att inte skapa någon turbulens och inte blanda sig med yttre partiklar vid den aseptiska kärnan.

I och med detta är man säker på att luften, åtminstone inom detta område, är fritt från främmande partiklar.

## Fördelar med ISO 5-salar

Säkerheten att partikulärt material, möjlig transportör av virologisk eller bakteriologisk kontamination, inte kan komma i



Figur 1: Air Ceiling.

BILD: TPI KLIMATIMPORT AB

kontakt med såret eller med de kirurgiska instrumenten, är således det bästa skyddet för patienten. I motsats till övertrycket, vilket är förutsättningen i den traditionella anläggningen och som beror på stängningen av dörrar, är det dynamiska övertrycket av den aseptiska kärnan oberoende av deras stängning, och garanterar således en större säkerhet av det kontinuerliga skyddet.

Det blir även en snabbare "recovery time" av salen. Detta betyder att den nödvändiga tidsperioden efter varje operation och tillhörande städning av salen, tills den återställs till den förutsedda kvalitetsklassen, är mycket kortare och ger på detta

sätt möjlighet till en större användning av salen. Denna "recovery time" mellan en operation och den efterföljande, sänks från cirka 15 minuter för sal med distribution av turbulent luft (ISO 7) till några sekunder för den med unidirektionell distribution (ISO 5). Salen kan därför återgå till sin operativitet inom mycket kort tid.

Luftspridningen med låg hastighet och homogena temperaturer på hela den filtrerande ytan samt lite lägre (cirka 2°C) temperatur än den aktuella lokaltemperaturen, garanterar en hög komfort för operatörerna, långt mer bättre än ett system med turbulent spridning som ofta karaktäriseras

av mycket kalla och besvärande luftflöden med hög hastighet.

Man uppnår också en bättre flexibilitet av salen. På vissa sjukhus finns redan två olika klasser av salar, och det finns risk för att en brådskande operation av mycket hög specialitet inte kan utföras eftersom alla ISO 5-salar är upptagna medan eventuellt alla ISO 7 är lediga.

Alla dessa motiveringar har drivit många europeiska länder att uppdatera normerna och således höja luftkvaliteten i kirurgisalar från ISO 7 till ISO 5.

## Huvudparametrar ISO 5

Det är känt att huvudparametrarna för att uppnå kvalitetsklasserna av luften är enligt tabell 1.

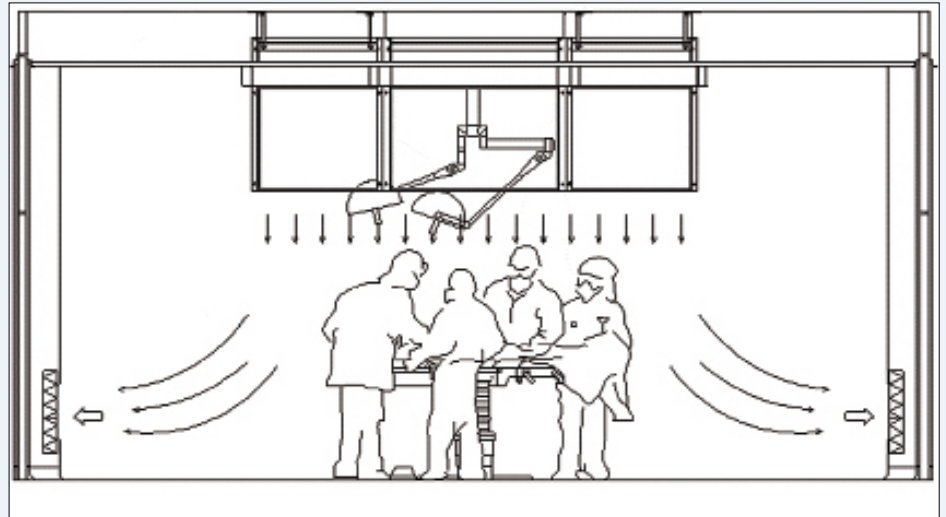
Logiken som leder till installation av en sal i klass ISO 5 utgår från nödvändigheten att betydligt öka luftvolymen så att den passerar flera gånger genom absoluta filter för att behålla lokalen renare och således uppnå en högre luftkvalitetsnivå. Varje form av turbulens ska i själva verket undvikas så att luften inte bär på kontamination inuti den mest kritiska zonen. För att uppnå detta flöde är det nödvändigt att utblåsningshastigheten från slutfiltret är mellan 0,20 och 0,40 m/s. Under detta finns inte säkerheten att flödet är unidirektionellt, framför allt under vinterperioden när lufttemperaturen vid trycksidan är mycket nära den i salen, och således inte når till att skydda patientens sår. En alltför låg kapacitet medför dessutom till en alltför hög temperaturskillnad inom salen som leder till besvär för det kirurgiska teamet

