

Werktuigbouwkundige installaties op de operatieafdeling



Kropman B.V. Utrecht, 24 mei 2005

Auteur:

H.J.A. Juijn

Afstudeerbegeleiders:

Ir. C.A. Brak (Hogeschool van Utrecht)

Ir. J.F.B.C. Haan (Kropman B.V. Utrecht)

Opleiding:

Hogeschool van Utrecht

Hogere Installatie Techniek

Mediatheek HvU



0300 525 7649

H.J.A Juijn

**Werktuigbouwkundige installaties
op de operatieafdeling**

*Onderzoek naar regelgeving en toepasbaarheid van de
werktuigbouwkundige installaties binnen de operatieafdeling.*

Afstudeerscriptie

Werktuigbouwkundige installaties op de operatieafdeling

*Onderzoek naar regelgeving en toepasbaarheid van de
werktuigbouwkundige installaties binnen de operatieafdeling.*

Kropman B.V. Utrecht, 24 mei 2005

Auteur:

H.J.A. Juijn

Afstudeerbegeleiders:

Ir. C.A. Brak (Hogeschool van Utrecht)

Ir. J.F.B.C. Haan (Kropman B.V. Utrecht)

Opleiding:

Hogeschool van Utrecht

Hogere Installatie Techniek



Samenvatting

In opdracht van Kropman B.V. Utrecht is een onderzoek verricht naar de regelgeving omtrent de operatieafdeling binnen ziekenhuizen. Het doel van dit onderzoek is inzicht te krijgen in de regels waaraan de verschillende installaties op de operatieafdeling moeten voldoen. Doordat het voor engineers niet altijd duidelijk is aan welke regels men moet voldoen en waarop deze regels gebaseerd zijn gaat er veel tijd verloren.

Naast een samenvatting van de huidige regelgeving is er op basis van deze regelgeving een voorbeeld ontwerp gemaakt.

Na de inventarisatie van de regelgeving voor de operatieafdeling is een concept ontwikkeld wat de basis vormt voor de luchtbehandelingsinstallatie. Bij de ontwikkeling is gekeken naar het zo optimaal mogelijk gebruik maken van de luchtbehandelingskasten om de investeringskosten zo laag mogelijk te houden.

De regelgeving voor de medische gassen komt slechts beperkt aan de orde in dit document, omdat deze regelgeving reeds duidelijk en goed omschreven is.

Uit het onderzoek kwam dat de grens van de huidige regelgeving bij de bedrijfszekerheid ligt. De uiteindelijk vereiste bedrijfszekerheid zal door de opdrachtgever worden opgelegd. De regelen voor de bedrijfszekerheid kunnen zo geïnterpreteerd worden dat iedere installatie aan deze regel zal voldoen.

Op basis van de mogelijke verschillende wensen van de klant zijn er een aantal hydraulische schakelingen ontwikkeld die een hogere bedrijfszekerheid van de installatie waarborgen met behoud van goede regelbaarheid, hetgeen door middel van berekeningen is onderbouwd.



Inhoudsopgave

VOORWOORD VI

1. INLEIDING.....1

2. PROBLEEMSTELLING2

2.1 OPDRACHT2

2.2 ONDERZOEKSVRAGEN.....2

3. OPERATIEAFDELING.....3

3.1 OPERATIEKAMER4

3.2 VERKOEVERKAMER6

4. RUIMTECONDITIES OP DE OPERATIEAFDELING7

4.1 LUCHTVOCHTIGHEID.....7

4.2 DRUKHIËRARCHIE.....8

4.3 LUCHTREINHEID.....9

4.4 VENTILATIEVOUD10

4.5 RUIMTETEMPERATUUR10

4.6 INVENTARISATIE EISEN11

5. BEDRIJFSZEKERHEID13

5.1 HYDRAULISCHE SCHAKELINGEN14

5.1.1 Luchtvoorverwarmer15

5.1.2 Luchtnaverwarmer17

5.1.3 Luchtkoeler.....20

6. CENTRALE LUCHTBEHANDELINGSINSTALLATIE22

6.1 ONTWERP CENTRALE LUCHTBEHANDELINGSINSTALLATIE.22

6.2 REGELSTRATEGIE.....23

6.2.1 Normaal bedrijf.....24

6.2.2 Nachtbedrijf.....25

6.2.3 Noodbedrijf.....26

7. LUCHTBEHANDELINGSINSTALLATIE OPERATIEKAMER27

7.1 ONTWERP DECENTRALE LUCHTBEHANDELINGSINSTALLATIE.....27

7.2 REGELSTRATEGIE.....28

7.2.1 Normaal bedrijf.....28

7.2.2 Nachtbedrijf.....30

7.2.3 Noodbedrijf.....30

8. MEDISCHE GASSEN31

8.1 NARCOSEGASINSTALLATIE31

8.2 ZUURSTOFINSTALLATIE32

8.3 PERSLUCHTINSTALLATIE.....33

8.4 VACUÛMINSTALLATIE35

9. CONCLUSIES.....36

10. AANBEVELINGEN38

LITERATUURLIJST.....41

BIJLAGEN43



LIJST VAN ILLUSTRATIES

Figuren

Figuur 1 Zone verdeling operatieafdeling 3

Figuur 2 Opstelling operatiekamer 5

Figuur 3 Drukhiërarchie op de operatieafdeling 8

Figuur 4 1^e basisontwerp luchtbehandelingskast 12

Figuur 5 Basisontwerp luchtbehandelingsinstallatie 13

Figuur 6 Voorverwarmer met constante volumestroom 15

Figuur 7 Voorverwarmer met variabele volumestroom 15

Figuur 8 Voorverwarmer actieve module 16

Figuur 9 Voorverwarmer met parallel geschakelde drieweg regelafsluiters 16

Figuur 10 Voorverwarmer met parallel geschakelde drieweg & tweeweg regelafsluiters 17

Figuur 11 Naverwarmers met constante volumestroom 18

Figuur 12 Naverwarmers met variabele volumestroom 19

Figuur 13 Luchtkoeler met tweeweg regelafsluiter 20

Figuur 14 Luchtkoeler met parallel geschakelde tweeweg regelafsluiters 21

Figuur 15 Centrale luchtbehandelingskast 23

Figuur 16 Decentrale luchtbehandelingskast 27

Figuur 17 Narcosegasinstallatie 31

Figuur 18 Zuurstofinstallatie 32

Figuur 19 Persluchtinstallatie 34

Figuur 20 Vacuüminstallatie 35

Figuur 21 Operatiekamer van de toekomst? 40

Figuur 22 Een te hoge luchtsnelheid en/of een te lage inblaastemperatuur 55

Figuur 23 Een te lage luchtsnelheid en/of een te hoge inblaastemperatuur 55

Figuur 24 Eén tweeweg regelafsluiter 58

Figuur 25 Parallel geschakelde tweeweg regelafsluiters 61

Figuur 26 Aansluiting medische gassen 67

Figuur 27 Oude operatielamp 68

Figuur 28 Operatielamp met geringe luchtverstoring 68

Figuur 29 Operatielamp met glasvezeltechniek 69

Figuur 30 Isolatiekoppeling 70

Figuur 31 Isolatiegaas 71

Figuur 32 P&I Schema centrale luchtbehandelingskast 73

Figuur 33 P&I Schema decentrale luchtbehandelingkast 74

Tabellen

Tabel 1 Reinheidseisen voor operatiekamers 9

Tabel 2 Filtereisen 9

Tabel 3 Gewenste ruimtetemperatuur operatiekamer 10

Tabel 4 MAC-Waarde narcosegassen 46

Tabel 5 S-classificatie 70

Tabel 6 Ruimtestaat operatieafdeling 72

**AFKORTINGENLIJST****Afkortingen**

ARBO
C.F.D.
HEPA
K.v.e.
l.a.k.
l.b.k.
MAC
Min.
MPPS
n.c
NEN
o.k.
Opp.
PMV
RV
TGG
VWS

Verklaring

Arbeidsomstandigheden
Computational Fluid Dynamics
High Efficiency Particulate Air
Kolonie vormende eenheden
Luchtafzuigkast
Luchtbehandelingskast
Maximaal Aanvaarde Concentratie
Minimaal
Most Penetrating Particle Size
normally closed
Nederlands eenheids norm
Operatiekamer
Oppervlakte
Predicted Mean Value
Relatieve Vochtigheid
Tijd Gewogen Gemiddelde
Volksgezondheid, Welzijn en Sport



VOORWOORD

Drie jaar geleden ben ik met de studie Hogere Installatie Techniek aan de Hogeschool van Utrecht begonnen. Na het doorlopen van de diverse theorie en praktijk vakken rest alleen nog het afronden van mijn afstudeerperiode door middel van een afstudeerscriptie met bijbehorende eindpresentatie. Voor u ligt de afstudeerscriptie "*Werktuigbouwkundige installaties op de operatieafdeling*" waarin u mijn bevindingen en conclusies kunt terug vinden die ik gedurende mijn afstudeerperiode heb opgedaan.

Na de inventarisatie van de verschillende mogelijke afstudeeropdrachten binnen een aantal bedrijven, is mijn uiteindelijke keuze gevallen op een van de afstudeeropdrachten welke Kropman BV Utrecht mij had aangeboden. Bij aanvang van de opdracht was ik er nog niet helemaal van overtuigd dat de keuze voor deze opdracht de juiste was. Niet om het feit dat ik de opdracht niet leuk of interessant zou vinden maar meer door de grote omvang van het onderwerp "*Werktuigbouwkundige installaties op de operatieafdeling*". Nadat ik een aantal weken bezig was raakte ik er steeds meer van overtuigd dat de beslissing die ik had genomen de juiste was. Het ging niet alleen om een opdracht die zeer omvangrijk was maar het was ook een opdracht waarvan ik zeer veel zou kunnen leren. Een opdracht met een echte uitdaging, hetgeen zeker heeft bijgedragen aan het eindresultaat.

Graag wil ik deze mogelijkheid aangrijpen voor het bedanken van een aantal personen. De afstudeerbegeleider binnen Kropman B.V. Utrecht was Ir. J.F.B.C. Haan waar ik veelvuldig contact mee heb gehad. Bij dezen wil ik u hartelijk bedanken voor de tijd die u heeft vrijgemaakt in het begeleiden en beantwoorden van diverse vragen gedurende mijn afstudeerperiode. Mijn afstudeerbegeleider van de Hogeschool van Utrecht was Ir. C.A. Brak. Ook u wil ik van harte bedanken voor de gegeven feedback tijdens mijn afstudeerperiode, waardoor ik mede tot het gewenste eindresultaat ben gekomen.

Binnen Kropman B.V. zijn er nog een groot aantal personen die ik wil bedanken voor de tijd die zij vrijmaakte voor het beantwoorden van mijn vragen. Door het grote aantal kan ik niet al deze personen persoonlijk benoemen.

Tenslotte wil ik alle personen bedanken die mij gedurende mijn afstuderen ondersteund hebben, maar niet expliciet vermeld staan.

Utrecht, 24 mei 2005
Patrick Juijn



1. INLEIDING

De regelgeving betreffende ziekenhuizen is er op gericht de veiligheid en de gezondheid van alle personen in het ziekenhuis te garanderen. Als gevolg van nieuwe kennis en technologieën staat deze regelgeving altijd onder druk. Mede hierdoor zal de regelgeving continu kritisch bekeken moet worden om te voorkomen dat mogelijke verbeteringen in de gezondheidszorg worden tegengehouden door deze regelgeving. Het zal altijd zo zijn dat regelgeving continu word aangescherpt of aangepast aan de nieuwste bevindingen.

Op 12 januari 2004 zijn door het “College bouw ziekenhuisvoorzieningen” bouwmaatstaven voor operatieafdelingen vastgesteld. Deze bouwmaatstaven zijn op 3 maart 2004 door de Minister van Volksgezondheid, Welzijn en Sport goedgekeurd. Als gevolg van de gewijzigde regelgeving en een aantal zeer specifieke eisen binnen de operatieafdeling is het ontwerpen van een klimaatinstallatie van een operatieafdeling complexer geworden, hetgeen mede veroorzaakt wordt door het beperkte budget van de opdrachtgever.

Door de nieuwe bouwmaatstaven is er meer duidelijkheid gekomen betreffende de regelgeving binnen een operatieafdeling. Het is echter niet zo dat in de bouwmaatstaven alle eisen staan waaraan een operatieafdeling moet voldoen. Ook is het niet altijd duidelijk waarop deze eisen zijn gebaseerd.

Het doel van deze scriptie is meer duidelijkheid creëren voor engineers van de diverse installaties binnen een operatieafdeling, met de volgende uitgangspunten:

- Samenvatten van de huidige regelgeving binnen de operatieafdeling.
- Onderbouwen van deze regelgeving.
- Ontwikkelen van een klimaatinstallatie op basis van de huidige regelgeving.

Voor het realiseren van de gestelde doelen is onder andere een literatuurstudie verricht naar de huidige regelgeving. In deze scriptie zijn de bevindingen en conclusies terugvinden van dit onderzoek. De opbouw van de scriptie is als volgt. In hoofdstuk 2 wordt besproken hoe ik tot de hoofdvraag gekomen ben. In hoofdstuk 3 en 4 worden de eisen besproken waaraan de verschillende ruimtes moeten voldoen. In hoofdstuk 5 t/m 7 wordt een aantal mogelijkheden besproken om een klimaatinstallatie binnen de operatieafdeling te realiseren. In hoofdstuk 8 worden de verschillende installaties voor medische gassen besproken. De uiteindelijke conclusie en de bevindingen kunt u terugvinden in hoofdstuk 9. Afsluitend vindt u in hoofdstuk 10 een aantal aanbevelingen voor een vervolg onderzoek.



2. PROBLEEMSTELLING

Binnen Kropman B.V. is men al een aantal jaren bezig met het ontwerpen en uitvoeren van de diverse werktuigbouwkundige en elektrotechnische installaties binnen de operatiekamers/afdelingen. Het ontwerpen gebeurt op basis van regelgeving welke door de regering is opgelegd. De laatste jaren hebben er grote veranderingen in de regelgeving betreffende de operatiekamer plaats gevonden. Op 12 januari 2004 heeft het College bouw ziekenhuisvoorzieningen vernieuwde bouwmaatstaven voor een operatieafdeling vastgesteld. Deze regelgeving is op 3 maart 2004 na goedkeuring van de minister van VWS van kracht geworden.

Door de gewijzigde regelgeving en de grote hoeveelheid documentatie is het voor Kropman B.V. niet altijd duidelijk aan welke eisen de verschillende installaties moeten voldoen. Met als gevolg dat tijdens de ontwerpfasen van een project veel kostbare tijd verloren gaat aan het verwerven van de juiste informatie.

2.1 Opdracht

Om binnen Kropman B.V. meer duidelijkheid te krijgen over de verschillende werktuigbouwkundige installaties van de operatieafdeling zijn door de volgende actiepunten uitgevoerd, hetgeen overeenkomt met mijn afstudeeropdracht:

1. *Een literatuurstudie naar de toepassing en de gebruiksfilosofieën van diverse operatiekamers.*
2. *Een inventarisatie van de diverse mogelijkheden om het gewenste klimaat op de operatiecomplex te realiseren.*
3. *Een inventarisatie binnen Kropman B.V. met betrekking tot reeds uitgevoerde operatieafdelingen.*
4. *Een beschrijving van de werking van een aantal gekozen typische concepten aan de hand van principeschema's en details.*
5. *De randvoorwaarden en het selecteren van de hoofdcomponenten die nodig zijn.*
6. *Een samenvatting van mogelijke randvoorwaarden, ontwerpregels en relaties met overige disciplines in een overzicht.*
7. *Een heldere rapportage van de bevindingen.*
8. *Een presentatie van de opdracht aan de engineers van Kropman B.V. Utrecht.*

2.2 Onderzoeksvragen

Gedurende de afstudeerperiode stelde ik steeds de volgende vragen:

1. Aan welke eisen moeten de verschillende installaties voldoen?
2. Waarom moeten ze aan deze eisen voldoen?
3. Hoe kan een installatie worden uitgevoerd, die voldoet aan de gestelde eisen van een operatieafdeling?



3. OPERATIEAFDELING

De operatieafdeling is het gebied binnen het ziekenhuis waar de verschillende operaties en aanverwante activiteiten plaats vinden. Men spreekt ook wel over het hart van een ziekenhuis. De operatieafdeling wordt over het algemeen in het ziekenhuis gecentraliseerd om de kans dat micro-organismen vanuit de omgeving de operatiekamer kunnen binnentreden tot een minimum te beperken. De belangrijkste kamer binnen de operatieafdeling is de operatiekamer. Alle overige ruimtes binnen de operatieafdeling zijn ter ondersteuning van de operatiekamer.

Niet alle ruimtes binnen een operatieafdeling dienen aan dezelfde strenge eisen te voldoen. Een operatiekamer vereist nu eenmaal schonere lucht dan een personeelsruimte. De verschillende ruimtes binnen een operatieafdeling zijn onder te verdelen in de volgende zones:

Zone 1: Niet schoon. Hieronder vallen alle civiele vertrekken.

- Receptie
- Personeelsruimte
- Recovery (*verkoeverruimte*)
- Holding (*ontvangstruimte*)
- Voorbereiding
- Wasruimte

Zone 2: Schoon. Het gaat hier om het operatiecomplex.

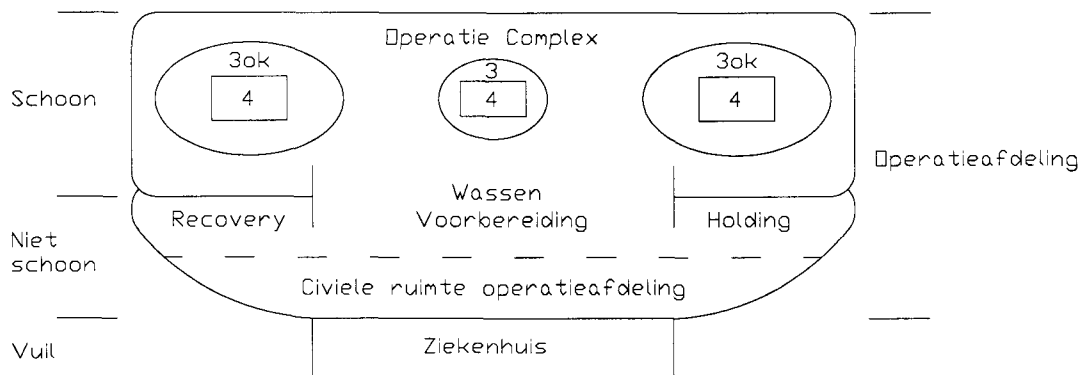
- Steriele berging
- Anesthesieberging
- Gangen (*binnen het operatiecomplex*)

Zone 3: Steriel.

- Operatiekamer
- Opdekruimte
- Steriele berging (*dagvoorraad*)

Zone 4: Operatiegebied. Het gebied onder het luchttoevoerplenum in de operatiekamer.

- Operatietafel



Figuur 1 Zone verdeling operatieafdeling [1]



3.1 Operatiekamer

In de operatiekamer en het ziekenhuis is alles gericht op het herstel van een patiënt zo spoedig mogelijk te laten verlopen. Men kan er nog altijd beter voor zorgen dat een infectie wordt voorkomen in plaats deze te moeten genezen. Het is echter niet zo dat bij iedere operatie dezelfde kans op infecties bestaat. Zo is de kans op infecties bij een protheseoperatie veel groter dan bij een darmoperatie. De huidige regelgeving staat het echter niet toe om een onderverdeling te maken binnen de verschillende operatiekamers en de werkzaamheden die daar worden uitgevoerd. Elke operatiekamer dient te voldoen aan dezelfde basis eisen. Dit heeft als bijkomend voordeel dat de verschillende operaties in meerdere operatiekamers kunnen worden uitgevoerd. Vaak wordt er wel een specifieke discipline aan een operatiekamer toegewezen. Voor de werktuigbouwkundige installaties heeft dit nauwelijks invloed.

Doordat de mobiele apparatuur die gedurende een operatie gebruikt wordt kan blijven staan, zal de voorbereiding van een operatie minder tijd innemen. Hierdoor zullen de kosten van een operatie dalen, hetgeen voordeliger is voor de uiteindelijke gebruiker, de patiënt.

Een aantal disciplines zijn:

- Orthopedische chirurgie (*De orthopedische chirurg behandelt aandoeningen aan het steun- en bewegingsapparaat. Dat zijn dus de botten, de gewrichten, de spieren, pezen en banden.*)
- Cardiochirurgie (*Het terrein van de cardiochirurgie omvat de hartoperaties.*)
- Neurochirurgie (*Het terrein van de neurochirurgie omvat het centrale zenuwstelsel, dat zijn de hersenen en het ruggenmerg, maar ook hun benige omhulsels.*)

De meest voorkomende installaties in een operatiekamer zijn:

Klimaatinstallatie

- Mechanische ventilatie (toe- /afvoer)
 - Bronafzuiging

Medische gasseninstallatie

- Zuurstof (O₂) 5 bar
- Lachgas (N₂O) 5 bar
- Perslucht voor aandrijving 10 bar (chirurgische instrumenten)
 - 5 bar (medische apparatuur)
- Perslucht voor beademing 5 bar
- Vacuüm 0,2-0,4 bar absoluut (80-60% vacuüm)
- Narcosegas –evacuatiesystemen

Elektrotechnische installaties

- S-classificatie S3
- Lichtsterkte 1000 lux (algemeen)

Bouwkundige eisen

- Min. nuttig opp. 36m² Algemene operatiekamer
 - 42m² Specifieke operatiekamer
- Een goed luchtdichtheid van de bouwkundige constructie is vereist.
- Naadloze afwerking
- Overgang vloer met wand moet vloeiend verlopen om vuil ophoping tegen te gaan.



In de operatiekamer opgestelde medische apparatuur en instrumenten:

- A. Instrumenttafel
- B. Echoapparatuur *(Aan het hoofdeinde van de patiënt staat een echoapparatuur opgesteld. Met deze apparatuur wordt (via de slokdarm) de functie van het hart in de gaten gehouden.)*
- C. Bewakings- en beademingsapparatuur *(Aan het hoofdeinde van de patiënt staat tevens de bewakings- en beademingsapparatuur opgesteld.)*
- D. Hart-longmachine *(De hart-longmachine staat achter de chirurg.)*



Figuur 2 Opstelling operatiekamer

Het is van groot belang om te weten wat de manier van opstellen wordt gedurende de operaties. De plek waar men de apparatuur plaatst, is bepalend voor de positie van de verschillende aansluitpunten. Tevens heeft deze invloed op de vormen en afmetingen van het luchttoevoerplenum.



3.2 Verkoeverkamer

Het doel van de verkoeverkamer is het onder bewaking laten herstellen van de vitale orgaanfuncties van patiënten die een operatie hebben ondergaan waarbij verstoringen van deze orgaanfuncties kunnen optreden. Het streven is daarbij om zo veel mogelijk de schade voor de patiënt als gevolg van mogelijk optredende complicaties te voorkomen of te beperken. Direct na een operatie wordt de patiënt van de o.k. naar de verkoeverkamer gebracht. In deze ruimte wordt de betreffende patiënt door een gespecialiseerde verpleegkundige opgevangen en bewaakt. Nadat de patiënt voldoende hersteld is van de operatie zal deze van de operatieafdeling aan een van de gewone afdelingen binnen het ziekenhuis worden overgedragen.

In de verkoeverkamer zijn de volgende installaties aanwezig.

Klimaatinstallatie

- Mechanische ventilatie (toe /afvoer)voer)

Medische gasseninstallatie

- 4x Zuurstof (O₂) 5 bar
- 3x Perslucht voor beademing 5 bar
- 3x Vacuüm 0,2-0,4 bar absoluut (80-60% vacuüm)

Elektrotechnische installaties

- S-classificatie S2
- Lichtsterkte 250 lux (*algemeen*) 500 lux (*plaatselijk*)

Bouwkundige eisen

- Min. nuttig opp. 15m²
- Een goed luchtdicht hij van de bouwkundige constructie is vereist.
- Naadloze afwerking
- Overgang vloer met wand moet vloeiend verlopen om vuil ophoping tegen te gaan.

Aanwezige medische apparatuur

- Hart-longmachine
- Bewaking- en beademingsapparatuur
- Echoapparatuur

Overige

- Koud tapwater
- Warm tapwater

3.3 Overige ruimtes

Op de operatieafdeling zijn nog een groot aantal andere ruimtes. Doordat de werkzaamheden die in deze ruimtes worden uitgevoerd minder gevaar voor de gezondheid opleveren zijn de eisen die men aan deze ruimte stelt minder streng. Als gevolg hiervan zal de basis van dit document bij de operatiekamer liggen en zullen de overige ruimtes slechts beperkt aan de orde komen.



4. RUIMTECONDITIES OP DE OPERATIEAFDELING

Alles binnen de operatiekamer is er opgericht om het herstel van de patiënt zo spoedig mogelijk te laten verlopen. Om deze reden worden er aan de ruimtecondities binnen de operatieafdeling eisen gesteld. In de volgende hoofdstukken komen verschillende aspecten aan de orde die samen een aangenaam en veilig binnenklimaat moeten waarborgen. Tevens zal de noodzaak van de verschillende eisen worden verduidelijkt.

4.1 Luchtvochtigheid

Het bepalen van de juiste luchtvochtigheid binnen een operatieafdeling is zeer belangrijk. Het realiseert niet alleen een aangenaam klimaat, in bepaalde situaties kan een juiste luchtvochtigheid van levensbelang zijn.

De operatiekamer:

Het handhaven van de juiste relatieve vochtigheid is van groot belang:

- Om wonduitdroging gedurende een operatie te voorkomen dient de relatieve vochtigheid tussen de 40-80% te zijn.
- Een relatieve vochtigheid boven de 80% kan als gevolg hebben dat zichtbare transpiratie ontstaat die mogelijk op de patiënt terecht kan komen met als gevolg een verhoogde kans op infecties bij de patiënt.
- De overlevingskans van de meeste kiemen wordt beperkt bij een relatieve vochtigheid tussen de 50-60%.
- De relatieve luchtvochtigheid in een operatiekamer met S3-classificatie NEN 3134 (*bijlage H-2 S-classificatie*) moet minimaal 50% zijn. Dit om de kans op statische elektriciteit tot een minimum te beperken.
- De mens voelt zich het meest behaaglijk met een relatieve vochtigheid tussen de 30-70%.

Na afweging van de hiervoor beschreven gegevens is men uiteindelijk op de volgende waarde uitgekomen. De relatieve luchtvochtigheid in de gehele operatiekamer moet tijdens de operatie tussen de 50 en 60% zijn. De luchtvochtigheid van de inblaaslucht zal dan ook tussen de 50 en 60% moeten zijn omdat deze lucht rechtstreeks op de patiënt (het wondgebied) wordt geblazen. Het gaat hierbij om een richtlijn.

In de huidige regelgeving is alleen de ondergrens van de luchtvochtigheid vastgelegd, als gevolg van de NEN3134. De bovengrens is niet in normen of eisen vastgelegd en er kan derhalve van worden afgeweken. Dit biedt de mogelijkheid om de luchtvochtigheid niet alleen op basis van de relatieve vochtigheid te regelen maar ook op de absolute vochtigheid.

Overige ruimtes:

De luchtvochtigheid van de overige ruimtes is afhankelijk van de functie van een ruimte en de werkzaamheden die er verricht worden. Vanuit de praktijk wordt een minimale relatieve vochtigheid van 45% aanbevolen in verblijfsruimte. In bijlage (*I ruimtestaat operatieafdeling*) bevindt zich een overzicht van de gewenste luchtvochtigheid in de verschillende ruimtes binnen de operatieafdeling. Afhankelijk van de werkzaamheden in een ruimte kan het voor komen dat hogere eisen worden gesteld als gevolg van de S-classificatie.



4.2 Drukhiërarchie

De drukhiërarchie in de operatieafdeling moet er voor zorgen dat de kans dat micro-organismen de operatiekamer binnen treden wordt verkleind. Doordat lucht vanuit de schone ruimte naar de vuile ruimte wordt verplaatst zal het voor micro-organismen moeilijker worden om zich vanuit de vuile ruimte naar de schone ruimte te verplaatsen.

Men tracht de micro-organismen buiten een schone ruimte/zone te houden door een luchtstroom. Binnen een operatieafdeling worden de luchtstromen in stand gehouden door het creëren van een drukverschil tussen de aan elkaar grenzende ruimtes. Het realiseren van een drukverschil tussen de ruimtes wordt veroorzaakt door in de schone ruimte meer lucht toe te voeren dan er uit de ruimte wordt afgevoerd. Dit zal een overdruk in de schone ruimte tot gevolg hebben.

Tussen de aan elkaar grenzende ruimtes worden één of meer overstroom roosters geplaatst waardoor de lucht vanuit de schone ruimte naar de aangrenzende ruimte kan stromen. Ook zal lucht door kieren en lekkages naar aangrenzende ruimtes gaan. Deze luchtstroom probeert men echter zoveel mogelijk te beperken, omdat men weinig tot geen invloed heeft op deze luchtstroom.

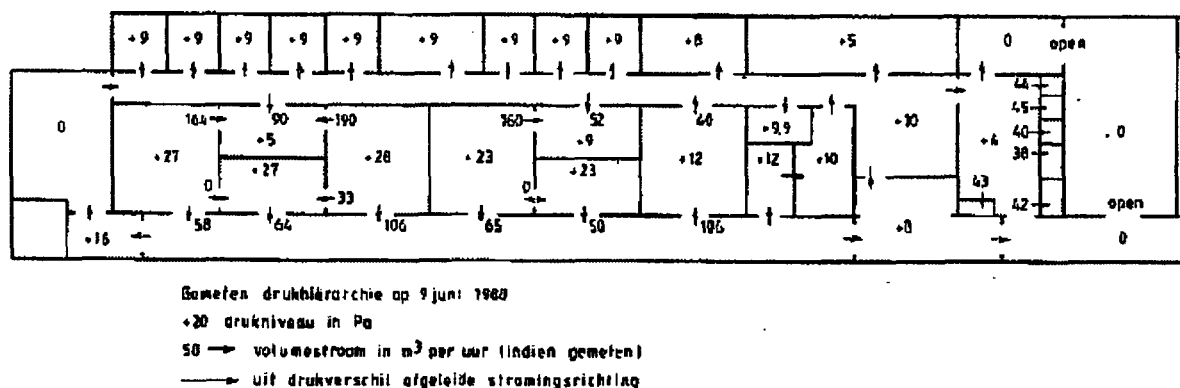
De roosters mogen niet voorzien zijn van een luchtfilter. Als gevolg van het openen of sluiten van een deur is het mogelijk dat er gedurende een korte periode een tegengestelde luchtstroom ontstaat, waardoor de in het filter verzamelde deeltjes zich terug in de ruimte kunnen verplaatsen. Het gevolg is dat de schone ruimte zeer sterk vervuild kan raken.

Indien twee o.k.'s aan elkaar grenzen is het verstandig om de wand tussen de ruimtes dubbel met een spouwmuur uit te voeren en vervolgens in de spouw een onderdruk te creëren.

Hierdoor kan er geen lucht uitwisseling tussen de verschillende operatiekamers plaats vinden. Voor het in stand houden van het drukverschil wordt in de praktijk een overdruk van 5-20 Pa als vuistregel aangehouden. Er dient rekening te worden gehouden met een overstromend luchtdebiet naar aangrenzende ruimtes van ca. 10 á 15% van het toegevoerde luchtdebiet om een stabiele situatie te creëren. Dit is een waarde die gevolg is van ervaringen uit de praktijk en is der halve geen garantie voor een goede drukhiërarchie.

De basis van een goede drukhiërarchie is een juiste indeling van de operatieafdeling en een bouwkundige constructie die voldoende luchtdicht zijn. De ruimtes dienen zo gelegen te zijn dat de reinheid toeneemt van de toegang van de operatieafdeling tot aan het operatiegebied binnen de operatiekamer.

In de bijlage (*I Ruimtestaat operatieafdeling*) bevindt zich een tabel met daarin de rangorde tussen de verschillende ruimtes op de operatieafdeling. Aan de top bevinden zich de ruimtes die bovenaan staan in de drukhiërarchie (Steriele opdekruimte) en onder aan de lijst de ruimte met een lagere drukhiërarchie (douche).



Figuur 3 Drukhiërarchie op de operatieafdeling [2]



4.3 Luchtreinheid

De eisen die aan de luchtreinheid worden gesteld zijn afhankelijk van de kans dat een patiënt een infectie oploopt. Het te selecteren eindfilter kan dus binnen een operatieafdeling per ruimte variëren. De hoogste luchtreinheid eisen worden gesteld aan de ruimte waar de kans op een infectie het hoogste is (operatiekamer, steriele opdekruimte). Het is echter onmogelijk dat gedurende een operatie geen micro-organismen in de operatiekamer aanwezig zijn. In tabel 1 bevinden zich streefwaardes waaraan iedere operatiekamer in Nederland moet voldoen.

	Luchtreinheid [Kve/m ³]
Tijdens de operatie in het operatie gebied	≤10
Tijdens de operatie buiten het operatie gebied	≤100
In de o.k. in rust in de gehele ruimte (20 min. na operatie)	≤1

Tabel 1 Reinheidseisen voor operatiekamers [3]

De luchtreinheid van de operatiekamers en overige ruimte weet men te waarborgen door het vast leggen wel type filter waar geplaatst moet worden. Het voordeel van deze eis is dat het voor iedereen duidelijk is welke filters geplaatst moeten worden en men geen rekening hoeft te houden met invloeden waarop men geen invloed heeft. (bijv. factoren die kiemen produceren / de mens.).

Klasse indeling volgens [CEN EN 779]		
Functie	o.k. / opdekruimte	Ruimte met verhoogde hygiënische eisen
Aanzuigfilter	F5	F5
Voorfilter	F7	F7
Nafilter	F9	F9
OK-eindfilter (HEPA)	H13	-

Tabel 2 Filtereisen [1]

Extra toelichting bijlage: D-6 Luchtfilters



4.4 Ventilatievoud

Om aan de strenge reinheidseisen te kunnen voldoen die aan de operatieafdeling gesteld worden, is het onvoldoende om alleen een goed luchtfilter te plaatsen. Met een goed luchtfilter kun je bijna alle stofdeeltjes uit de lucht filteren, maar het is niet mogelijk de chemische samenstelling van de lucht in de gewenste conditie te brengen. Wil men er voor zorgen dat de lucht in de ruimte voldoet aan de gestelde eisen, dan dient men dit te realiseren door het inblazen van (schone) buitenlucht.

Afhankelijk van de werkzaamheden en het aantal personen in een ruimte wordt het minimale ventilatievoud bepaald.

In de operatiekamer dient het ventilatievoud minimaal 20h⁻¹ te zijn en in de verkoeverruimte 10 h⁻¹. De hoogte van het ventilatievoud in deze ruimte is er in het bijzonder op gericht om diffuse verontreinigingen (zoals inhalatieanesthetica, alcohol uit jodiumtinctuur of glutaraaldehyde uit scopes) uit de werkplekatmosfeer te verdunnen tot onder de maximum concentratie (MAC). Doordat deze waarde gericht is op het snel afvoeren van (schadelijke) stoffen zal naar verwachting te allen tijde worden voldaan aan de minimale lucht verversing voor personen. Deze eisen dienen derhalve in acht genomen te worden.

Voor een overzicht van de vereiste ventilatiebehoefte/ ventilatievoud in de verschillende ruimtes van de operatieafdeling zie bijlage (I Ruimtestaat operatieafdeling).

Extra toelichting bijlage: B-2 MAC-Waarde

4.5 Ruimtetemperatuur

Het binnenklimaat in de operatieafdeling dient in beginsel te voldoen aan de NEN EN 7730 met -0,5> PMV< +0,5, in deze situatie zal meer dan 80% van de aanwezigen zich thermisch behaaglijk voelen. De situatie in de operatiekamer laat het echter niet altijd toe om aan deze eisen te voldoen. Dit komt door het feit dat niet alle personen die in de operatiekamer aanwezig zijn de zelfde wensen hebben met betrekking tot de ruimtetemperatuur. Het afwijken van de regelgeving is voor de ARBO aanvaardbaar indien de werkzaamheden de gestelde eisen niet toelaten.

	Metabolisme [W/m²]	Metabolisme [met]	gewenste ruimtetemperatuur [°C]		
			0,5 clo	1,1 clo	1,5 clo
Chirurg met loden schort	120	2,06	-	-	15
Chirurg	100	1,72	-	18	-
Operatieassistent	80	1,37	-	19	-
Verpleegkundige	80	1,37	19	-	-
Anesthesist	60	1,03	22	-	-

Tabel 3 Gewenste ruimtetemperatuur operatiekamer

De operatiekamer:

De ruimtetemperatuur van de operatiekamer dient volgens de huidige normen 21°C ± 3K te zijn. Door dat men de toevoerlucht 1 á 2K onder de ruimtetemperatuur moet inblazen kan deze variëren tussen de 16°C en 23°C, wat tot gevolg heeft dat de ruimte continu gekoeld wordt. Om inzicht te krijgen in het koelvermogen van het plenum is in bijlage (C-1 Luchttoevoerplenum) een voorbeeldberekening gemaakt. Hier is uitgekomen dat het koelvermogen van het plenum tussen de 2300W en de 6280W is.



Indien de warmtelast in de operatiekamer kleiner is dan de koellast kan het voorkomen dat de ruimtetemperatuur daalt beneden een acceptabele waarde. Dit is alleen te voorkomen door het verhogen van de interne warmtelast. Voor het verhogen van de interne warmtelast komt stralingsverwarming in aanmerking, omdat het een systeem is dat snel kan reageren op de wisselende interne warmtelast zonder dat de luchtstroom (downflow) in gevaar wordt gebracht. Over het algemeen wordt in het plafond van de operatiekamer een aantal stralingspanelen gemonteerd waardoor de ruimtetemperatuur te allen tijde boven de minimale ruimtetemperatuur van 18°C blijft.

Overige ruimtes:

Voor de overige ruimtes binnen de operatieafdeling wordt de ruimtetemperatuur bepaald door middel van de activiteit in de ruimte en de kleding die men draagt. Op deze wijze is de gewenste ruimtetemperatuur van de verschillende ruimtes gemakkelijk te bepalen. Voor een overzicht van de in de verschillende ruimtes gewenste ruimtetemperatuur zie bijlage (*Bijlage I Ruimtestaat operatieafdeling*)

Extra toelichting bijlage: B-1 Ruimtetemperatuur in de operatiekamer

4.6 Inventarisatie eisen

Na een inventarisatie van de eisen die aan de verschillende ruimtes gesteld worden is het mogelijk een onderverdeling te maken tussen een aantal type ruimtes. Het gaat hierbij om een zeer belangrijke fase in het ontwerp. Door een onderverdeling te maken krijgt men meer inzicht in de onderdelen uit de installatie die centraal opgesteld kunnen worden. De verschillende type ruimtes op de operatieafdeling zijn:

Type I : Ruimte met zeer strengen eisen aan de vochtigheid en de temperatuur van de lucht. De eisen aan de lucht die wordt toegevoerd zijn streng en kunnen per ruimte verschillen. Als gevolg hiervan wordt iedere ruimte binnen deze groep uitgevoerd met een eigen luchtbehandelingskast.

- Operatiekamers

Type II: In deze ruimte zal niet alleen geconditioneerde lucht naar binnen treden maar ook een hoeveelheid lucht van aangrenzende ruimtes. De ruimte eisen die worden gesteld zijn minder streng en de tolerantie is groter, waardoor het mogelijk is de lucht centraal voor te behandelen en bij de ruimte beperkt na te behandelen.

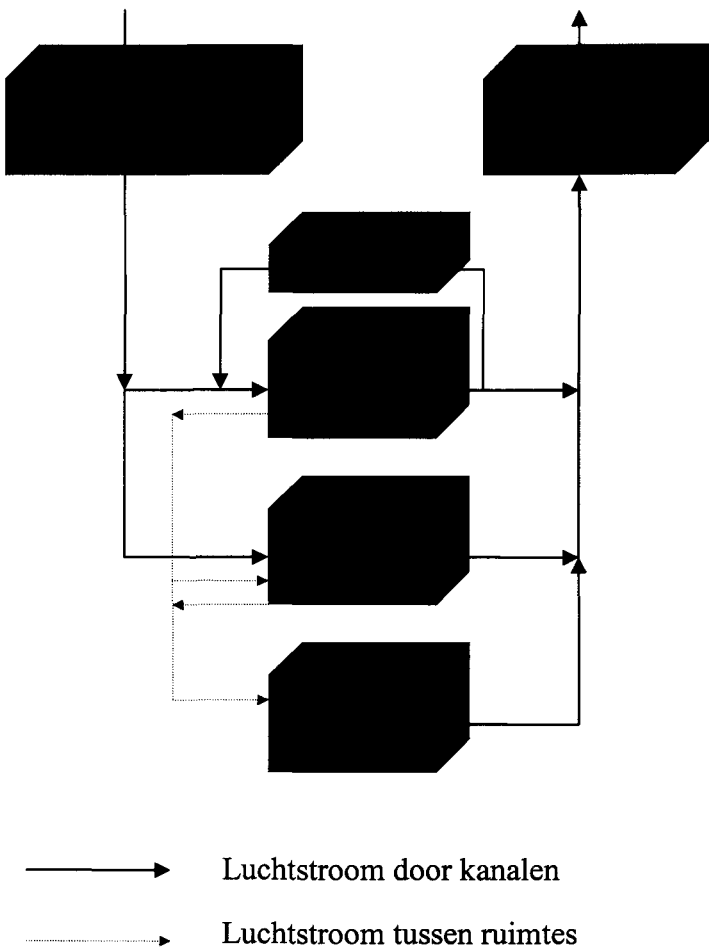
- Verkoeverruimte
- Voorbereidingsruimte
- Enz,

Type III: De eisen die aan deze ruimtes worden gesteld zijn voornamelijk gebaseerd op het minimale ventilatievoud. Door er voor te zorgen dat voldoende lucht vanuit aangrenzende ruimtes de ruimte binnen treedt, wordt over het algemeen voldaan aan de temperatuurseisen en de luchtvochtigheid. Indien noodzakelijk kan de ruimte extra verwarmd worden door radiatoren.

- Werkkast
- Toilet
- Enz,



In een blokschema zal het 1^e basisontwerp van de luchtbehandelingsinstallatie er als volgt uit komen te zien.