## Dimensioner av aseptisk kärna

Det är nödvändigt att reducera den superkontrollerade zonen för att spara energi. De mest innovativa normerna definieras som "aseptisk kärna" inom ett område med måtten 2,8x2,8 m. Inuti denna finns operationsbordet, kirurgen, hans team och instrumentbordet. Denna aseptiska kärna bibehålls i klass ISO 5. Utanför denna är klass ISO 7 accepterad. För att skydda den aseptiska kärnan är det nödvändigt att det filtrerande taket är av större mått. Det optimala måttet på taket är därför 3,2x3,2 m.

## Möjlighet av återcirkulation

Taket har normalt en nettoyta på cirka 10 kvm. Med en lufthastighet på 0,26 m/s erhåller man en kapacitet på åtminstone 2,6 kbm/s. Under en timme har man cirka 9 200 kbm/h. Denna enorma kapacitet kan



Figur 2: Funktionsskiss.

BILD: TPI KLIMATIMPORT AB

inte vara helt av yttre luft och det är nödvändigt att massivt tillgripa återcirkulation genom att begränsa den yttre luftmängden. Detta är nödvändigt för att späda ut den kemiska kontaminationen av aseptiska gaser, enligt vad som krävs av de lokala normerna och som normalt inte är mer än 1 500–2 000 kbm/h.

Normerna tillåter återcirkulation på tre villkor:

- ▶ Återcirkulationen ska göras i en enda sal, det vill säga att det inte är tillåtet att blanda luft från olika salar
- ▶ Den återcirkulerade luften måste ha, åtminstone för det andra filterstadiet (F9) och slutfiltret (H14), samma filterringseffekt som den externa
- ▶ Ljudtrycksnivån i mitten av salen får inte överstiga 48 dB(A)

## Nödvändigt luftflöde

Luftkapaciteten av anläggning med unidirektionellt flöde är proportionell till takets yta. Här föreslås ett åttakantigt tak i stället för ett kvadratisk för att eliminera skyddet på hörnen där den inte har något värde. Takets yta minskas så med cirka 20 procent. Även den nödvändiga luftkapaciteten sänks till cirka 7 200 kbm/h.

## Trapetsformade absoluta filter

De här föreslagna unidirektionella taken har en åttakantig form och mäter 3,2x3,2 m. Det finns åtta filter, klass H14, och deras form är trapetsformad. De absoluta filtren har dubbel densitet och är större i takets mitt, detta för att erhålla en litet högre central lufthastighet och garantera en större utblåsningseffekt. Med samma filtrerande yta har de trapetsformade filtren en större

täckt yta med 20 procent i förhållande till de traditionella rektangulära filtren. Dessutom utgör deras form att ett minimum av det fria utrymmet påverkas för anslutningen av skuggfria lampor, vilket i sin tur leder till mer luft i mitten av den aseptiska kärnan. Här betonas också, att med de traditionella taken med rektangulära filter, får ett centralt filter inte installeras för att tillåta anslutningen av de skuggfria lamporna. Detta centrala område är exakt där den mesta sterila luften behövs. Med denna lösning sänks således tryckbortfallet, effektförbrukningen och systemets bullernivå med cirka 30 procent än med den traditionella lösningen.

## Fördelningskammare för luften

Taken är utrustade med ett system för att garantera den perfekta tätheten på kronan genom att sätta utrymmet omkring filtren i undertryck. Över filtrens plan installeras fördelningskammare i förzinkad eller rostfri plåt för den optimala distributionen och homogeniseringen av luften som kommer från klimataggregatet samt den från återcirkuleringen. Under filtrens plan finns ett lamelleringsystem för luften som består av en mikroperforerad vävna som är helt steriliserbar. I mitten av åttahörningen förutses anslutningen av den skuggfria lampan.