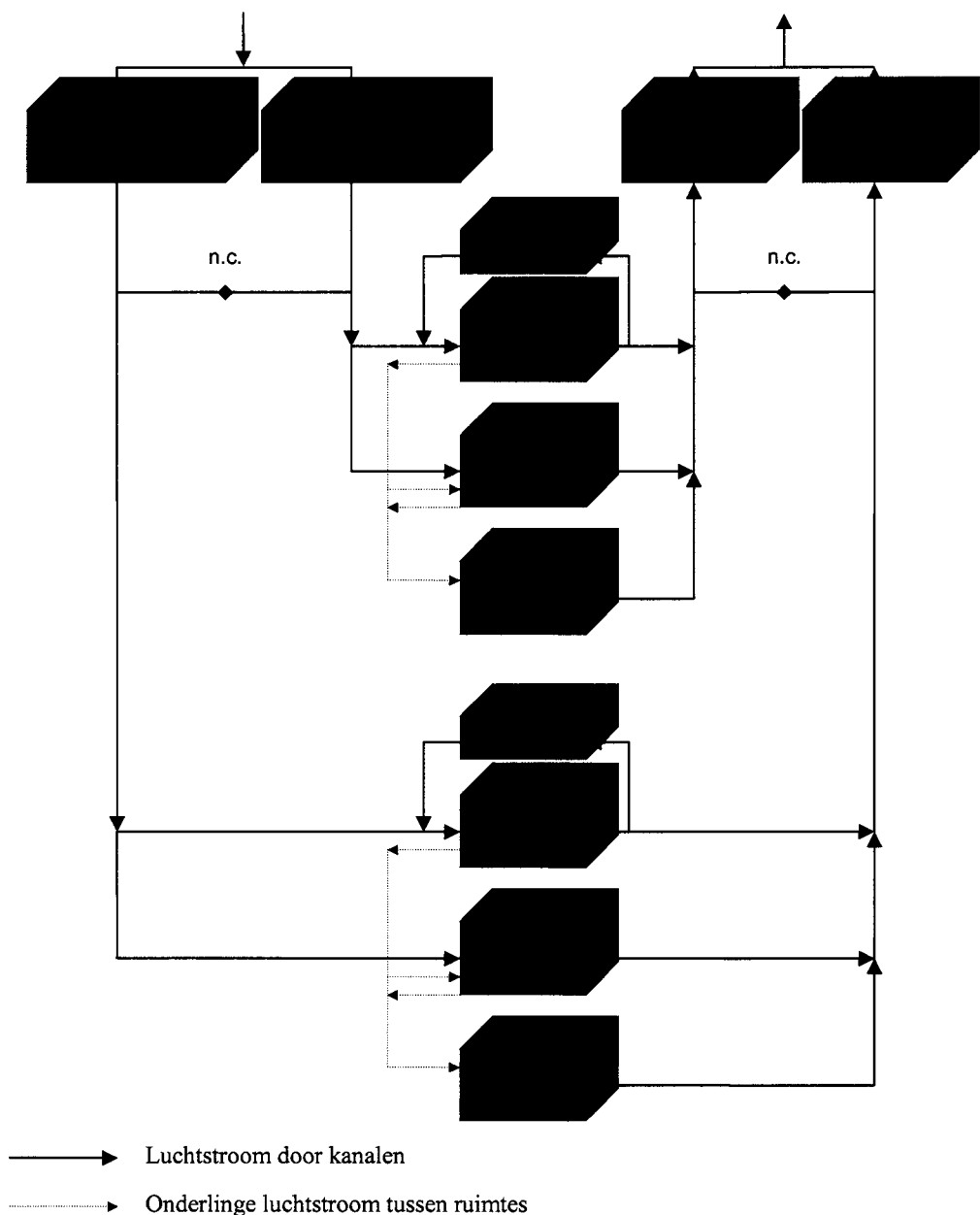
Figuur 4 1^e basisontwerp luchtbehandelingskast



5. **BEDRIJFSZEKERHEID**

De regel “*Er worden zodanige maatregelen getroffen, dat bij uitval van één luchtbehandelingskast toch veilig kan worden doorgewerkt*” afkomstig uit de voorschriften van het College bouw ziekenhuisvoorzieningen, zal bij het ontwikkelen van een installatieconcept voor een operatieafdeling een zeer grote invloed hebben op het eindresultaat.

Deze regel heeft als gevolg dat minimaal een luchtbehandelingskast op de operatieafdeling dubbel uitgevoerd dient te worden, hetgeen grote gevolgen heeft voor de luchtbehandelingskast. Zo zal het vermogen dat in de luchtbehandelingskast geplaatst wordt voldoende moeten zijn om het wegvallen van het vermogen van één luchtbehandelingskast op te vangen. Door deze eis aan het 1^e basisontwerp toe te voegen zal het uiteindelijke basisontwerp er als volgt uit komen te zien.



Figuur 5 Basisontwerp luchtbehandelingsinstallatie



5.1 Hydraulische schakelingen

Het ontwerpen van de juiste hydraulische schakingen voor de temperatuurregeling van de operatieafdeling is ingewikkeld. Dit is het onderdeel van de installatie waar keuzes gemaakt worden tussen de betrouwbaarheid van een installatie en de kosten. In de huidige regelgeving staat niets omschreven over de geëiste of gewenste bedrijfszekerheid van de hydraulische installatie. De uiteindelijke bedrijfszekerheid zal voor een groot deel afhangen van het budget en de wensen van de opdrachtgever.

In de normale bedrijfssituatie dient de hydraulische schakeling van de luchtbehandelingskast er voor te zorgen dat het vermogen tussen de 0 en 100% wordt geregeld. In de noodbedrijf situatie bestaat de kans dat de hydraulische schakeling een vermogen groter dan 100% tot 200% moet leveren. De kans dat een luchtbehandelingskast een vermogen van 200% moet leveren is echter zeer klein. Deze situatie zou zich voordoen indien de buitentemperatuur gelijk is aan de temperatuur die men gebruikt bij het bepalen van het op te stellen vermogen ($T_{min} - 10^{\circ}\text{C}$ en $T_{max} 28^{\circ}\text{C}$) en de gewenste inblaastemperatuur overeenkomt met T_{max} . Indien het om koeling gaat dient tevens de interne warmtelast op de operatieafdeling maximaal te zijn.

Het te leveren vermogen (volumestroom) van de luchtkoeler en de verwarmer is dus zeer sterk afhankelijk van de bedrijfssituatie.

Men kan er van uit gaan dat de noodbedrijf situatie zeer zelden voorkomt. Dus ook de maximale volumestroom van 200% zal normaal gesproken niet of nauwelijks voorkomen. In de volgende hoofdstukken zullen diverse mogelijke oplossingen aan de orde komen voor het verhogen van de bedrijfszekerheid van een installatie. Het is echter niet zo dat dit de enige oplossingen zijn.

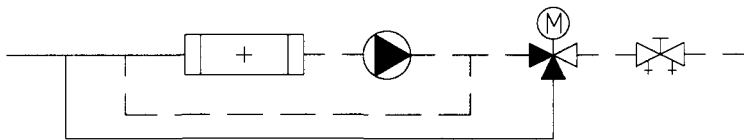
In de bijlage (*Bijlage F Hydraulische schakelingen*) bevindt zich een uitgebreide beschrijving met daarin de gevolgen van regelafsluiters op het te regelen proces.



5.1.1 Luchtvoorverwarmer

In de luchtbehandelingskast van de operatieafdeling wordt een luchtvoorverwarmer geplaatst. Afhankelijk van de gewenste installatie, de bedrijfszekerheid en het te budget is een groot aantal concepten mogelijk. Een aantal mogelijke concepten zijn:

Optie: 1

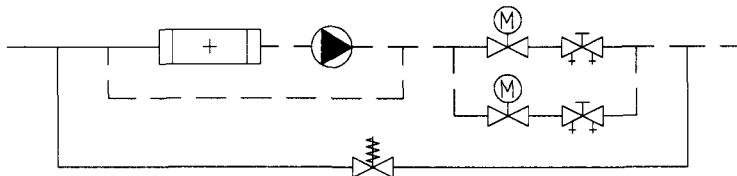


Figuur 6 Voorverwarmer met constante volumestroom

Kenmerken	
Soort verbruiker	passief
Type	verdeel en meng
Volumestroom	constant
Retourwatertemperatuur bij deellast	stijgt zeer sterk
Vollast bij noodbedrijf	niet mogelijk
Regelbaarheid geringe belasting	redelijk goed

De te selecteren drieweg regelafsluiter is gebaseerd op een vermogen van 150%, na een afweging tussen het vermogen en de regelbaarheid.

Optie: 2



Figuur 7 Voorverwarmer met variabele volumestroom

Kenmerken	
Soort verbruiker	passief
Type	smoren
Volumestroom	variabel
Retourwatertemperatuur bij deellast	daalt
Vollast bij noodbedrijf	mogelijk
Regelbaarheid geringe belasting	goed

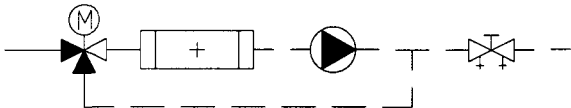
Wil men voorkomen dat het rendement terugloopt als gevolg van een te hoge temperatuur, dan kan men dit realiseren door het toepassen van een variabele volumestroom over de betreffende groep. Dit is op een aantal verschillende manieren te realiseren. Bij deze optie is gekozen voor tweeweg regelafsluiters. Indien men een regelafsluiter zou plaatsen voor 200% (ten opzichte van de normale bedrijfssituatie) dan is het te regelen proces moeilijk regelbaar. Er is dus gekozen om twee tweeweg regelafsluiters parallel aan



elkaar te schakelen. In de noodbedrijf situatie wordt eerst de 1^e klep open gestuurd en vervolgens de 2^e klep.

Indien de afstand tussen de verdeler/warmteopwekker en de verbruiker groot is, is het mogelijk om tussen de aanvoer en de retour een bypass te plaatsen waardoor de wachttijd van de het te regelen proces aanzienlijk verkort kan worden. Als gevolg hiervan zal echter de retourwatertemperatuur stijgen. Bij deze situatie gaat dus de voorkeur uit naar een verbruiker die zich dicht bij de verdeler bevindt.

Optie: 3



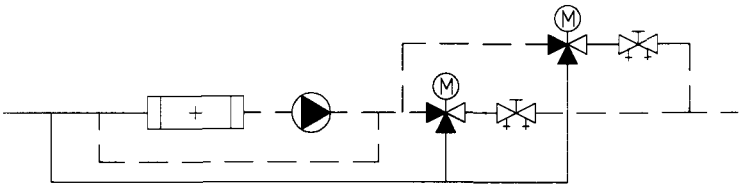
Figuur 8 Voorverwarmer actieve module

Kenmerken	
Soort verbruiker	actief
Type	meng
Volumestroom	variabel
Retourwatertemperatuur bij deellast	daalt
Vollast bij noodbedrijf	niet mogelijk
Regelbaarheid geringe belasting	redelijk

Net als in de vorige situatie is de volumestroom over de betreffende groep variabel. Echter wordt er hier gebruik gemaakt van een drieweg regelafluisiter. In deze situatie is gekozen voor een drieweg regelafluisiter van 150%.

Indien de wachttijd van het te regelen proces te lang is, kan er tussen de aanvoer en de retour een bypass geplaatst worden om de wachttijd van het te regelen proces te verkorten.

Optie: 4



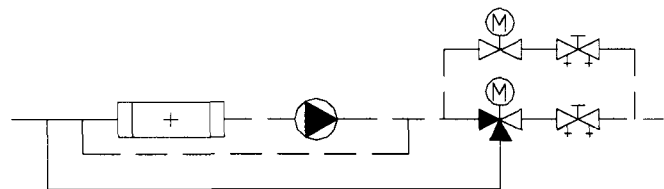
Figuur 9 Voorverwarmer met parallel geschakelde drieweg regelafluisiters

Kenmerken	
Soort verbruiker	passief
Type	verdeel en meng
Volumestroom	constant
Retourwatertemperatuur bij deellast	stijgt
Vollast bij noodbedrijf	mogelijk
Regelbaarheid geringe belasting	Zeer goed



Ook zou men ervoor kunnen kiezen om twee drieweg regelafsluiters parallel aan elkaar te schakelen. Het nadeel is dat gedurende de normale bedrijfssituatie de retourwatertemperatuur zeer hoog zal zijn als gevolg van de grote volumestroom die rechtstreeks vanuit de aanvoer naar de retour stroomt. Indien er geen warmte vraag is zal 200% van het vermogen rechtstreeks naar de retour worden verpompt. Dit gaat ten koste van het rendement van de installatie.

Optie: 5



Figuur 10 Voorverwarmer met parallel geschakelde drieweg & tweeweg regelafsluiters

Kenmerken	
Soort verbruiker	passief
Type	Verdeel, meng en smoor
Volumestroom	constant/ variabel
Retourwatertemperatuur bij deellast	stijgt / constant
Vollast bij noodbedrijf	Mogelijk
Regelbaarheid geringe belasting	Zeer goed

Ook zou men ervoor kunnen kiezen om een drieweg regelafsluiters parallel en een tweeweg afsluiter parallel aan elkaar te schakelen. In de normale bedrijfssituatie word de temperatuur geregeld door de drieweg regelafsluiter. Indien de drieweg afsluiter in zijn geheel geopend is en er is toch nog warmte vraag zal de tweeweg regelafsluiter open gestuurd worden.
Door het toepassen van deze regeling zijn we instaat met behoud van een goede regelbaarheid in iedere situatie toch het gewenste vermogen te leveren.

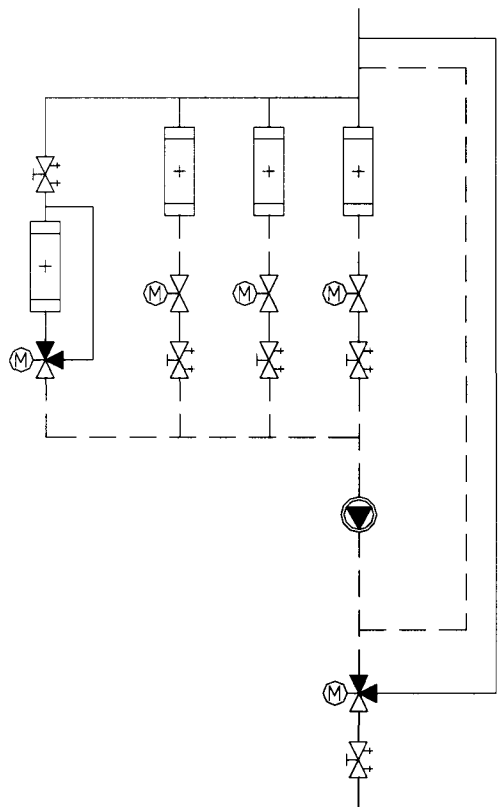
5.1.2 Luchtnaverwarmer

Binnen de operatieafdeling dient de ruimtetemperatuur van een groot aantal ruimtes individueel regelbaar te zijn. Over het algemeen wordt dit gerealiseerd door middel van het variëren van de luchtinblaasttemperatuur.
Nadat ventilatielucht de centrale luchtbehandelingskast heeft verlaten komt de luchttemperatuur overeen met de minimale inblaasttemperatuur van de verschillende ruimtes waaraan lucht wordt toegevoerd. Deze luchttemperatuur wordt over het algemeen bepaald worden door een van de operatiekamers. Afhankelijk van de gewenste ruimtetemperatuur wordt de lucht al dan niet met behulp van een naverwarmer na verwarmd.
De inblaasttemperatuur van een groot aantal ruimtes op de operatieafdeling is afhankelijk van de buitentemperatuur. Dit biedt de mogelijkheid om de watertemperatuur van de naverwarmers te regelen op basis van de buitentemperatuur en de ruimtetemperatuur. Door de temperatuur weersafhankelijk te regelen zal de volumestroom over de regelafsluiter groter



zijn. Het voordeel van deze regeling is dat slechts zelden in het uiterste gebied van de regelafsluiter wordt geregeld wat de regelnauwkeurigheid ten goede komt. Een aantal mogelijke concepten om de inblaasluicht op de gewenste temperatuur condities te brengen komen in de volgende paragrafen aan de orde.

Optie: 1 (Constante volumestroom)



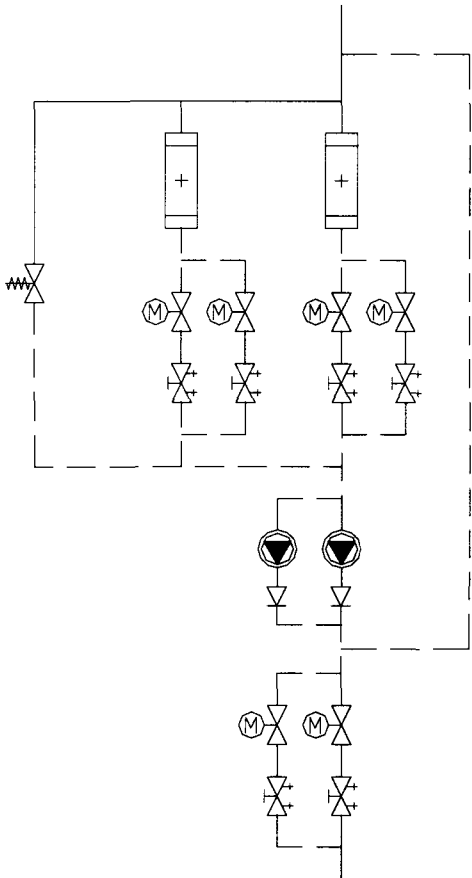
Figuur 11 Naverwarmers met constante volumestroom

Kenmerken	
Soort verbruiker	passief
Type	verdeel, meng en smoor
Volumestroom	constant
Retourwatertemperatuur bij deellast	stijgt
Vollast bij noodbedrijf	mogelijk
Regelbaarheid geringe warmtevraag	Zeer goed

Bij deze regeling wordt er van uit gegaan dat de watertemperatuur wordt geregeld op basis van de buitentemperatuur of de ruimtetemperatuur in de operatiekamer. Dit is te realiseren door het plaatsen van een drieweg regelafsluiter welke op basis van de buitentemperatuur. Om te kunnen garanderen dat er te allen tijde de minimale volumestroom over de op toeren geregelde pomp aanwezig is, is de laatste groep van een drieweg regelafsluiter voorzien. De volumestroom over de regelafsluiter dient minimaal gelijk te zijn aan de minimale volumestroom over de circulatiepomp.



Optie: 2 (Variabele volumestroom)



Figuur 12 Naverwarmers met variabele volumestroom.

Kenmerken	
Soort verbruiker	passief
Type	meng en smoor
Volumestroom	variabel
Retourwatertemperatuur bij deellast	daalt
Vollast bij noodbedrijf	mogelijk
Regelbaarheid geringe warmtevraag	Zeer goed

Bij optie 2 is er een regeling ontwikkeld voor de naverwarmers van de operatiekamers. Zoals al eerder vermeld speelt de bedrijfszekerheid van de operatiekamer een zeer grote rol. Een hoge bedrijfszekerheid is te realiseren door een aantal appendages dubbel uit te voeren. Op deze manier is tevens te waarborgen dat bij het uitvallen van de centrale luchtbehandelingskast de gewenste inblaasttemperatuur geleverd kan worden. Het is mogelijk een vermogen van >100% te leveren door het vergroten van de volumestroom.

Tevens is er de mogelijkheid om de watertemperatuur te gaan regelen op basis van de laagste ruimtetemperatuur in de operatiekamer. Om te garanderen dat de volumestroom over de op toeren geregeld circulatiepomp te allen tijde voldoende is, is tussen de aanvoer en de retour een bypass geplaatst.

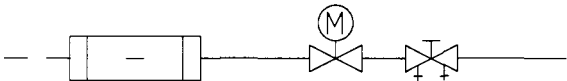


5.1.3 Luchtkoeler

De hydraulische schakeling zal worden uitgevoerd met een volumestroom regeling. Voor deze regeling wordt gekozen omdat op deze manier ook bij deellast ontvochtiging plaats vindt. De luchtkoeler dient net als de voorverwarmer 200% van het standaard vermogen te kunnen leveren indien één van de twee luchtbehandelingskasten uitvalt. Het zal echter zelden voorkomen dat de luchtkoelers in beide luchtbehandelingskasten vollast moeten draaien. Dit komt omdat:

- Het aantal dagen dat de buitentemperatuur >28°C in Nederland slechts beperkt is.
- Als gevolg van een goede isolatie van de bouwkundige constructie heeft de buitentemperatuur vertraagd invloed op de externe warmtelast.
- Bij het berekenen van de benodigde capaciteit en de volumestromen is een groot aantal zekerheden ingebouwd. Hierdoor is het opgestelde vermogen vaak >200% en de water flow vaak groter is dan noodzakelijk.

Optie: 1



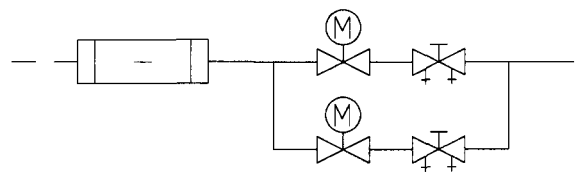
Figuur 13 Luchtkoeler met tweeweg regelafsluiter

Kenmerken	
Soort verbruiker	passief
Type	smoor
Volumestroom	variabel
Retourwatertemperatuur bij deellast	stijgt
Vollast bij noodbedrijf	niet mogelijk
Regelbaarheid geringe belasting	redelijk

De te selecteren tweeweg regelafsluiter zal gebaseerd worden op een vermogen van 150%. Zowel in de normale bedrijfssituatie als bij een geringe belasting zal het te regelproces redelijk te regelen zijn. Er wordt in deze situatie een afweging gemaakt tussen regelbaarheid, kosten en het vermogen. Indien het budget beperkt is wordt over het algemeen gekozen voor deze regeling.



Optie: 2



Figuur 14 Luchtkoeler met parallel geschakelde tweeweg regelafsluiters

Kenmerken	
Soort verbruiker	passief
Type	smoor
Volumestroom	variabel
Retourwatertemperatuur bij deellast	stijgt
Vollast bij noodbedrijf	mogelijk
Regelbaarheid geringe belasting	redelijk goed

Wil men toch de garantie dat ook in de noodbedrijf situatie te allen tijde voldaan kan worden aan de temperatuur eisen dan dient men ervoor te zorgen dat beide luchtbehandelingskasten worden uitgevoerd met 200% vermogen ten opzichte van de normale bedrijfssituatie.

Indien men één klep van 200% zou plaatsen is het proces zeer moeilijk regelbaar. Er zal dus gekozen worden om twee tweeweg regelafsluiters parallel aan elkaar te schakelen. Het voordeel van dit systeem is dat het proces zowel in de normale situatie als in de noodbedrijf situatie (redelijk goed) te regelen is.

Indien de afstand tussen de verdeler/warmteopwekker en de verbruiker groot is zal het noodzakelijk zijn om tussen de aanvoer en retour een bypass te plaatsen waardoor de wachttijd van de regeling aanzienlijk verkort kan worden.



6. CENTRALE LUCHTBEHANDELINGSINSTALLATIE

In de centrale luchtbehandelingskast wordt de buitenlucht voorbehandeld. Nadat de lucht voorbehandeld is zal de lucht decentraal worden nabehandeld tot de gewenste condities. Om de lucht op de gewenste condities te verkrijgen dient de centrale luchtbehandelingskast minimaal te worden uitgevoerd met de volgende componenten:

Centrale luchtbehandelingskast

- Toevoerventilator
- Verwarmer
- Koeler
- Bevochtiger
- Warmteterugwineenheid
- Luchtfilters

Bijlage

- | | |
|------------|----------------------------|
| <i>D-1</i> | <i>Ventilator</i> |
| <i>D-2</i> | <i>Verwarmingsunit</i> |
| <i>D-3</i> | <i>Koehunit</i> |
| <i>D-4</i> | <i>Bevochtiger</i> |
| <i>D-5</i> | <i>Warmte terugwinning</i> |
| <i>D-6</i> | <i>Luchtfilters</i> |

Centrale afzuigunit

- Afvoerventilator
- Warmteterugwineenheid

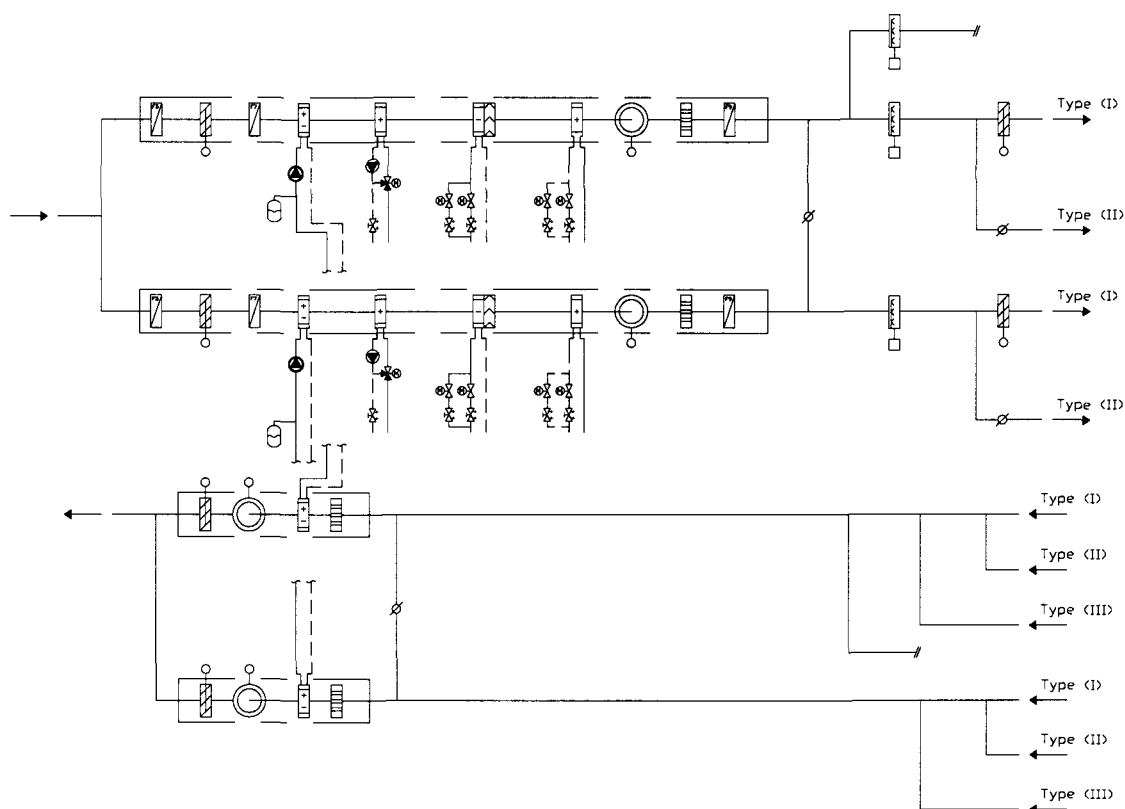
- | | |
|------------|----------------------------|
| <i>D-1</i> | <i>Ventilator</i> |
| <i>D-5</i> | <i>Warmte terugwinning</i> |

Voor aanvullende informatie over de verschillende componenten van de luchtbehandelingskast zie de bijlage zoals hiervoor omschreven is.

6.1 Ontwerp centrale luchtbehandelingsinstallatie.

Centrale luchtbehandelingskast:

- De luchttemperatuur zal op een conditie gebracht worden die het mogelijk maakt om door middel van beperkte nabehandeling de vereiste lucht condities te kunnen waarborgen.
- De toeren geregelde ventilatoren worden geregeld op basis van de constante druk na de luchtbehandelingskast. Het systeem zal anticiperen op de wisselende vraag naar lucht en vervuiling van de installatie.
- De bedrijfszekerheid bij het uitvallen van de installatie is vergroot door middel van de dubbel uitgevoerde luchtbehandelingskasten.



Figuur 15 Centrale luchtbehandelingskast

Voor het P&ID schema zie bijlage (J-1 Centrale luchtbehandelingskast)

6.2 Regelstrategie

De luchtbehandelingsinstallatie van de operatieafdeling kent drie verschillende bedrijfssituaties:

Normaal bedrijf: In deze situatie is de operatieafdeling volledig in bedrijf, de complete luchtbehandelingsinstallatie functioneert naar behoren.

Nachtbedrijf: In deze situatie is de installatie in ruste. Over het algemeen is een van de operatiekamers stand-by voor het geval dat er een spoedoperatie uitgevoerd dient te worden.

Noodbedrijf: In deze situatie functioneert een van de appendages niet goed met als gevolg dat de vereiste luchtcondities niet gehaald worden. Als gevolg hiervan zal de andere centrale luchtbehandelingskast de functie overnemen.

In de volgende paragrafen wordt met behulp van de verschillende bedrijfssituaties het ontwerp verduidelijkt.



6.2.1 Normaal bedrijf

In de centrale luchtbehandelingskast wordt de luchttemperatuur, de onderwaarde van de luchtvochtigheid en de luchtdruk per groep geregeld. Na de luchtbehandelingskast wordt de vochtigheid met behulp van een stoombevochtiger decentraal nageregeld.

Temperatuurregeling

Gedurende de periode dat de operatieafdeling in bedrijf is wordt de luchttemperatuur geregeld op een constante waarde. Deze waarde wordt gebaseerd op de laagste ruimtetemperatuur van de ruimtes die zich in de betreffende groep bevinden.

Minimum retourwatertemperatuur

Om bevroering van de luchtverwarmer in de centrale luchtbehandelingskast te voorkomen kan de retourwatertemperatuur van de luchtverwarmer op een minimum waarde geregeld worden. Deze minimum waarde wordt door de buitentemperatuur bepaald. Bijvoorbeeld bij een buitentemperatuur van -10°C een minimum cv-watertemperatuur van 40°C en bij een buitentemperatuur van 15°C een cv-watertemperatuur van 15°C .

Toevoerluchttemperatuur regeling

De klepstand RA01 wordt bepaald door de toevoerluchttemperatuur, op basis van de laagst gewenste ruimtetemperatuur.

Indien de toevoerluchttemperatuur (TT02 of TT03) groter is dan de gewenste waarde, worden de volgende stappen uitgevoerd:

- 1^e stap De regelafsluiter (RA01) van de voorverwarmer wordt van 100-0% terug geregeld.
- 2^e stap De pomp van de warmteterugwinunit wordt uitgeschakeld indien $T_{(\text{afvoer})} > T_{(\text{buiten})}$.
- 3^e stap De regelafsluiter (RA03) van de naverwarmer wordt van 100-0% terug geregeld.
- 4^e stap De regelafsluiter (RA02) van de koeler wordt van 0-100% gestuurd.

Bevriezingsgevaar

Temperatuurvoeler TT01 constateert dat de retourwatertemperatuur te laag is (bevriezingsgevaar):

- 1^e stap Regelafsluiter RA01 wordt van 0-100% gestuurd.

Vochtigheidsregeling

Gedurende de periode dat de operatieafdeling in bedrijf is wordt de luchtvochtigheid van de toevoerlucht per groep geregeld op basis van een relatieve vochtigheid van 55% in de retourlucht (MT02). De luchtvochtigheid wordt met behulp van de koelbatterij en de stoombevochtiger in de gewenste conditie gebracht.

Luchtvochtigheid regeling

Bij een luchtvochtigheid (MT02) $RV > 55\%$ worden de volgende stappen uitgevoerd:

- 1^e stap De stoombevochtiger (BV01) wordt van 100-0% gestuurd.
- 2^e stap De regelafsluiter (RA02) van de koeler wordt van 100-0% gestuurd.

De klepstand van de koeler wordt gebaseerd op de hoogste gewenste klepstand voor de gewenste temperatuur of de luchtvochtigheid.



Drukregeling

De druk in het toevoerkanaal wordt op een constante waarde PT01 geregeld. De ingestelde druk dient bepaald te worden op basis van de maximale weerstand in de installatie. De minimale waarde (bijv. Rotatiefrequentie 40 Hz) dient overeen te komen met de weerstand van de installatie als die zuiver is. (De situatie bij oplevering van de installatie.)

Het uitgangssignaal 0-100% van de regeling gaat naar de frequentieregelaar van de toevoerventilator.

Regeling toevoerventilator

Bij een luchtdruk (PT01) < (P_{vereist}) wordt de volgende stap uitgevoerd:

1^e stap De frequentieregelaar van de toevoerventilator wordt van 0-100% gestuurd.

Druk per groep

Om te voorkomen dat de toevoerventilator de druk in de verschillende ruimten beïnvloed, wordt, afhankelijk van het type ruimte, een constante volumeklep of een op druk geregelde klep geplaatst.

De op druk geregelde klep wordt voor de operatiekamer (ruimte type I) geplaatst omdat in de noodbedrijf situatie de hoeveelheid buitenlucht die aan deze ruimtes wordt toegevoerd groter zal zijn dan in de normale situatie. Een groot voordeel van de klep is dat bij het wegvallen van de decentrale luchtbehandelingskast de operatiekamer zonder complex regeling zal overschakelen op 100% buitenlucht.

Voor de overige ruimten (ruimte type II) wordt in het toevoerkanaal een constant volumeklep geplaatst. Op deze manier wordt voorkomen dat de toevoerventilator invloed heeft op de luchtdruk in de ruimte.

Luchtkleppensectie

Gedurende de periode dat de operatieafdeling in bedrijf is, zijn beide kleppen (LK01) in de centrale luchtbehandelingskast 100% geopend.

Warmteterugwinning

De warmteterugwinning wordt ingeschakeld indien er een temperatuursverschil van 2K tussen de buitentemperatuur en de retourluchttemperatuur is. De pomp (CP01) van de warmteterugwinning wordt van 0-100% gestuurd.

6.2.2 Nachtbedrijf

Gedurende de nachtsituatie zullen er geen wijzigingen plaats vinden in de regeling van de centrale luchtbehandelingskast ten opzichte van de normaal bedrijf situatie zie hoofdstuk 6.2.1



6.2.3 Noodbedrijf

De noodbedrijf situatie is van toepassing indien een van de volgende situaties zich voordoet:

- Storing aan ventilator
- Storing aan luchtverwarmer
- Storing aan luchtkoeler
- Storing aan stoombevochtiger
- Bevriezingsgevaar

Storing centrale luchtbehandelingskast

Inschakelen noodsituatie

Als één van de twee centrale luchtbehandelingskasten niet in werking treedt als gevolg van één of meer van de hiervoor beschreven punten zal de ander centrale luchtbehandelingskast direct in de status noodbedrijf schakelen.

De luchtbehandelingskast welke buiten werking is getreden zal de volgende procedure doorlopen:

1^e stap

- De ventilator(en) worden uitgeschakeld.
- De kleppensectie wordt dicht gestuurd.
- De regelafsluiters van de luchtverwarmer en de luchtkoeler worden van 100-0% gestuurd indien $T_{\text{buiten}} > 15^{\circ}\text{C}$.
- De pomp van de twin-coil unit wordt uitgeschakeld.

2^e stap

- De klep achter de centrale luchtbehandelingskast wordt open gestuurd, zodat één luchtbehandelingskast beide secties kan voorzien van geconditioneerde lucht.

Indien één van de centrale luchtbehandelingskasten buiten bedrijf treedt als gevolg van een storing zullen de volgende wijzigingen binnen de regeling optreden:

- De luchttemperatuur van de naverwarmer wordt geregeld op basis van de laagste ruimtetemperatuur van de verschillende operatiekamers.
- De luchttoevoerventilator uit de centrale luchtbehandelingskast wordt naar de hoogste frequentie gestuurd.
- De luchtafvoerventilator uit de centrale afzuigkast wordt naar de hoogste frequentie gestuurd.

Storing stoombevochtiger

De regeling gedurende de noodsituatie zal gelijk zijn aan die van de normale bedrijfssituatie.



7. LUCHTBEHANDELINGSINSTALLATIE OPERATIEKAMER

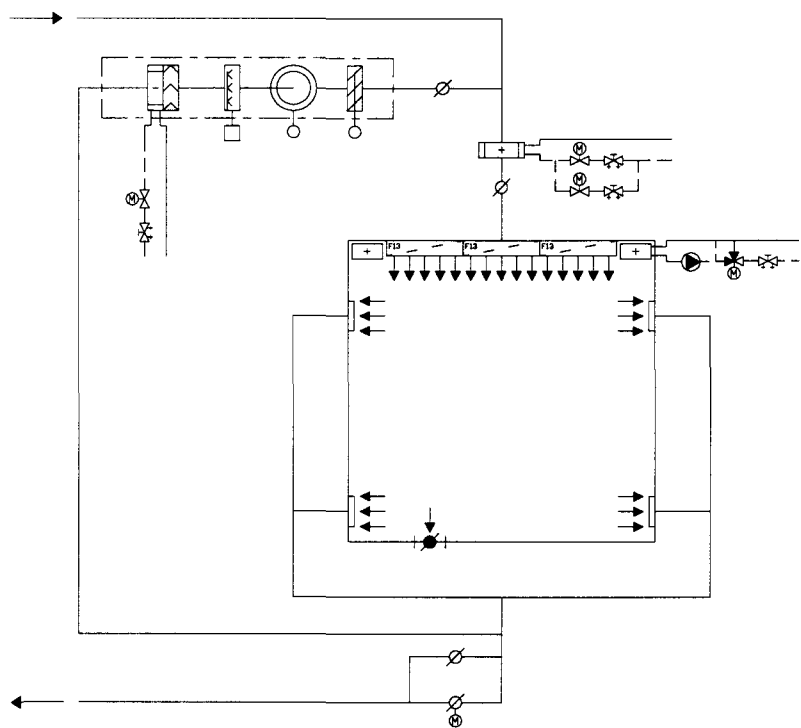
De decentrale luchtbehandelingskast dient er voor te zorgen dat de luchtcondities van de toevoerlucht voldoen aan de eisen. Om de lucht op de gewenste condities te kunnen brengen dient de decentrale luchtbehandelingskast minimaal te worden uitgevoerd met de volgende componenten:

<i>Centrale luchtbehandelingskast</i>	<i>Bijlage</i>
- Toevoerventilator	D-1 Ventilator
- Verwarmer	D-2 Verwarmingsunit
- Koeler	D-3 Koelunit
- Bevochtiger	D-4 Bevochtiger
- Luchtfilters	D-6 Luchtfilters

7.1 Ontwerp decentrale luchtbehandelingsinstallatie.

Decentrale luchtbehandelingskast:

- De ventilatielucht en recirculatielucht worden na de decentrale luchtbehandelingskast gemengd zodat bij het uitvallen van de decentrale luchtbehandelingskast de luchtweerstand over de luchtbehandelingsinstallatie naar de operatiekamer niet te groot is.
- Door gebruik te maken van constant volume kleppen in het toevoerkanaal boven het toevoerplenum en de op druk geregelde regelaarsluis voor de operatiekamer is het mogelijk zonder regeling over te schakelen naar de noodbedrijf situatie.



Figuur 16 Decentrale luchtbehandelingskast

Voor het P&ID schema zie bijlage (J-2 Decentrale luchtbehandelingskast)



7.2 Regelstrategie

De decentrale luchtbehandelingsinstallatie van operatiekamer kent dezelfde drie bedrijfssituaties als de centrale luchtbehandelingskast:

- *Normaal bedrijf*
- *Nachtbedrijf*
- *Noodbedrijf*

7.2.1 Normaal bedrijf

In de decentrale luchtbehandelingskast van de operatiekamer worden de luchttemperatuur en de luchtvochtigheid geregeld op basis van de gewenste inblaascondities.

Drukregeling

De drukregeling dient er voor te zorgen dat de gewenste drukhiërarchie binnen de operatiekamer gehandhaafd blijft. Voor het handhaven van de gewenste druk dient de hoeveelheid toegevoerde lucht groter te zijn dan de hoeveelheid lucht die men uit de ruimte afvoert. Gezien het feit dat de hoeveelheid lucht die aan een ruimte wordt toegevoerd nagenoeg constant dient te zijn is men genoodzaakt de druk in de ruimte te regelen door het variëren van de af te voeren lucht. Het heeft de voorkeur om de hoeveelheid af te voeren lucht met behulp van twee kleppen te regelen. De 1^e klep zal een constante volume doorlaten van ongeveer 70% van de totale hoeveelheid af te voeren lucht. (deze waarde is gebaseerd op praktijk ervaringen). Met de tweede klep zal de werkelijke druk in de ruimte geregeld worden. Het grote voordeel is dat de druk beter en nauwkeuriger te regelen is.

druk regeling

Indien de drukopnemer (PT01) constateert dat de druk in de ruimte kleiner is dan de gewenste luchtdruk wordt de regelklep 100-0% gestuurd.

Volumestroom

De luchtweerstand in de installatie zal als gevolg van vervuiling gedurende de levensduur variëren. Om ervoor te zorgen dat de luchtstroom gedurende de gehele levensduur constant blijft worden constante volume kleppen geplaatst. Op deze wijze kan gewaarborgd worden dat de volumestroom constant blijft, ondanks dat de installatie vervuild en de weerstand toeneemt.

Temperatuurregeling

Gedurende de periode dat de operatiekamer in bedrijf is wordt de inblaastemperatuur geregeld op een constante waarde. Deze waarde dient 1 á 2K lager te zijn dan de ruimtetemperatuur.

De ruimtetemperatuur voor het regelen van de inblaastemperatuur zal worden gemeten in het afvoerkanaal. Dit om te voorkomen dat de plaatselijke warmtebronnen of luchtstromen in de ruimte te veel invloed krijgen op de temperatuur die wordt gemeten.



Toevoerluchttemperatuur regeling

De gewenste klepstand wordt bepaald op basis van de ruimtetemperatuur ($T_r - 1 \text{ á } 2\text{K}$). Bij een dalende ruimtetemperatuur (TT08) worden de volgende stappen uitgevoerd.

- 1^e stap Regelafsluiter (RA09) van de koeler wordt van 100-0% gestuurd. Indien de lucht niet ontvochtigt dient te worden.
- 2^e stap Regelafsluiter (RA09/RA10) van de verwarmers wordt van 0-100% gestuurd.