## Kristallgardiner

Taket är utrustat med sidogardiner som sänks ned till 2,1 meter över golvet, för att på så sätt garantera sidoinnehållet av luften, utan att störa kirurgerna under operationsfasen. Om dessa inte fanns, öppnar sig de perifera lagren av luftflödet och detta förlorar hastighet i sin centrala del, i och med detta reduceras utblåsningseffekten av den endogena kontaminationen. Gardinerna är i stratifierad kristall och garanterar maximal säkerhet av obrytbarhet utan att begränsa kirurgens visuella område.

I sidogardinerna är dessutom åtta lampor

Tabell 1: Huvudparametrar för att uppnå luftens kvalitetsklasser				
Luftkvalitetskrav	Luftkvalitetsklass	Nödvändigt luftflöde	Effektivitet av slutfilter	Distributions-typ av luft
Hög nivå	ISO 7	20 vol/h	H13	turbulent
Mycket hög nivå	ISO 5	250 vol/h	H14	unidirektional



installerade som ger en storartad indirekt ljuseffekt i operationsområdet.

### Mediabrygga

Eftersom sidogardinerna gör det svårt att installera kirurgens och narkosläkarens hängande manöver-paneler, har under dessa gardiner åtta mediabryggor förberetts och som kan inrymmas i externt läge till luftflödet. Uttagen för medicinska gaser och de elektriska anslutningarna utförs separat. Även anslutningar för sändning via kabelnät med tillhörande högtalare och uttag för anslutning av dator kan förberedas.

Sidogardinerna har ett inbyggt skensystem för skjutning av konsoler och stöd och kan bära vikter upp till 80 kg per brygga. De har ett infästningssystem för ytterligare skyddsgardiner i plast som kan sänkas ner till 1,2 meter på sidorna som inte används för den kirurgiska aktiviteten. Dessa används enbart vid extremt delikata operationer.

### Systemlösningar

För att erhålla en kirurgisal i klass ISO 5, måste systemet arbeta med mycket höga luftflöden och återcirkulering är nödvändig. För detta ändamål finns det två systemlösningar, som skiljer sig på hur återcirkulationen sker.

### Statiskt tak

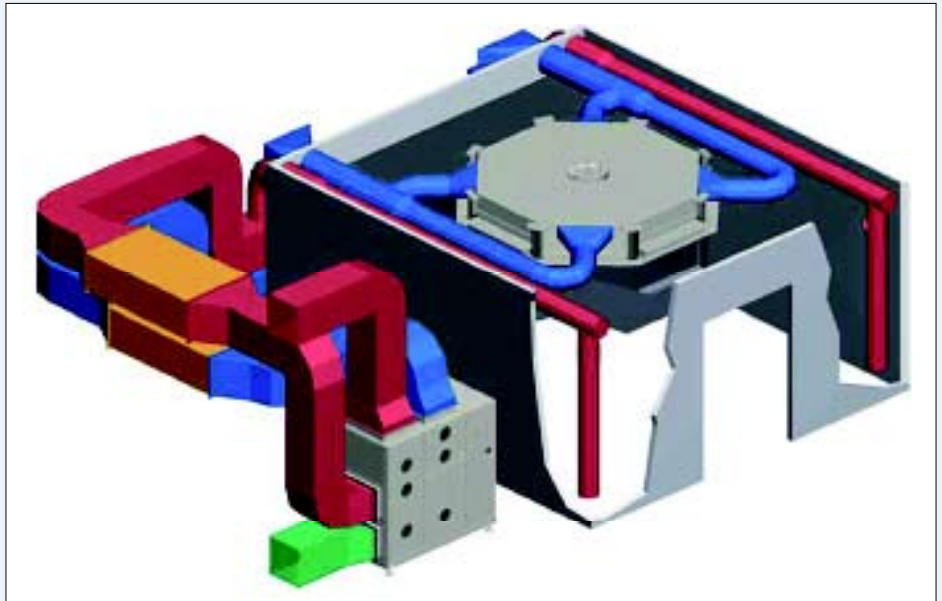
Den lättaste lösningen är att leda tillbaka allt luftflöde till klimataggregatet, blåsa ut en del av det, ta in den nödvändiga friska luften, återcirkulera i aggregatet och använda det statiska laminärflödestaket.