Vochtigheidsregeling

In de operatiekamer wordt de luchtvochtigheid van de toevoerlucht per groep geregeld op basis van een relatieve vochtigheid van 55% in de retourlucht (MT02). De luchtvochtigheid wordt met behulp van de koelbatterij en de stoombevochtiger in de gewenste conditie gebracht.

Luchtvochtigheid regeling

Bij een luchtvochtigheid (MT03) $RV < 55\%$ wordt de volgende stap uitgevoerd:

- 1^e stap De stoombevochtiger (BV03) wordt van 0-100% gestuurd, hetgeen overeen zal komen met een bevochtiging.

Bij een luchtvochtigheid (MT03) $RV > 55\%$ worden de volgende stappen uitgevoerd:

- 1^e stap De stoombevochtiger (BV01) wordt van 100- 0% gestuurd.
- 2^e stap Regelafsluiter (RA02) van de koeler wordt van 0-100% gestuurd.

De klepstand van de koeler wordt gebaseerd op de hoogste gewenste klepstand voor de gewenste temperatuur of de luchtvochtigheid.

Druk in het toevoerkanaal

De druk in het toevoerkanaal wordt op een constante waarde PT04 geregeld. De ingestelde druk dient bepaald te worden op basis van de maximale weerstand van het HEPA eindfilter. Op dit moment zal de constant volumeklep geheel geopend zijn. De minimale waarde (bijv. Rotatiefrequentie 40 Hz) dient overeen te komen met de weerstand van de installatie als deze zuiver is. Het uitgangssignaal 0-100% van de regeling gaat naar de frequentieregelaar van de toevoerventilator.

Drukregeling

Bij een druk (PT04) $<$ (vereiste druk) wordt de volgende stap uitgevoerd.

- 1^e stap De rotatie frequentieregelaar van de toevoerventilator wordt van 0-100% gestuurd.

Luchtkleppensectie

Gedurende de periode dat de operatiekamer in bedrijf is, zijn de kleppen 100% geopend.



7.2.2 *Nachtbedrijf*

Gedurende de nachtbedrijf situatie (buiten de bedrijfsperiode) is het toegestaan om het ventilatievoud in de operatiekamer te verlagen. Men dient er wel voor te waken dat de luchtstromingsrichting (drukhiërarchie) op de operatieafdeling gehandhaafd blijft. De minimale hoeveelheid ventilatielucht zal in dit geval boven de hoeveelheid lucht moeten liggen die naar de aangrenzende ruimte gaat. Dit om het regelen van de luchtdruk in de operatiekamer nog mogelijk te maken.

- Gedurende de nacht wordt de inblaastemperatuur indien de o.k. buiten gebruik is met 2°C verhoogd, om te voorkomen dat de ruimte teveel afkoelt als gevolg van weg gevallen interne warmtelast. bijv (apparatuur, personeel, enz) Als de installatie de volgende morgen weer in de bedrijfsstand wordt geschakeld ontstaat meteen weer de gewenste downflow.
- De afzuiging van de werkkasten, toiletten douches en spoelruimte blijft 's nachts in bedrijf en mogen niet gewijzigd worden.
- Er dient een signalering aanwezig te zijn om te kunnen zien of de installatie in de nachtsituatie staat of in de bedrijfsstand.

Verlagen ventilatievoud

Indien men de hoeveelheid ventilatielucht in de operatiekamer wil verlagen dan is dit mogelijk door het verschuiven van de setpoint waarden van de drukregelklep (LK05) voor de operatiekamer. Als gevolg van een lagere setpoint waarde zal de hoeveelheid ventilatielucht afnemen. De hoeveelheid lucht die wordt gerecirculeerd blijft gelijk. Op deze manier is het mogelijk om de gewenste ruimtecondities per operatiekamer te regelen en toch energie te besparen.

7.2.3 *Noodbedrijf*

De noodbedrijf situatie is van toepassing indien een van de volgende situaties zich voordoet:

- Storing aan ventilator
- Storing aan luchtverwarmer
- Storing aan luchtkoeler
- Storing aan stoombevochtiger

Overschakelen noodbedrijf

Indien de decentrale luchtbehandelingskast van de operatiekamer niet in werking kan treden of functioneren als gevolg van een noodsituatie, dan dient de installatie hier zo op te anticiperen dat de continuïteit en de veiligheid van de operatie niet in gevaar gebracht wordt. Voor een vloeiende overgang zal de regeling in de volgende stappen worden overgeschakeld naar de noodbedrijf situatie

De luchtbehandelingskast van de operatiekamer zal de volgende procedure doorlopen:

- De ventilator(en) worden uitgeschakeld.
- De kleppensectie wordt dicht gestuurd.
- De regelafsluiters van de luchtverwarmer en de luchtkoeler worden van 100-0% dicht gestuurd.
- De regelafsluiter van de stoombevochtiger wordt van 100-0% dicht gestuurd.

Indien één van de decentrale luchtbehandelingskasten wordt uitgeschakeld als gevolg van een storing zal dit geen gevolg hebben voor de regeling.



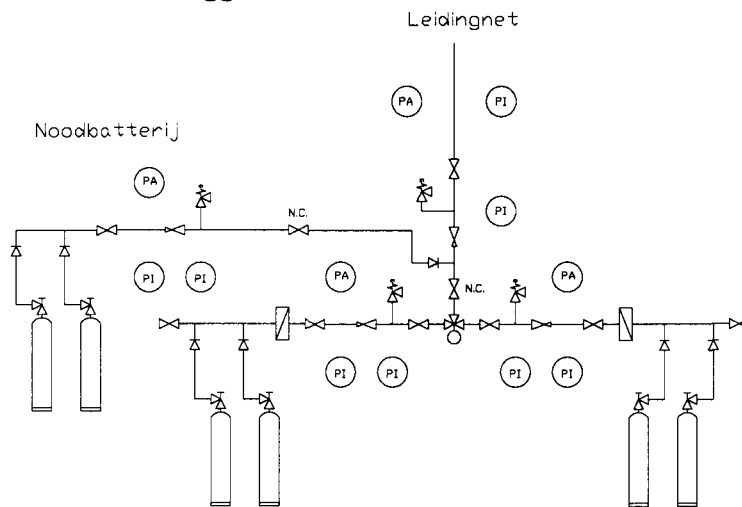
8. MEDISCHE GASSEN

Binnen de ziekenhuizen worden grote hoeveelheden medische gassen gebruikt bij de behandeling van de patiënten en voor het aandrijven van apparatuur. De meest gebruikte gasinstallaties zijn: narcosegas, zuurstof, perslucht, vacuüm.

In de volgende hoofdstukken zullen deze installaties besproken worden aan de hand van een aantal basisontwerpen.

8.1 Narcosegasinstallatie

Sinds de jaren '50 wordt er al gebruik gemaakt van anesthesie- of narcosegassen om een patiënt gedurende een operatie te verdoven. De oorspronkelijke vertegenwoordigers zijn halothaan dat ontwikkeld werd in de jaren '50, enfluraan en isofluraan die toepassing vonden in de jaren '80. De belangrijkste inhalatie-anesthetica nu zijn geïsoleerde koolwaterstoffen zoals desfluraan en sevofluraan. Lachgas (N_2O) wordt nagenoeg bij elke narcose gebruikt als een gasvormig anesthesie- en draaggas.



Figuur 17 Narcosegasinstallatie

Reduceerventiel:

Om de druk in de gasfles te reduceren tot de werkdruk wordt gebruik gemaakt van twee in serie geplaatste reduceerventielen.

Het drukverschil tussen de gasflessen en de werkdruk is relatief groot. Zou men in plaats van twee reduceerventielen de druk gaan reduceren met één reduceerventiel, dan bestaat het gevaar dat het reduceerventiel bevriest en hierdoor niet goed functioneert.

Om dit te voorkomen wordt de druk in twee stappen gereduceerd. Het 1^e reduceerventiel zal de druk van 200 bar in de fles reduceren naar ongeveer 8 bar. Het 2^e reduceerventiel zal de druk reduceren tot de werkdruk van 5 bar.

Filter:

Voor het waarborgen van de gas zuiverheid wordt de installatie voorzien van een filter. Het zou namelijk kunnen voorkomen dat bij het aansluiten van een nieuwe fles verontreiniging in de aansluitleiding komt. Om tegen te gaan dat deze vervuiling in de installatie terecht komt dient na de aansluitleiding een filter geplaatst te worden.

Doordat de installatie al dubbel uitgevoerd is kan men volstaan met een enkele filter in iedere flessenbatterij.



Back-up:

Binnen de zorgsector speelt bedrijfszekerheid een zeer grote rol. Het mag nooit voorkomen dat gedurende een operatie het narcosegas op is.

Om de bedrijfszekerheid van een installatie te verhogen is men verplicht de installatie te voorzien van minimaal twee flessenbatterijen. Nadat de één van de twee flessenbatterijen leeg (minder dan de minimale druk) is, zal de installatie met behulp van de automatisch omschakelende reduceereenheid overschakelen naar de andere flessenbatterij. Ook wordt er naast de flessenbatterijen een extra noodbatterij geplaatst voor noodgevallen.

Afnamepunt:

Zie bijlage. (G-2 Afnamepunten)

Extra toelichting verschillende narcosegas systemen bijlage: G-1 Narcosegas

8.2 Zuurstofinstallatie

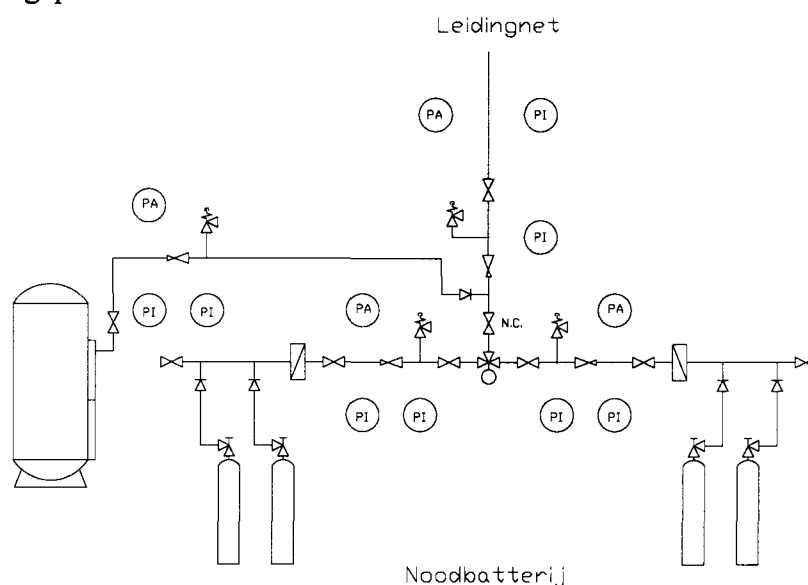
Zuurstof wordt gebruikt voor ademhalingsondersteuning en zuurstoftherapie. Voor het leveren van zuurstof in de verschillende ruimtes van de operatieafdeling zijn er twee verschillende installaties mogelijk. Voor welk type wordt gekozen is afhankelijk van het zuurstof gebruik binnen een ziekenhuis en de beschikbare ruimte.

<650 m³/maand

Bij een verbruik minder dan de 650 m³/maand (gemeten bij 1bar absoluut), wordt over het algemeen gekozen voor een installatie bestaat uit twee flessenbatterijen. Als back-up wordt één noodbatterij geplaatst.

>650 m³/maand

Bij een verbruik van boven de 650 m³/maand (gemeten bij 1bar absoluut), wordt over het algemeen gebruik gemaakt van een cryogene tank. Omdat de extra kosten van de installatie gedurende de levensduur van de installatie worden terug verdiend door de lagere kosten van het zuurstof. Als back-up wordt afhankelijk van het zuurstof verbruik, één of twee flessenbatterijen geplaatst.



Figuur 18 Zuurstofinstallatie



Een aantal specifieke componenten van de zuurstofinstallatie zijn:

Cryogene tank:

Indien er grote hoeveelheden zuurstof gebruikt worden in het ziekenhuis gaat de voorkeur uit naar het plaatsen van een cryogene tank. Dit is een tank waarin men een vloeibaar gas opslaat. Met behulp van een reduceerventiel en een verdamper wordt een fase overgang van vloeistof naar gas gerealiseerd.

Filter:

Voor het waarborgen van de juiste zuiverheid van de zuurstof wordt de installatie voorzien van een filter. Door dat de installatie dubbel uitgevoerd is kan men volstaan met een enkele filter in iedere flessenbatterij.

Reduceerventiel:

Om de druk te verlagen van de druk die de zuurstofflessen leveren naar de werkdruk wordt gebruik gemaakt van twee in serie geplaatste reduceerventiel. Het drukverschil tussen de zuurstof flessen en de werkdruk is relatief groot. Zou men in plaatst van twee reduceerventielen één reduceerventiel plaatsen dan kan dit tot gevolg hebben dat de het reduceer vast vriest en hierdoor niet goed functioneert.

Om dit te voorkomen wordt de druk in twee stappen gereduceerd. Het 1^e reduceerventiel zal de druk van 200 bar in de fles reduceren naar ongeveer 8 bar. Het 2^e reduceerventiel zal de druk reduceren tot de werkdruk van 5 bar.

Afnamepunt:

Zie bijlage. (G-2 Afnamepunten)

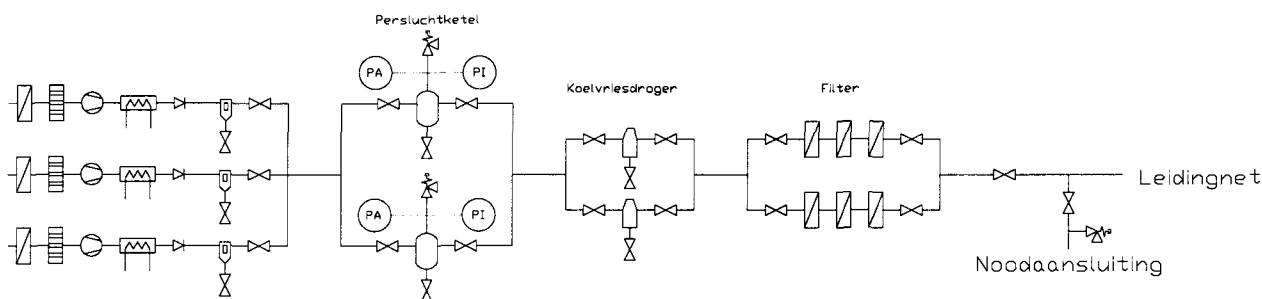
8.3 Persluchtinstallatie

Op de operatieafdeling binnen een ziekenhuis worden twee soorten perslucht gebruikt. De twee verschillende soorten zijn:

- Perslucht voor aandrijving
 - o 10 bar voor chirurgische instrumenten
 - o 5 bar medische apparatuur
- Perslucht voor beademing (5 bar)

De kwaliteitseisen voor beide soorten lucht zijn identiek aan elkaar, namelijk:

- olie < 0,5 mg/m³
- vocht < 7,0 g/m³ (dauwpunt na de droger <5°C)
- CO < 5 ppm
- CO₂ < 1000 ppm
- De maximale overdruk is 13 á 15 bar



Figuur 19 Persluchtinstallatie

Een aantal specifieke componenten van de persluchtinstallatie zijn:

Compressor:

Er dienen 3 compressoren te worden opgesteld die elk 100% van de vereiste volumestroom kunnen leveren. Het totaal opgestelde vermogen zal dus 300% van het benodigde vermogen zijn. Op deze manier komt tijdens storing en onderhoud de continuïteit van de installatie niet in gevaar.

Persluchtketels:

Om pendelen van de compressoren te voorkomen wordt de persluchtinstallatie voorzien van een persluchtketel. De inhoud van de ketel dient gelijk te zijn aan het atmosferisch aangezogen luchtdebiet van de luchtcompressor. Dit is een regel die is gebaseerd op ervaringen uit de praktijk en dus geen eis.

Koelvriesdroger:

In de installatie dienen twee koelvriesdrogers te zijn gemonteerd te zijn, voor het drogen van de perslucht.

Filters:

Voor het reinigen van de perslucht moeten er twee actieve koolstoffilters in de installatie opgenomen worden. Filter klasse P3 volgens EN 143. Door twee filters parallel aan elkaar te plaatsen is het mogelijk om gedurende de bedrijfstijd van de installatie een filter te vervangen.

Reduceerventiel:

Om de druk van de perslucht te verlagen en de werkdruk in de installatie constant te houden wordt er één reduceerventiel geplaatst. In deze situatie worden er twee reduceerventielen parallel aan elkaar geschakeld voor het verhogen van de bedrijfszekerheid.

Afnamepunt:

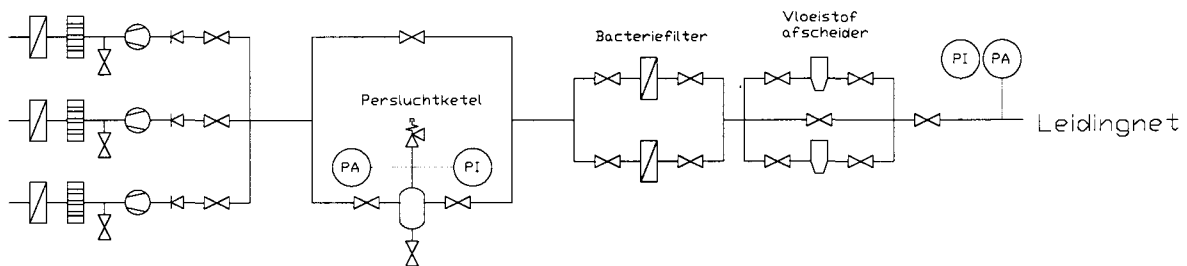
Zie bijlage. (G-2 Afnamepunten)

De perslucht na het filter mag niet voor ander doel einde gebruikt worden dan voor beademing en lucht voor chirurgisch gereedschap.



8.4 Vacuüminstallatie

Voor het afzuigen van vloeistoffen gedurende een operatie op de operatiekamer dient de operatiekamers te worden voorzien van een aantal vacuüm afzuigpunten. De druk in de installatie dient tussen de 0,2-0,4 bar absoluut te zijn.



Figuur 20 Vacuüminstallatie

Een aantal specifieke componenten die zich bevinden in een vacuüminstallatie zijn:

Geluidsdemper:

De luchtafvoer van het vacuümsysteem dient te worden voorzien van een geluidsdemper.

Vacuümpomp:

Er dienen 3 vacuümpompen te worden opgesteld die elk 100% van de vereiste volumestroom en druk kunnen leveren. Het totaal opgestelde vermogen zal dus 300% van het benodigde vermogen zijn. Op deze manier komt tijdens storing en onderhoud de continuïteit van de installatie niet in gevaar. De werkdruk van de vacuümpomp dient tussen de 0,1-0,4 bar absoluut liggen.

Vacuümketel:

Om pendelen van de vacuümpompen te voorkomen wordt in de installatie een vacuümketel geplaatst. De inhoud van de ketel dient gelijk te zijn aan het atmosferisch aangezogen lucht debiet van de vacuümpomp. Dit is een regel die is gebaseerd op ervaringen uit de praktijk en dus geen eis.

Bacteriefilter:

Om bacterie vorming in de installatie te voorkomen wordt de installatie voorzien van bacteriefilters. Twee filters worden parallel aan elkaar geschakeld waardoor tijdens onderhoud de continuïteit van de installatie niet in gevaar wordt gebracht.

Vloeistof afscheider:

De installatie dient te zijn voorzien van twee vloeistof afscheiders. Deze zorgen er voor dat bij een verkeerd gebruik van de installatie geen vloeistoffen in de vacuümpomp kunnen komen, hetgeen zeer schadelijk zou zijn voor de vacuümpomp.

Afnamepunt:

Zie bijlage. (G-2 Afnamepunten)



9. CONCLUSIES

In deze scriptie is verslag gedaan van een onderzoek naar de regelgeving omtrent werktuigbouwkundige installaties binnen de operatieafdeling. De hoofdvraag luidde:

“Aan welke eisen dienen de werktuigbouwkundige installaties binnen een operatieafdeling te voldoen?”

De doelstelling van het onderzoek was meer duidelijkheid te verschaffen in de regelgeving van operatieafdelingen. In dit hoofdstuk zijn de belangrijkste bevindingen terug te vinden die zijn opgedaan.

De huidige regelgeving omtrent de operatieafdeling is er op gericht de veiligheid en de gezondheid van de personen binnen de operatieafdeling te garanderen. Er worden eisen gesteld aan luchtvochtigheid, luchtdruk, ventilatievoud en de temperatuur. Het zijn echter voornamelijk de eisen die gesteld worden aan de lucht die het ontwerpen van een installatie binnen de operatieafdeling zo complex maken. Er worden eisen gesteld aan:

a) *Grootte van het plenum*

De eisen die gesteld worden aan de grootte van een plenum ($8 \text{ à } 9 \text{ m}^2$) zorgen er voor dat binnen de operatiekamer veel lucht naar binnen geblazen wordt. Het circulatievoud in de operatiekamer is vele malen hoger dan het ventilatievoud waardoor men genoodzaakt is om lucht te recirculeren, hetgeen gevolgen heeft voor de gehele installatie.

b) *Luchtvervuiling door medische gassen*

Het ventilatievoud van een aantal ruimtes binnen de operatieafdeling is gebaseerd op een verdunning van de concentratie schadelijke stoffen. Men denkt dit te kunnen realiseren door het ventilatievoud in de ruimtes waar schadelijke gassen gebruikt worden te verhogen. Operatiekamer $n_v 20 \text{ h}^{-1}$, verkoeverkamer $n_v 10 \text{ h}^{-1}$ en in andere ruimtes $n_v 6 \text{ h}^{-1}$. Het gevolg hiervan is dat het ventilatievoud in bepaalde ruimtes vele malen hoger is dan noodzakelijk. Doordat de regelgeving geen rekening houdt met de verschillende typen narcosegas installaties.

c) *Bedrijfszekerheid*

De meeste eisen die aan de toegevoerde lucht worden gesteld zijn zeer duidelijk. De eisen die worden gesteld aan de bedrijfszekerheid zijn echter summier omschreven. Over de gewenste bedrijfszekerheid bij een storing aan de installatie is slechts één regel geweid: *“Er worden zodanige maatregelen getroffen, dat bij uitval van een luchtbehandelingskast toch veilig kan worden doorgewerkt”*. Nu kan men zich afvragen wat veilig is. Is het veilig als de patiënt niet overlijdt, is het onveilig als de patiënt een hogere kans heeft op een infectie. Dit zal altijd een discussiepunt blijven binnen de huidige regelgeving.



Na de inventarisatie van de huidige regelgeving is er een installatie ontwikkeld die voldoet aan deze regelgeving. Van de basis van dit ontwerp zal nauwelijks afgeweken kunnen worden. De grens tussen de regelgeving en de eisen van de opdrachtgever zitten in de bedrijfszekerheid van de installatie. De omschreven regelgeving omtrent de bedrijfszekerheid is zeer minimaal, waarschijnlijk is dit bewust gedaan.

Indien er over de bedrijfszekerheid niets in de regelgeving zou staan, dan zou dit tot gevolg kunnen hebben dat bij een kleine storing aan de installatie de patiënt al in gevaar wordt gebracht hetgeen uiteraard niet wenselijk is. Worden er echter te hoge eisen gesteld aan de bedrijfszekerheid dan kan dit tot gevolg hebben dat er in economisch slechtere tijde (opdrachtgever met beperkt budget) geen ziekenhuis gebouwd kan worden, omdat er geen geld is om aan de regelgeving te voldoen.

Door de huidige regelgeving is er een minimale eis voor bedrijfszekerheid omschreven. Voor welke oplossing er uiteindelijk wordt gekozen om de bedrijfszekerheid van de installatie te verhogen zal dus afhangen van het budget van de opdrachtgever.

De regelgeving omtrent het toevoerplenum binnen de operatiekamer heeft invloed op de gehele installatie van de operatieafdeling. De afmetingen van de het plenum (8 à 9m²) zorgen er voor dat er grote hoeveelheden lucht in de operatiekamer geblazen moeten worden. De afmetingen van het plenum worden door een aantal mensen sterk bekritiseerd: *“Met een kleiner plenum kan men ook een veilige situatie creëren”*. Uit onderzoek is gebleken dat het aantal kiemen in het operatiegebied als gevolg van het grote plenum afneemt. In de toekomst zal moeten blijken of de gewijzigde regelgeving ook de gewenste verlaging van besmettingen tijdens operaties tot gevolg heeft. De verwachting is dat de daling in het aantal besmettingsgevallen slechts beperkt zal zijn. De invloed van het operatieteam als verstorende factor in de operatiekamer is veel groter, hetgeen in de toekomst tot gevolg zou hebben dat de regelgeving omtrent de operatieafdeling gewijzigd zal worden.



10. AANBEVELINGEN

Op basis van de conclusie kunnen de volgende aanbevelingen gedaan worden ten aanzien van de regelgeving voor de operatieafdeling.

1. Ontwerpen volgens de huidige regelgeving:

Helaas kunnen geen aanbevelingen worden gedaan ten opzichte van de in het verleden gerealiseerde projecten. Dit is een gevolg van de zeer recente wijzigingen in de regelgeving. Tijdens dit onderzoek was er geen ontwerp beschikbaar van Kropman B.V. gebaseerd op de huidige regelgeving. Graag had ik mijn ontwerp en een gerealiseerd ontwerp van Kropman B.V. met elkaar vergeleken en op basis hiervan enkele aanbevelingen gedaan. Wellicht is dit in de toekomst mogelijk.

2. Realisatie ontwerp:

Door kennis te hebben genomen van de huidige regelgeving kan men in de ontwerpfase van de operatieafdeling veel kostbare tijd besparen. Zou men echter volgens een vaste structuur te werk gaan, dan is nog een veel grotere tijdsbesparing te realiseren. Geadviseerd hierbij als volgt te werk te gaan.

1^e Stap: Beoordeling lay-out operatieafdeling

Voordat met het ontwerpen van een luchtbehandelingsinstallatie voor de operatieafdeling kan worden begonnen, is het van groot belang dat eerst de lay-out van de operatie afdeling bestudeerd wordt. Indien de lay-out niet voldoet, zal er nooit een goede luchtstroom (drukhiërarchie) tussen de verschillende ruimtes gerealiseerd kunnen worden en moet deze in overleg met de opdrachtgever besproken worden om problemen in de toekomst te voorkomen. De basis van het ontwerp is de lay-out. Indien deze niet voldoet zal men later in de problemen komen.

2^e Stap: Basisontwerp maken

Een onderverdeling maken in de verschillende typen ruimtes, zodat inzichtelijk wordt gemaakt welke hoofdcomponenten gecombineerd te gebruiken zijn. Er zal een onderverdelingen ontstaan tussen drie verschillende typen ruimtes. Aan het einde van deze stap zal het schematische basisontwerp van de installatie op tafel liggen.

3^e Stap: Selecteren hoofdcomponenten

Aan het schematische basisontwerp kunnen nu de hoofdcomponenten worden toegevoegd:

- Verwarmer
- Koeler
- Ventilator
- Bevochtiger
- Regelklep

Bij het plaatsen van de verschillende hoofdcomponenten dient men er op te letten dat deze optimaal gebruikt worden om de kosten van de installatie zo laag mogelijk te houden.



4^e Stap:

Nu de hoofdcomponenten van de installatie geselecteerd zijn, moet een schakeling ontworpen worden voor het regelen/sturen van de verschillende onderdelen. Bij het ontwerpen van deze schakelingen dient men de volgende punten in acht te nemen:

- Bedrijfszekerheid
- Regeling in de verschillende bedrijfssituaties. (*nacht, nood en normaal*)

Ook moet bekend worden voor welke regelingen welke grootheden gemeten moeten worden. Hierbij valt te denken aan:

- Temperatuur
- Druk
- Vochtigheid

Om inzicht te krijgen in hoe de installatie dient te werken is het verstandig om de gewenste regelstrategieën uit te schrijven.

5^e Stap:

De laatste stap zal zijn dat het volledige ontwerp van de installatie in de bouwkundige tekeningen wordt in getekend. Om dit te kunnen realiseren dienen een aantal berekeningen te worden uitgevoerd, zoals de kanaal grootte. Deze stap kan parallel lopen aan de 4^e stap.

Door een analyse te maken van de huidige werkwijze en de daar bij voorkomende problemen kan men aanzienlijk veel tijd besparing in de ontwerpfase.

3. Onderscheid maken tussen de verschillende operatiekamers:

In de huidige regelgeving voor de operatieafdeling wordt geen onderscheid gemaakt tussen de verschillende typen operatiekamers. Het voordeel hiervan is:

- De op te stellen apparatuur hoeft pas in een zeer laat stadium bekend te zijn, hetgeen vaak voor komt.
- De basis van de operatiekamers is gelijk. Men kan gemakkelijk een operatiekamer flexibel gebruiken.

Het grote nadeel is dat het energieverbruik in een aantal ruimtes groot is doordat de oppervlakte van het plenum misschien groter is dan noodzakelijk. Om dit te voorkomen zou men de huidige regelgeving moeten aanpassen.

De huidige regelgeving dient zo te worden aangepast dat de oppervlakte van het plenum niet meer wordt vastgelegd door het vermelden van een oppervlakte. Men zou er voor kunnen kiezen om de oppervlakte van het plenum te koppelen aan het werkgebied van een operatiekamer. Dit zal tot gevolg hebben dat de afmetingen van het plenum in een aantal situaties toch kleiner kan worden, hetgeen een aanzienlijke besparing op het energieverbruik kan opleveren, zonder dat de kans op een besmetting bij de patiënt toeneemt. Het gevolg van deze wijziging in de regelgeving is dat de opdrachtgever al in een zeer vroeg stadium zijn ruimtespecificaties moet vastleggen, hetgeen in de huidige markt zeker niet vanzelfsprekend is.

Dit is niet door Kropman B.V. te realiseren. Deze wijzigingen zouden door het “College bouw ziekenhuisvoorzieningen” in de huidige regelgeving moeten worden doorgevoerd.



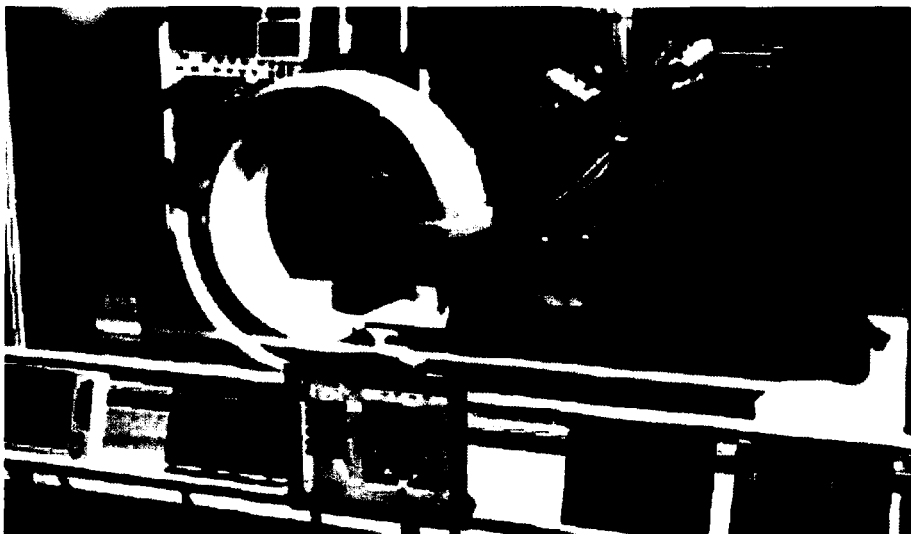
4. De toekomst:

Het nog verder aanscherpen van de huidige regelgeving zal weinig tot geen invloed hebben op het aantal besmettingen binnen de operatiekamer. Wil men in de toekomst de kans op een besmetting verder verkleinen dan zal het aantal personen in de operatiekamer moeten afnemen. Thans is er een groot aantal personen in de operatiekamer aanwezig voor het bedienen van de medische apparatuur. Men zou er voor kunnen kiezen deze apparatuur buiten de operatiekamer op te stellen zodat deze buiten de operatiekamer bediend kan worden. Ook zou het een optie kunnen zijn de installatie op stem te kunnen sturen, om op deze manier het aantal personen dat in de operatiekamer aanwezig is te verkleinen en het aantal verstorende factoren in de operatiekamer te verminderen.

5. Vervolg onderzoek:

Om de bedrijfszekerheid van de luchtbehandelingskast te verbeteren zijn er een aantal hydraulische schakelingen ontwikkeld die het mogelijk maken om in een noodsituatie een vermogen van 200% te leveren te opzichten van de normale bedrijfssituatie. Tijdens dit onderzoek is voornamelijk gekeken naar de regelbaarheid van het proces. Voor de opdrachtgever is het budget bepalend voor de keuze voor een bepaalde oplossing. Om de uiteindelijke keus van de opdrachtgever te vereenvoudigen zou een aanvullend onderzoek naar de te verwachten kosten van de verschillende hydraulische schakelingen wenselijk zijn.

Het toevoerplenum van de operatiekamer kan worden uitgevoerd als een plenum met variable inblaas temperatuur. In het ontwerp dat gerealiseerd is, is dit plenum eenvoudig toe te voegen. Om meer duidelijkheid te krijgen of een dergelijk plenum de voorkeur heeft in het noodzakelijk de financiële haalbaarheid te onderzoeken.



Figuur 21 Operatiekamer van de toekomst?



LITERATUURLIJST

Literatuur

- Knoll, W.H., Wagenaar, E.J. & Weele A.M. van, (2002), Handboek installatietechniek I, 2^e druk, Rotterdam; ISSO.
- Knoll, W.H., Wagenaar, E.J. & Weele A.M. van, (2002), Handboek installatietechniek II, 2^e druk, Rotterdam; ISSO.
- Ir. Wagenaar, E.J., Ing Hooijkaas, W.F.G. & Scheffer W.J.H. (2000), Poly-Installatie zakboekje, 3^e druk, Arnhem; Koninklijke PBNA b.v.
- [2] - TVVL Magazine nr.2 (2005), TVVL.
- [1] - College bouw ziekenhuisvoorzieningen, (2004), Operatieafdeling, Utrecht: College bouw ziekenhuisvoorzieningen.
- College bouw ziekenhuisvoorzieningen, (2002), Binnenmilieu en installatietechniek in de zorgsector, Utrecht: College bouw ziekenhuisvoorzieningen.
- College bouw ziekenhuisvoorzieningen, (2002), Centrale sterilisatieafdeling, Utrecht: College bouw ziekenhuisvoorzieningen.
- H.M.A. Janssen Groesbeek, (november 2003), Invloed van het corrigerende orgaan op het te regelen proces.
- H.M.A. Janssen Groesbeek, (oktober 2004), Handleiding voor het vastleggen van de wenste functionaliteit van een klimaatregelininstallatie.
- [3] - Ph Ham, J, (2002), Handboek ziekenhuisventilatie, Leiden: T.N.O.
- (2003), Regeltechniek basiskennis voor installatietechnici, Kenteq.

Normen

- Normcommissie 301 002 “Medische hulpmiddelen” (1999). *NEN-EN-ISO 14644-1*. Delft: Nederlands Normalisatie-instituut.
- ISSO, Publicatie 44 Ontwerpen van hydraulische schakelingen voor verwarming, Rotterdam.
- ISSO, Publicatie 31 Meetpunten en meetmethoden voor klimaatinstallaties, Rotterdam.

Bestudeerde projecten

- Kropman B.V., (2004), Voorstudie voor het renoveren van het operatiekamerblok op de tweede verdieping van gebouw D-Locatie Bleuland- in het Groene Hart ziekenhuis.
- Kropman B.V.(2005), Onderzoek luchtbeheersing in de operatiekamers 1, 2 en 3 Groene Hart Ziekenhuis Gouda Locatie St. Jozef.
- Kropman B.V.(2004), ONDERHOUDS- & BEDIENINGSVOORSCHRIFTEN T.B.V. AFDELING 4A Operatiekamers & 5A Technische ruimte SLOTERVAART ZIEKENHUIS.
- Universitair Medisch Centrum St. Radboud, te Nijmegen.

Overige

- Leren Communiceren, (1999), 4^e druk, Groningen: Wolters-Noordhoff.
- Afstudeerhandleiding, (2004), Utrecht: Hogeschool van Utrecht, Faculteit natuur en techniek.
- Infoboek voor stagiaires (2004), Nijmegen: Kropman B.V.

**Internetbronnen**

- <http://www.bouwcollege.nl> (*Wetgeving/ maatstaven zorgvoorzieningen*)
- <http://www.arbo.nl> (*Regelgeving arbeidsomstandigheden*)
- <http://www.arbowz.nl> (*Regelgeving arbeidsomstandigheden in de zorgsector*)
- <http://www.tno.nl> (*Onderzoeksinstituut*)
- <http://www.interflow.nl> (*Producent cleanrooms*)
- <http://www.hoekloosonline.nl> (*Leverancier (medische) gassen*)
- <http://www.gea-delbag-lufttechnik.de/filtertheorie/> (*Producent luchtfilter systemen*)
- <http://www.jpm-lucy.com> (*Producent operatielamp met glasvezeltechniek*)
- <http://www.nederlandsewoorden.nl/nw.pl?hoe=begin&woord> (*Groenboekje online*)
- <http://www.vandale.nl/opzoeken/woordenboek> (*Online woordenboek*)

Bezochten projecten

- Nederlands Meetinstituut te Delft
- Groene hart ziekenhuis te Gouda



BIJLAGEN

A AFSTUDEEROPDRACHT

B RUIMTECONDITIES

- B-1 Ruimtetemperatuur in de operatiekamer*
- B-2 MAC-Waarde*

C VOORBEELD BEREKENINGEN

- C-1 Luchttoevoerplenum*
- C-2 Recirculatie en ventilatie in de operatiekamer*

D LUCHTBEHANDELINGSKAST

- D-1 Ventilator*
- D-2 Verwarming*
- D-3 Koelunit*
- D-4 Bevochtigen*
- D-5 Warmtewisselaar*
- D-6 Luchtfilters*

E OPERATIEKAMER

- E-1 Stromingspatroon ventilatie*
- E-2 Toevoerplenum*
- E-3 Afzuig- & toevoerroosters*
- E-4 Puntafzuiging*

F HYDRAULISCHE SCHAKELINGEN

- F-1 Een enkele tweeweg regelafsluiter*
- F-2 Parallel schakelen van tweeweg regelafsluiters*
- F-3 Parallel schakelen van drieweg regelafsluiters*
- F-4 Parallel schakelen van drieweg & tweeweg regelafsluiters*

G MEDISCHE GASSEN

- G-1 Narcosegas*
- G-2 Aansluitpunten*

H ELEKTROTECHNISCHE INSTALLATIE

- H-1 Verlichting op de operatieafdeling*
- H-2 S-classificatie*
- H-3 Elektromagnetische storing*

I RUIMTESTAAT OPERATIEAFDELING

J P&I SCHEMA

- J-1 Centrale luchtbehandelingskast*
- J-2 Decentrale luchtbehandelingskast*

**Bijlage A Afstudeeropdracht****AFSTUDEEROPDRACHT
EINDEXAMEN 2004-2005**

Namen examinandi: **H.J.A. Juijn** Student ID: **1150999** Opleiding: **HIT**

Titel van het afstudeerwerk: **Onderzoek naar installaties t.b.v. operatiekamers**

Omschrijving opdracht:

Het opstellen van:

1. Een literatuurstudie naar de toepassing en de gebruiksfilosofieën van diverse operatiekamers
2. Een inventarisatie van de diverse mogelijkheden om operatiekamers te realiseren
3. Een inventarisatie binnen Kropman met betrekking tot reeds uitgevoerde operatiecomplexen.
4. Een beschrijving van de werking van een aantal gekozen typische concepten aan de hand van principeschema's en details.
5. De randvoorwaarden en het selecteren van de hoofdcomponenten die nodig zijn.
6. Een samenvatting van mogelijkheden randvoorwaarden, ontwerpregels en relaties met overige disciplines in een overzicht.
7. Een heldere rapportage van de bevindingen.
8. Een presentatie van de opdracht aan de engineers van Kropman Utrecht

Gezien de omvang van de opdracht kan het voorkomen dat in goed overleg met de betreffende interne en externe begeleider(s) wordt afgeweken van bovenstaande opdracht omschrijving.

De bevindingen en de conclusies zullen aan de examencommissie worden gepresenteerd in de vorm van een presentatie en een rapportage.

Deze opdracht wordt uitgevoerd bij:

Kropman B.V. (naam bedrijf)

Ir. J.F.B.C. Haan (naam bedrijfsbegeleider)



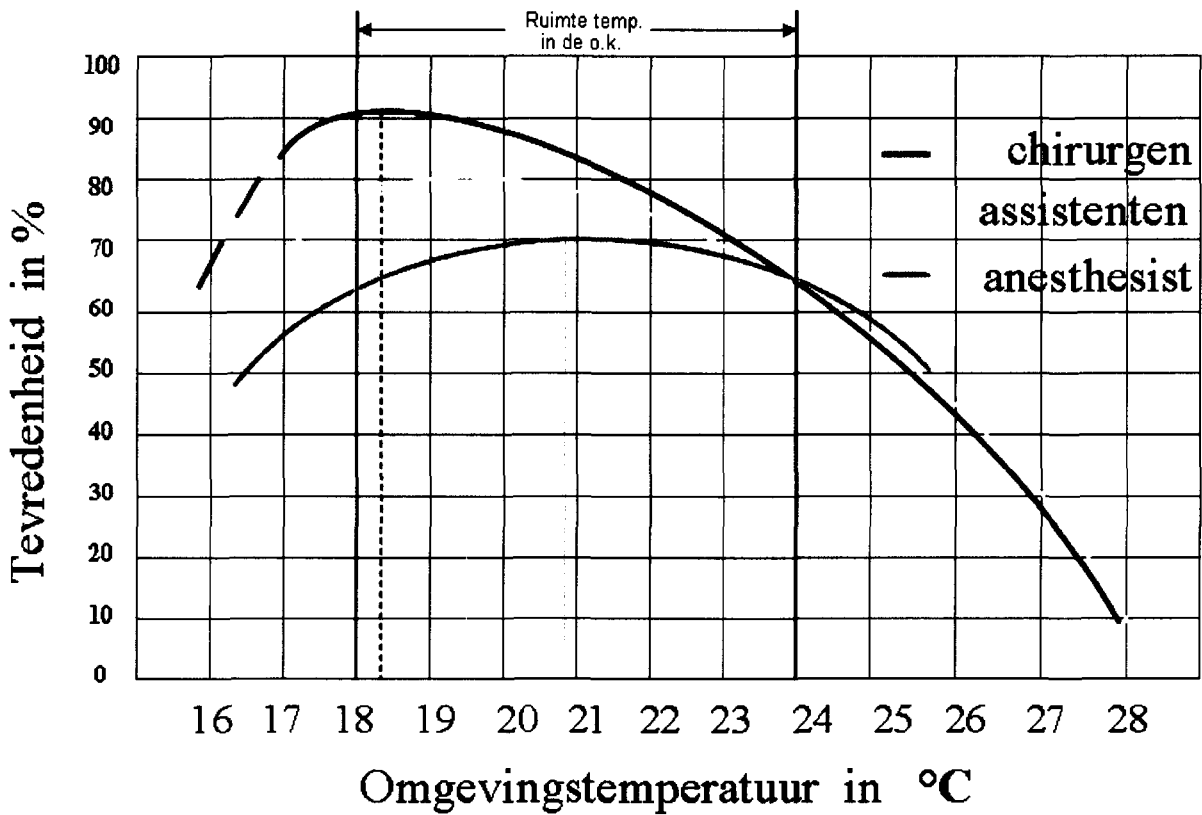
Bijlage B Ruimtecondities

B-1 Ruimtetemperatuur in de operatiekamer

De gewenste ruimtetemperatuur van de verschillende personen in de operatiekamer kan zeer sterk uiteenlopen. Dit wordt veroorzaakt door de zeer sterk uiteenlopende activiteiten en kleding in de operatiekamer. In de onderstaande tabel en grafiek kunt u een overzicht terug vinden met daarin de gewenste ruimtetemperatuur.