Denna lösning som är obligatorisk för helt nya byggnader blir tyvärr ofta extremt orealistisk i verkligheten för många sjukhus, framförallt för salar som ska byggas om då dessa har otillräckliga passager för kanalerna som ska leda tillbaka allt luftflöde till aggregatet. För att klargöra detta betonas att för 7 200 kbm/h är de nödvändiga kanalerna två, en för tillförsel och en för retur, som var och en har ett mått på cirka 800x500 mm.

### Ventilerat tak

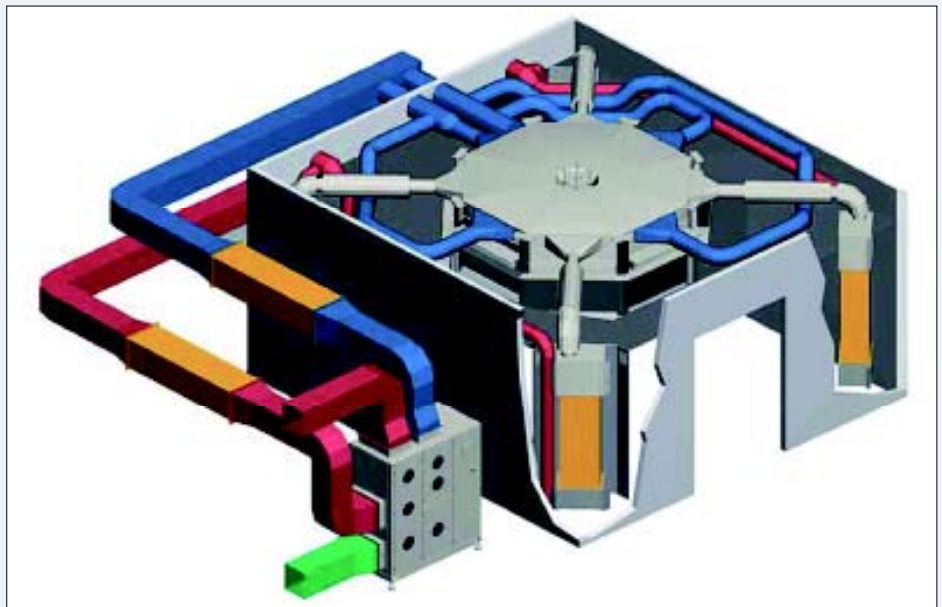
För installationer där dessa mått av kanalerna inte är kompatibla föreslås det åttakan-tiga taket även i den ventilerade versionen för att tillåta en tillräcklig återcirkulation i salen. Den innovativa egenskapen av denna lösning är installationen av fyra återcirkulationsmoduler placerade i hörnen av salen. Varje modul består av ett luftintag i golvnivå, ett klass F9 luftfilter, en ljuddämpare, en elfläkt, en spärrlucka och ytterligare en ljuddämpare innan den går in i luftintagets fördelningskammare.

Fläktarna har vardera en maxkapacitet på cirka 1 000 kbm/h och en integrerad elektronisk reglering för att garantera konstant kapacitet även vid tilltäppta filter.



Figur 3: Statiskt tak.

BILD: TPI KLIMATIMPORT AB



Figur 4: Ventilerat tak.

BILD: TPI KLIMATIMPORT AB

Detta plus aggregatets externa luftkapacitet (2 000–2 500 kbm/h), gör att man uppnår de nödvändiga luftflödesvärdena.

Om en av fläktarna blockeras eller går sönder garanterar spärrluckan att luftflödet inte kan gå tillbaka eller gå in i salen i motsatt riktning och återföra alla kontaminationspartiklar som filtret tidigare har kvarhållit.

Närvaron av ljuddämparna sänker bullret i salen, genererat av fläktarna, med cirka 15 dB(A) och bidrar till större komfort för det kirurgiska teamet. I uppströms- och nedströmsfläktarna är ljuddämpare installerade som är i stånd att garantera att ljudtrycksnivån inte överstiger 48 dB(A) i mitten av salen.

Genom att suga in luften vid golvet istället för vid taket, vilket är det mest vanliga med ventilerade tak, undviker man att störa det unidirektionella flödet och reducera effektiviteten av patientens skydd. \*



Figur 5: Genom att suga in luften vid golvet istället för vid taket, vilket är det mest vanliga med ventilerade tak, undviker man att störa det unidirektionella flödet och reducera effektiviteten av patientens skydd.

BILD: TPI KLIMATIMPORT AB