	Metabolisme [W/m²]	Metabolisme [met]	gewenste ruimtetemperatuur [°C]		
			0,5 clo	1,1 clo	1,5 clo
Chirurg met loden schort	120	2,06	-	-	15
Chirurg	100	1,72	-	18	-
Operatieassistent	80	1,37	-	19	-
Verpleegkundige	80	1,37	19	-	-
Anesthesist	60	1,03	22	-	-

(Volgens Fanger)





B-2 MAC-waarde

Elk operatieafdeling moet de niveaus van blootstelling aan inhalatieanesthetica toetsen aan de geldende MAC-TGG 8 uur. Als kortdurende overschrijdingen van de MAC-waarde mogelijk tot gezondheidsschade leidt, kan een MAC-tgg 15 min (tijdgewogen gemiddelde over 15 minuten) worden vastgesteld. Voor inhalatieanesthetica zijn deze waarde niet bekend. Bij toepassingen met inhalatieanesthetica kan het echter kortdurende hoge blootstellingen optreden. In dat geval hanteert de Arbeidsinspectie als vuistregel dat de gemiddelde blootstelling gedurende 15 minuten ten hoogste twee maal de MAC-waarde tgg 8 uur mag bedragen. Naast de MAC-waarde wordt vaak een ‘actieniveau’ gehanteerd (20% van de MAC). Komt de concentratie van een stof op een operatieafdeling boven dit actieniveau, dan is nader onderzoek en eventueel maatregelen noodzakelijk.

Stof	Chemisch formule	MAC-TGG 8	
		[ppm]	[mg/m³]
Enfluraan	C-F ₂ -H-O-C-F ₂ -C-F-Cl-H	20	153
Halothaan	C-F ₃ -C-H-Cl-Br	5	0,40
Isofluraan	C-F ₂ -H-O-C-H-Cl-C-F ₃	20	153
Lachgas	N ₂ O	80	152

Tabel 4 MAC-Waarde narcosegassen

Om aan deze eisen te kunnen voldoen dient het ventilatievoud in de operatiekamer minimaal 20 h⁻¹ en in de overige behandelkamers waar met narcosegassen gewerkt wordt 6 h⁻¹ te zijn. Op deze manier wordt de concentratie van de schadelijke gassen voldoende verdund en zijn deze nauwelijks schadelijk voor de personen die zich in de ruimte bevinden.



Bijlage C Voorbeeld berekeningen

C-1 Luchttoevoerplenum

In deze bijlage kunt u terug vinden wat het vermogen is dat uit de operatiekamer gekoeld wordt als gevolg van de toegevoerde lucht.

TOEVOERPLENUM								
	Volumedebiet			Massastroom		Koelvermogen		
	Opp.	v	q _v	ρ	q _m	c	ΔT	Q
	[m ²]	[m/s]	[m ³ /s]	[kg/m ³]	[kg/sec]	[J/kg·K]	[K]	[W]
1	9,0	0,30	2,70	1,19	3,22	1007	2,0	6482
							1,0	3241
2	9,0	0,24	2,16	1,19	2,57	1007	2,0	5185
							1,0	2593
3	8,0	0,30	2,40	1,19	2,86	1007	2,0	5762
							1,0	2881
4	8,0	0,24	1,92	1,19	2,29	1007	2,0	4609
							1,0	2305

Toelichting:

1. Bepaald de verblijfszone

Voor dat er een inblaasplenum gekozen wordt dienen er eerst een aantal gegevens van de operatiekamer bekend te zijn, namelijk:

- De plaats van het operatieteam gedurende de operatie.
- De plaats van de instrumenttafel gedurende de operatie.
- De plaats van de operatietafel.
- Opstelling van medische apertuur gedurende de operatie.

De afmetingen van het toevoerplenum dient tussen de 8 en 9m² te zijn. Zoals in door College bouw ziekenhuisvoorzieningen is vast gelegd.

Opp. = 8 á 9m²

2. Bepaal de toegestane inblaassnelheid (*v_{inblaas}*)

Niet alleen de temperatuur is van groot belang voor het verkrijgen van de juiste downflow maar ook de snelheid van de lucht die via het plenum de ruimte wordt ingeblazen. De inblaassnelheid zit tussen de 0,24 en de 0,30 m/s.

v_{inblaas} = 0,24 á 0,30 m/s

3. Bepaal de toegestane Δ*T*

Om een goede downflow boven het operatie gebied te krijgen moet de inblaastemperatuur 1 á 2 K lager zijn dan de ruimtetemperatuur.

Δ*T* = 1 á 2K



C-2 Recirculatie en ventilatie in de operatiekamer

Als gevolg van de eisen die men aan het toevoerplenum en de ventilatievoud stelt, is te bepalen hoeveel gerecirculeerde lucht men aan operatiekamer kan toevoeren. Bij de berekeningen zijn wij van een hoogte van de operatiekamer van 3 meter uitgegaan.

Minimale afmetingen operatiekamer* [36m²]						
Situatie	Opp. [m²]	V _{inblaas.} [m/s]	q _{v,circ} [m³/h]	q _{v,vent} [m³/h]	q _{v,vent} [%]	q _{v,circ} [%]
1a	9,0	0,30	9720	2160	22	78
2a	9,0	0,24	7776	2160	28	72
3a	8,0	0,30	8640	2160	25	75
4a	8,0	0,20	6912	2160	31	69

*Volgens College bouw ziekenhuisvoorzieningen

Algemene operatiekamer [39 m²]						
Situatie	Opp. [m²]	V _{inblaas.} [m/s]	q _{v,circ} [m³/h]	q _{v,vent} [m³/h]	q _{v,vent} [%]	q _{v,circ} [%]
1b	9,0	0,30	9720	2340	24	76
2b	9,0	0,24	7776	2340	30	70
3b	8,0	0,30	8640	2340	27	73
4b	8,0	0,20	6912	2340	34	66

Specifieke operatiekamer [42 m²]						
Situatie	Opp. [m²]	V _{inblaas.} [m/s]	q _{v,circ} [m³/h]	q _{v,vent} [m³/h]	q _{v,vent} [%]	q _{v,circ} [%]
1c	9,0	0,30	9720	2520	26	74
2c	9,0	0,24	7776	2520	32	68
3c	8,0	0,30	8640	2520	29	71
4c	8,0	0,20	6912	2520	36	64

Zoals je in de bovenstaande tabellen kunt zien is het percentage lucht dat men kan recirculeren tussen de 64% en de 78% afhankelijk van het toegepaste plenum, de grote van de operatiekamer en de inblaassnelheid. Gezien het relatief kleine ventilatievoud ten opzichten van het mogelijke circulatievoud is men bijna genooddaakt om te allen tijde gebruik te maken van luchtrecirculatie binnen een operatiekamer.



Situatie	n_c [h ⁻¹]
1a	90
2a	72
3a	80
4a	64
1b	83
2b	66

Situatie	n_c [h ⁻¹]
3b	74
4b	59
1c	77
2c	62
3c	69
4c	55

Afhankelijk van de situatie wordt alle lucht in de ruimte in tussen de 40-65 sec gecirculeerd.

Voorbeeld berekening:

Berekening 1:

Situatie 2a

$$q_{v,vent} = V \cdot n_v$$

$$q_{v,vent} = 108 \cdot 20$$

$$q_{v,vent} = 2160 \text{ m}^3 / h$$

$$q_{v,circ} = 3600 \cdot 2,16$$

$$q_{v,circ} = 7776 \text{ m}^3 / h$$

$$q_v = 7776 - 2160$$

$$q_v = 5616 \text{ m}^3 / h$$

$$\frac{100\%}{7776} \cdot 5616 \approx 72\%$$

Van de totale hoeveelheid lucht die in de operatiekamer wordt toegevoerd mag 72 % uit gerecirculeerde lucht bestaan. Slechts 28 % van de toegevoerde lucht dient (verse) buitenlucht te zijn.

Berekening 2:

Situatie 2a

$$n_c = \frac{q_{v,circ}}{V}$$

$$n_c = \frac{7776}{108}$$

$$n_c = 72 \text{ h}^{-1}$$



Bijlage D Luchtbehandelingskast

De luchtbehandelingskast van de operatieafdeling zorgt er voor dat de gewenste luchtcondities in de ruimtes bereikt worden. Binnen de luchtbehandelingskasten kan er een onderverdeling gemaakt worden in drie verschillende type:

- Centrale luchtbehandelingskast (*Er is een centrale l.b.k. voor iedere ruimte op de operatie afdeling.*)
- Decentrale luchtbehandelingskast (*Ieder ruimte wordt op een aparte l.b.k. aangesloten.*)
- Combinatie van beide (*Er wordt een combinatie van boven staande systemen gemaakt.*)

Afhankelijk van de situatie op een operatieafdeling. Zal men voor een van deze varianten kiezen. Bij het ontwerpen van een luchtbehandelingsinstallatie is het van groot belang dat men een goede afweging maakt tussen: kosten, regelbaarheid, energieverbruik, beschikbare ruimte en de bedrijfszekerheid.

De regel *“Er worden zodanige maatregelen getroffen, dat bij uitval van één luchtbehandelingskast toch veilig kan worden doorgewerkt.”* afkomstig van het College bouw ziekenhuisvoorzieningen heeft zeer grote gevolgen voor het ontwerp van een luchtbehandelingsinstallatie. Zo zal men niet kunnen volstaan met het plaatsen van een luchtbehandelingskast maar dient deze te allen tijde dubbel te worden uitgevoerd. Het gevolg van deze regel is dat bijna iedere luchtbehandelingsinstallatie zal worden uitgevoerd als een combinatie van een centraal en een decentraal systeem.

D-1 Ventilator

De functie van de ventilator is het overwinnen van de luchtweerstand in kanalen en appendages om de luchtdrukhiërarchie op de operatieafdeling te handhaven. Nagenoeg elke luchtbehandelingskast wordt uitgevoerd met een radiaalventilator. Afhankelijk van de installatie kan men kiezen uit de volgende radiaalventilatoren:

- Voorovergebogen schoepen
- Achterovergebogen schoepen

De radiaalventilator met achterovergebogen schoepen uitvoering heeft een hoger rendement en een steilere ventilatorkarakteristiek als een ventilator met voorovergebogen schoepen.

Deze ventilator is het meest efficiënt in het kleine gebied links in de ventilatorkarakteristiek. De efficiëntie is 80% haalbaar bij een laag blijvend geluidsniveau. Door deze gunstige eigenschappen worden in de luchtbehandelingskasten van de operatieafdeling voornamelijk radiaalventilatoren met achterovergebogen schoepen toegepast.

Binnen de operatieafdeling en zeker in de operatiekamer is het van groot belang dat de vereiste luchtsnelheid gewaarborgd blijft. Zodat de luchtstroom laminair naar beneden gericht blijft. Men kan echter niet volstaan met het selecteren van de juiste ventilator en het inregelen van de ventilatoren en kleppen. Gedurende de levensduur van een installatie zal een verandering optreden in de luchtweerstand van de installatie als gevolg van het vervuilen van de diverse luchtfilters en de installatie. Om toch te kunnen garanderen dat een constante luchtsnelheid gewaarborgd blijft is het van groot belang dat er gekozen wordt voor op toeren geregelde ventilatoren. Men dient deze ventilator zo te regelen dat de luchtsnelheid in kanalen en roosters gelijk blijft bij een wisselende luchtweerstand in de installatie.



D-2 Verwarming

De functie van de verwarmers is het verwarmen van lucht indien de luchttemperatuur lager is dan de gewenste waarde. Luchtverwarmers worden over het algemeen uitgevoerd met koperen buizen met daar aan aluminium lamellen. In sommige gevallen kan er ook gekozen worden voor RVS of koper/koper. De verwarmingsbatterij wordt standaard opgenomen in de luchtbehandelingskast. Indien de verwarmingsbatterij buiten de luchtbehandelingskast wordt geplaatst dient deze over het algemeen als naverwarmer.

De luchtweerstand van een verwarmingsunit is afhankelijk van het vermogen, oppervlakte en luchtsnelheid.

D-3 Koelunit

De functie van de koelunit is het koelen en ontvochtigen van lucht. De uitvoering is over het algemeen koperen buizen met opgeperste aluminium lamellen. Direct achter de koelerbatterij wordt een kunststof druppelvanger geplaatst, de condensbak is geheel van RVS of kunststof. De condensbak dient te zijn uitgevoerd met een sifon ter voorkoming dat er lucht uit de riolering de luchtbehandelingskast wordt ingezogen.

De luchtweerstand van een koelunit is sterk afhankelijk van het vermogen.

D-4 Bevochtigen

Voor de luchtbevochtiging binnen een ziekenhuis is men verplicht om gebruik te maken van stoombevochtiging om de kans op legionellabesmetting tot een minimum te beperken. (*College bouw ziekenhuisvoorzieningen*)

Afhankelijk van de situatie kan men kiezen voor centrale of decentrale stoom opwekking. In een ziekenhuis wordt over het algemeen op meerdere plaatsen stoom gebuikt, (sterilisatie, koken, etc) dit biedt de mogelijkheid om de stoom centraal op te wekken. In veel gevallen kan hierdoor op de investeringskosten bespaard worden. Tevens heeft het bevochtigen met stoom een aantal gunstige eigenschappen.

- Steriele vochtinbreng
- Hoogrendement tot 100%
- Goed regelbaar moduleren regelbaar 0-100%
- Luchtweerstand is ongeveer 20 Pa

D-5 Warmtewisselaar

Binnen de operatieafdeling worden grote hoeveelheden energie verbruikt om het gewenste klimaat te realiseren. Om te voorkomen dat het energieverbruik en dus de kosten niet te hoog oplopen is men genooddacht om gebruik te maken van de restwarmte die zich in de retourlucht bevindt.

Om dit te kunnen realiseren zijn er een groot aantal mogelijkheden, of een type daadwerkelijk geschikt is hangt niet alleen af van de constructie van een installatie maar ook van een aantal specifieke ruimte eisen. Het is namelijk niet toegestaan dat de lucht afkomstig uit een operatiekamer van de ene kamer naar de andere kamer kan worden verplaatst. Tevens dient men te waken dat de energiebesparing opweegt tegen de extra energiekosten als gevolg van een stijgende luchtweerstand in de installatie.

Warmtewiel:

Een van de manieren waarop men warmte terug kan winnen is het gebruik maken van een warmtewiel. Het grote voordeel hiervan is dat men niet alleen voelbare warmte kan uitwisselen maar ook latente warmte. Door de relatief grote omvang van een warmtewiel en door dat de toe- en afvoer dicht bij elkaar aanwezig moeten zijn is het systeem niet overal toepasbaar.

Het gevaar bij een warmtewiel is dat de luchtstromen onderling niet 100% gescheiden zijn als gevolg van doorlekken. Men kan dit probleem ondervangen door de druk in het toevoerkanaal hoger te maken als in het afvoerkanaal. Door deze maatregel kan er geen vuile lucht in de (schone) buitenlucht komen en is een warmtewiel toch toepasbaar binnen een operatieafdeling.

Het temperatuur rendement varieert tussen de 60-80%.

Het vochtrendement ca. 70% afhankelijk van de snelheid.

Kruisstroomwisselaar:

Bij een kruisstroomwisselaar worden de warme en de koude luchtstroom kruislings langs elkaar geleid, gescheiden door een dunne geribbelde metaalplaat. De warmte wordt door geleiding van de warme naar de koude luchtstroom overgedragen. Ook dit systeem heeft als groot nadeel dat het toevoer- en retourkanaal bij elkaar in de buurt moeten zijn.

Het temperatuur rendement is ongeveer 65-70%.

Twin-coil:

Met behulp van twee warmtewisselaars en een tussen medium wordt de energie van de retourlucht naar de aanvoerlucht verplaatst. Hierbij komen de onderlinge luchtstromen niet met elkaar in contact. Een groot voordeel van dit systeem is dat beide luchtstromen op grote afstand van elkaar kunnen liggen en dat er toch warmte uitwisselingen mogelijk is. Door deze gunstige eigenschappen wordt het systeem veelvuldig toegepast in ziekenhuizen.

Het temperatuur rendement is ongeveer 40-60%.

Recirculatie:

Ook kan men energie besparen door middel van recirculatie. Dit is echter niet altijd toegestaan, dit hangt af van het type installatie en uit welke ruimte de lucht afkomstig is. Het is namelijk niet toegestaan dat gasvormingverontreinigingen zich van de ene ruimte naar de andere ruimte kunnen verplaatsen. Door dat het circulatievoud in een operatiekamer vele malen hoger is (zie bijlage C-2 Recirculatie en ventilatie in de operatiekamer) als het ventilatievoud is men bijna verplicht dit systeem toe te passen in een operatiekamer. De luchtbehandelingsinstallatie wordt dan uitgevoerd als een combinatie van een centraal en decentraal systeem. Waardoor de luchtstromen van de operatiekamers strikt gescheiden blijven.

Binnen een operatiekamer kan er tussen de 60-80% van de ingeblazen lucht gerecirculeerd worden.



D-6 Luchtfilters

De functie van de operatieafdeling is het voorkomen van infecties door micro-organismen en virussen bij patiënten. Wil men infectie voorkomen dan is het noodzakelijke het aantal levende micro-organismen en virussen in de ruimte tot een minimum te beperken.

Micro-organisme kunnen zich niet in de lucht zelfstandig voortbewegen. Zij zouden zeer snel uitdrogen en sterven. De voeding die zij te allen tijde nodig hebben halen zij uit stofdeeltjes of aërosol waar zij zich ook mee door de lucht verplaatsen. De vocht die zij nodig hebben onttrekken zij uit de ruimte. Het kleinste micro-organisme dat momenteel bekend is heeft een grote van $0,26 \mu\text{m}$. Als dit deeltje in leven wil blijven heeft deze minimaal een stofdeeltje nodig van de zelfde grote. De minimale grote die zij tezamen hebben is ongeveer $0,5 \mu\text{m}$. Als we er voorzorgen dat we een luchtfilter hebben die alle deeltje met een groot $>0,5 \mu\text{m}$ uit de lucht filtert, dan kunnen we zeggen dat er in de inblaaslucht geen levende micro-organisme aanwezig zijn. Wat gewenst is in aantal ruimte van de operatieafdeling namelijk de operatiekamer en de steriele opdekkamer.

De patiënt zou niet alleen ziek kunnen worden van micro-organisme maar ook van virusinfecties. Een virus is veel kleiner dan een micro-organisme ($0,05-0,01 \mu\text{m}$). Toch vormt dit nauwelijks gevaar binnen de operatieafdeling. Dit komt door dat virussen niet in leven kunnen blijven bij semi-drogen omstandigheden ($RV < 100\%$) hetgeen dat voorkomt op de operatieafdeling.

Technische zijn we instaat de lucht zo te filteren dat er nauwelijks levende micro-organisme een ruimte kunnen binnen treden. Dit is echter geen garantie dat er geen micro-organisme in de ruimte aanwezig zijn of in de ruimte komen. Er zijn namelijk in de operatiekamer ook nog een aantal microbiologische bronnen aanwezig. Dit zijn bijv:

- Operatiekamer personeel
- Operatieteam
- Patiënt
- Gebruikte materiaal
- Apparatuur

Soorten luchtfilters

De maximale concentratie van gasvormige stoffen worden door middel van het minimum ventilatievoud gewaarborgd. Voor deze vorm van luchtvervuiling is geen filter noodzakelijk. Aan het maximum aantal deeltjes in de toevoerlucht worden eisen gesteld. Om de inblaaslucht in deze conditie te brengen dient de lucht gefilterd te worden. De beschikbare filtertechnieken voor het zuiveren van lucht zijn:

Elektrostatische filters:

In een elektrostatische filter worden stofdeeltje elektrisch geladen en volgens door middel van een elektrostatisch veld van baan veranderd waarna het wordt opgevangen op een plaat met een negatievenlading. Het grote nadeel van dit systeem is dat niet alle soorten stof even goed gevangen worden. Dit hangt voornamelijk af van de elektrische constante van de stofdeeltjes. Tevens heeft het filter bij een hoge RV kans op overslag waardoor het filter zijn werk niet zal doen. Het zal dus noodzakelijk zijn om achter dit filter nog een extra filter te plaatsen. Dit alles maakt het filter niet betrouwbaar. Het is niet mogelijk om de vereiste condities te garanderen en is dus niet of beperkt toepasbaar binnen de operatieafdeling.

Het drukverschil over een elektrostatische filter is 40-60 Pa



Mechanische filters:

De werking van een mechanische filter berust op zeven en de aantrekkingskracht van een stofdeeltje tot het luchtfilter(adhesie). Binnen deze groep is er een onderverdeling in verschillende klassen namelijk;

- Grove filters drukverschil 250 Pa
- Fijne filters " 450 Pa
- HEPA filters " 150-200 Pa in bedrijf 600-1000 Pa
- ULPA filters " 150-200 Pa in bedrijf 600-1000 Pa

In welke klassen een filter valt is afhankelijk van de filtercapaciteit en dus indirect van het filtermateriaal waarvan een luchtfilter gemaakt is.
Als bekend is welke luchtreinheid er aan de inblaaslucht wordt gesteld is het mogelijk om met behulp van een tabel het gewenste type filter te selecteren. Indien er hoge eisen aan de reinheid van de inblaaslucht wordt gesteld zal er vaak voor een HEPA of UPLA luchtfilter gekozen worden.
Het heeft dan de voorkeur om het eindfilter zo dicht mogelijk bij het inblaaspunt te plaatsen. Zodat men er zeker van kan zijn dat de lucht die de ruimte wordt ingeblazen ook aan de eisen voldoet.

Filterrendement [%]							
Filter- klassen	Deeltjes grote [µm]						
	0,1	0,3	0,5	1	3	5	10
G1	-	-	-	-	0-5	5-15	40-50
G2	-	-	-	0-5	5-15	15-35	50-70
G3	-	-	0-5	5-15	15-35	35-70	70-85
G4	-	0-5	5-15	15-35	30-55	60-90	85-98
F5	0-10	5-15	15-30	30-50	70-90	90-99	>98
F6	5-15	10-25	20-40	50-65	85-95	95-99	>99
F7	25-35	45-60	60-75	85-95	>98	>99	>99
F8	35-45	65-75	80-90	95-98	>99	>99	>99
F9	45-60	75-85	90-95	>98	>99	>99	>99

(Grove en fijne filters volgens CEN-EN 779)

Filterklasse	Gehele filter		Plaatselijk	
	Vangst percentage	Doorlaat percentage	Vangst percentage	Doorlaat percentage
	[%]	[%]	[%]	[%]
H10	85	15	-	-
H11	95	5	-	-
H12	99,5	0,5	-	-
H13	99,95	0,05	99,75	0,25
H14	99,995	0,005	99,975	0,025
U15	99,9995	0,0005	99,9975	0,0025
U16	99,99995	0,00005	99,99975	0,00025
U17	99,999995	0,000005	99,9999	0,0001

(HEPA en ULPA filters volgens NEN-EN 1822)

- HEPA = Filter rendement bij een aantal deeltjes grootte van 0,3 µm
- ULPA = Filter rendement bij een aantal deeltjes grootte van 0,1-0,2 µm

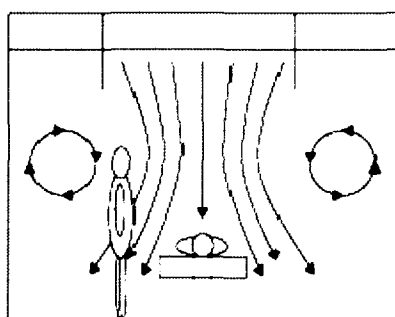


Bijlage E Operatiekamer

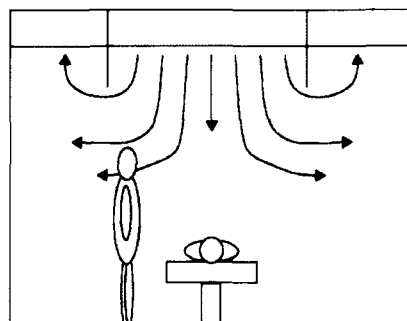
E-1 Stromingspatroon ventilatie

Operatiekamer:

Om de patiënt van micro-organisme uit de omgeving te kunnen afschermen dient er boven de operatietafel een toevoerplenum te worden geplaatst met een laminaire downflow. Door het plaatsen van dit inblaasrooster ontstaat er boven de patiënt, operatieteam en de instrumenttafel een neerwaartse schone luchtstroom. De lucht zorgt ervoor dat de micro-organismen welke zich in de operatiekamer bevinden niet op de patiënt terecht kunnen komen. Op deze manier wordt de kans op besmetting van de patiënt gedurende de operatie tot een minimum beperkt. Om deze neerwaartse luchtstroom te kunnen garanderen worden er een aantal eisen aan de toevoerlucht gesteld. De snelheid waarmee de lucht de ruimte wordt ingeblazen dient tussen de 0,24-0,30 m/s te zijn. De inblaastemperatuur dient de 1 á 2 K lager te zijn als de ruimtetemperatuur. Deze eisen zijn afkomstig van het College bouw ziekenhuisvoorzieningen. Afwijken van deze eisen zal een nadelige invloed hebben op de luchtstroom.



(13)



(14)

Figuur 22 Een te hoge luchtsnelheid en/of een te lage inblaastemperatuur

Figuur 23 Een te lage luchtsnelheid en/of een te hoge inblaastemperatuur

De luchtstroming dient zo te zijn dat de van het operatieteam afkomstige deeltjes (o.a. huidschilfers en aerosolen) nooit op patiënt, operatietafel of instrumententafel kunnen komen. De met deeltjes vervuilde lucht dient zo snel mogelijk te worden afgevoerd. Het stromingspatroon moet stabiel blijven, dus met ingeschakelde operatielamp en medische apparatuur bij aanwezigheid van het operatieteam.

Dit stromingspatroon is tevens verplicht boven de steriele opdektafel.

Overige ruimte:

In de overige ruimte van de operatiekamer wordt er gebruik gemaakt van mengventilatie. Door dat er in de overige ruimte van de operatieafdeling geen specifieke eisen aan een bepaald gebied worden gesteld, kan er worden volstaan met mengventilatie. Een groot voordeel van een dergelijk installatie de investeringskosten lager zijn, maar dat wel aan de geëiste luchtcondities voldaan kan worden.



E-2 Toevoerplenum

Het toevoerrooster, ook wel plenum genoemd dient zo groot te zijn dat de operatietafel, operatieteam en de instrumenttafel zich in het stromingsgebied (downflow) van het plenum bevinden. De afmetingen zijn 8 á 9 m² (*College bouw ziekenhuisvoorzieningen*). Het plenum zorgt ervoor dat de toegevoerde lucht gelijkmatig en laminair de ruimte ingeblazen wordt. In de steriele opdekruimte dient boven de opdektafel tevens een plenum te zijn gemonteerd met minimale dezelfde afmetingen als de opdektafel. Over het algemeen wordt het toevoerplenum in de operatiekamer uitgevoerd als een H13 luchtfilter.

Standaard toevoer plenum:

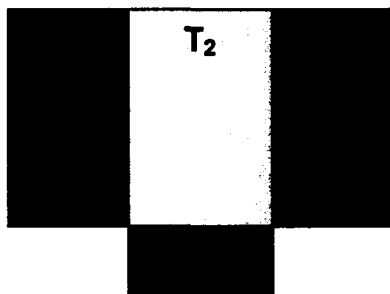
Volgens voorschriften van het (*College bouw ziekenhuisvoorzieningen*) moet het luchttoevoerplenum een afmeting hebben van 8m² tot 9m². De vorm van het toevoerplenum's zijn verder niet aan eisen gebonden.

Op deze manier vindt er een goede afscherming plaats tussen patiënt, operatieteam, instrumenttafel en de omliggende omgeving plaats. Waardoor de kans op een besmetting van de patiënt aanzienlijk verkleind wordt. Als men er voorkeest om het downflow effect te verbeteren door middel van randafscherming is dit te combineren met een eventuele voorzieningenbrug, waarin alle voorzieningen en aansluitingen voor medische gassen zijn ondergebracht. Een bijkomend voordeel is dat men voor een lager inblaassnelheid kan kiezen. Zonder dat de downflow in de operatiekamer verstoord wordt. Zonder randafscherming worden pendels toegepast bij voorkeur met de aansluiting in het plafond buiten het inblaasplenum.

Plenum met variërende inblaastemperatuur:

Zoals u (*Bijlage B-1 Ruimtetemperatuur in de operatiekamer*) heeft kunnen lezen is er een zeer grote variatie tussen de gewenste ruimtetemperatuur van de verschillende personen (15-22°C). Als gevolg van deze grote variatie is niet mogelijk om te allen tijde aan de ruimtetemperatuur eisen van de NEN EN 7730 met $-0,5 > PMV < +0,5$ te voldoen. Door het toepassen van een plenum met een variabele inblaastemperatuur is het mogelijk om dicht bij de gewenste temperatuur te komen van het medische personeel. Met behulp van het plenum wordt de lucht met drie verschillende temperaturen ingeblazen.

Op deze manier zal met dicht bij de gewenste temperatuur komen van de verschillende personen. Het comfort zal worden verhoogd zonder dat de kans op besmettingen van de patiënt toeneemt. Tevens is het mogelijk om op deze manier de interne koellast te verlagen waardoor de energiekosten zullen afnemen.



$$T_{ruimte} > T_3 > T_1 > T_2$$



E-3 Afzuig- & toevoerroosters

Operatiekamer:

De operatiekamer moet voorzien zijn van acht afvoerroosters. De acht roosters worden in de uiterste hoek van de operatiekamer geplaatst vier afvoerrooster in de wand nabij het plafond en vier nabij de vloer. De roosters aan het plafond zorgen voor de afvoer van warmte ophoping tegen het plafond. Zou men dit niet doen, dan zou er na enige tijd insnoering in de luchtstroom plaats vinden met als gevolg dat er verontreinigde lucht in het operatiegebied terecht komt. Het is van groot belang dat de verschillende roosters in de uiterste hoeken van de operatiekamer gemonteerd zijn. Hierdoor kan men voorkomen dat er in de ruimte dode hoeken ontstaan waar als gevolg van stilstaande lucht micro-organisme zich kan ophopen. De rooster aan de plinten moet er voorzorgen dat een deel van de in de ruimte aanwezige micro-organisme en narcosegas wordt afgevoerd. De contractie van deze stoffen is over het algemeen aan de vloer het hoogst. De afvoerroosters nabij het plafond zullen ongeveer $\frac{1}{3}$ deel van de af te zuigen lucht afvoeren. De afvoerroosters bij de plint zuigen de overige lucht af. Deze verhouding is gebaseerd op ervaringen uit de praktijk.

Overige ruimte:

In de overige ruimtes van de operatieafdeling worden voor de lucht toe- en afvoer in het plafond een aantal toe- en afvoerrooster geplaatst. Het aantal, het type en de afmeting is afhankelijk van de functie van de ruimte en het toegevoerde luchtdebiet.

E-4 Puntafzuiging

Afhankelijk van de geplande werkzaamheden in een operatiekamer of overige ruimte kan het noodzakelijk zijn om naast de standaard afzuiging nog puntafzuiging te monteren. Met behulp van de bronafzuiging zijn we in staat om een groot deel van de luchtverontreiniging bij de bron aan te pakken. Hierdoor wordt de hoeveelheid ingeademde (schadelijke) stoffen aanzienlijk gereduceerd.

Enkele voorbeelden waarbij puntafzuiging gewenst is:

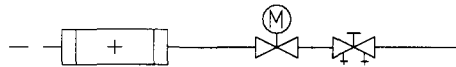
- Narcose gassen (niet gesloten systeem)
- Vrijkomende verbrandingsproducten in gas- of aerosolvorm tengevolge van diathermie en lazeren.
- Oplosmiddelen (bijv. botkit)
- Damp van desinfectantia.
- Vrijkomen van CO₂ als gevolg van laparoscopie en cardiochirurgie.

Tijdens de ontwerpfase dient men er rekening mee te houden dat deze afzuiging te allen tijde aan kan staan. Het volumedebiet dient daarom volledig in de berekening voor de drukhiërarchie te worden meegenomen.



Bijlage F Hydraulische schakelingen

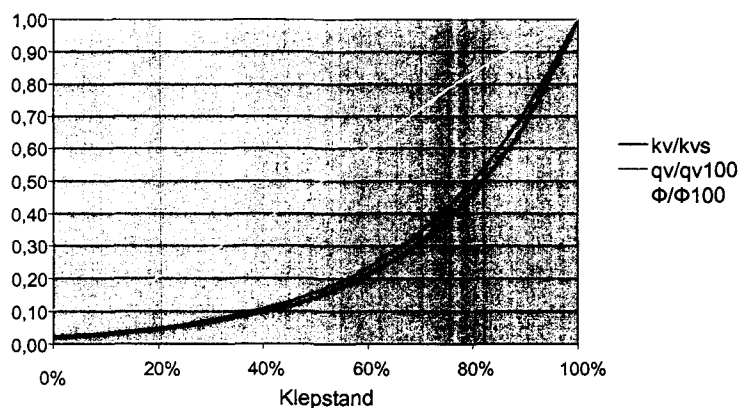
F-1 Een enkele tweeweg regelaflsluiter



Figuur 24 Eén tweeweg regelaflsluiter

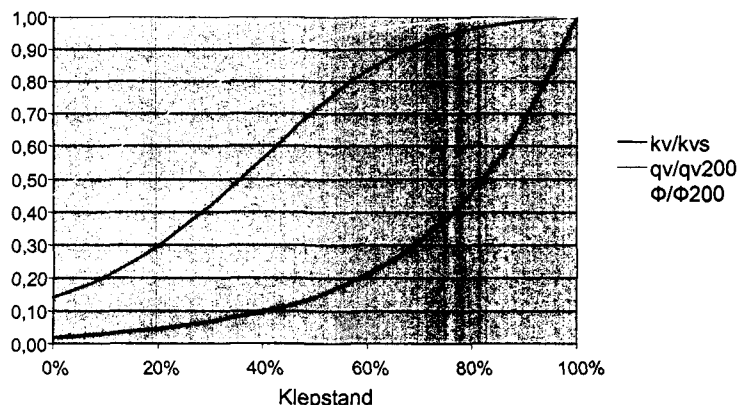
Situatie 1:

Er is gekozen voor een regelklep gebaseerd op het maximale vermogen in de normale bedrijfssituatie (100%). Met behulp van de karakteristiek is te constateren dat warmte overdracht nagenoeg lineair verloopt. De kleine afwijking die aanwezig is zal met behulp van software grotendeels gecorrigeerd worden. Het is echter niet mogelijk om in de noodbedrijf situatie 200% van de maximale warmte vraag te leveren.



Situatie 2:

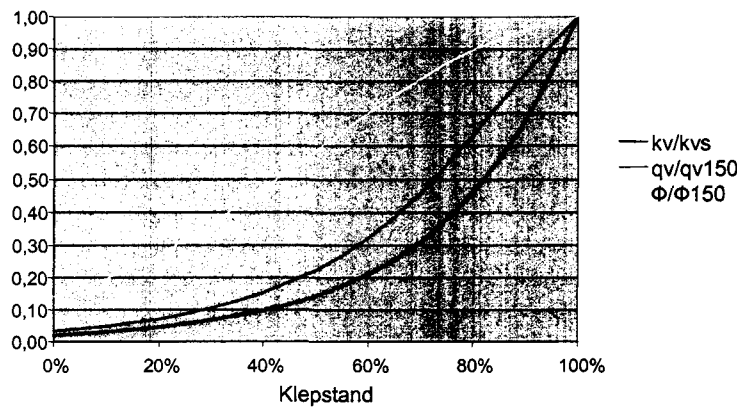
Als gevolg van de gestelde eisen kan het mogelijk zijn dat de opgestelde verwarmingsbatterij in de noodbedrijf situatie 200% van het nominale vermogen moet leveren. Het is mogelijk om tussen de hydraulische schakeling een regelaflsluiter te plaatsen op basis van het van de maximale volumestroom in de noodsituatie. Het plaatsen van deze afsluiter heeft echter nadelige gevolgen op de regelbaarheid van het te regelen proces, zoals u in de grafiek kunt zien. Bij een geringe warmtevraag zal het niet mogelijk zijn om de gewenste temperatuur nauwkeurig te regelen.





Situatie 3:

In de vorige situaties heeft u kunnen zien wat de gevolgen van een te grote regelafsluiter zijn op het te regelen proces. Kiest men er toch voor om één regelafsluiter te plaatsen. Dan is het van groot belang dat er een juiste afweging gemaakt wordt tussen regelbaarheid en het te leveren vermogen/weerstand. In de onderstaande grafiek ziet men de gevolgen op het te regelen proces.



Berekeningen grafieken:

Warmteoverdrachtsfactor [α]

Gegevens Temperatuur	
T_{pi}	80 °C
T_{pu}	60 °C
T_c	20 °C

$$\alpha = \frac{T_{pi} - T_{pu}}{T_{pi} - T_c} \quad (\text{Temperatuurregeling})$$

$$\alpha = \frac{T_{pi} - T_{pu}}{T_{pi} - T_c} \cdot 0,6 \quad (\text{Debietregeling}) \qquad \alpha = \frac{80 - 60}{80 - 20} \cdot 0,6 = 0,2$$

Autoriteit [A]

Gegevens regelafsluiter	
Δp_{v0}	5,0 bar
Δp_{v100}	2,5 bar

$$A = \frac{\Delta p_{v100}}{\Delta p_{v0}} \qquad A = \frac{5}{2,5} = 0,5$$



Klepcoëfficiënt

<i>Gegevens regelaafsluiter</i>	
qv	8 m³/h
k _{vs}	8
k _{v0}	0,16
S _{v0}	50

$$k_{vs} = q_v \sqrt{\frac{1}{\Delta p_{v100}}}$$

$$k_{vs} = 8 \sqrt{\frac{1}{2,5}} = 5,06$$

Equiprocentuele grondkarakteristiek

$$\frac{k_v}{k_{vs}} = \frac{k_{v0}}{k_{vs}} \cdot e^{\frac{n \cdot y}{y_h}}$$

$$\frac{k_v}{k_{vs}} = \frac{0,16}{8} \cdot e^{3,91 \cdot 0,4} = 0,0956$$

$$n = \ln(S_{v0})$$

$$n = \ln(50) = 3,91$$

Hydraulische karakteristiek

$$\frac{q_v}{q_{v100}} = \frac{1}{\sqrt{1 + A \left[\left(\frac{1}{\frac{k_v}{k_{vs}}} \right)^2 - 1 \right]}}$$

$$\frac{q_v}{q_{v100}} = \frac{1}{\sqrt{1 + 0,5 \left[\left(\frac{1}{0,0956} \right)^2 - 1 \right]}} = 0,1352$$

Warmte-overdrachtskarakteristiek

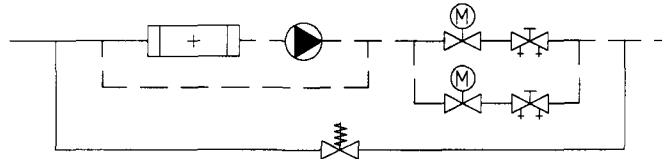
$$\frac{\theta_0}{\theta_{100}} = \frac{1}{1 + \alpha \left(\frac{1}{\frac{q_v}{q_{v100}}} - 1 \right)}$$

$$\frac{\theta_0}{\theta_{100}} = \frac{1}{1 + 0,20 \left(\frac{1}{0,1352} - 1 \right)} = 0,4387$$



F-2 Parallel schakelen van tweeweg regelafsluiters

In bijlage F-1 is besproken wat de gevolgen voor het te regelen proces bij de verschillende bedrijfssituaties. Bij de besproken oplossing is er een concessie gedaan tussen de regelbaarheid van het proces, afgegeven vermogen en de weerstand. Het is echter ook mogelijk om met behoud van een goede regelbaarheid toch het gewenste vermogen te leveren. Om dit te realiseren worden er twee regelafsluiters parallel aan elkaar geschakeld.



Figuur 25 Parallel geschakelde tweeweg regelafsluiters

Parallel schakelen:

Voor het verbeteren van de regelbaarheid zonder dat dit te kosten gaat van het vermogen kunnen er twee regelafsluiters parallel aan elkaar geschakeld worden. De gevolgen op het te regelenproces zijn in de grondkarakteristiek op de volgende pagina te zien.

Als gevolg van de slechte regelbaarheid in het begin van de afsluiter is er in de grafiek bij een klepstand van 0 en 100% een sprong in de grafiek terug te vinden.

Een kleine sprong bij het openen van de regelafsluiter is relatief eenvoudig software matig te onderdrukken.

Is de sprong in het te regelenproces echter ontlaatableer groot is dan zal men een afsluiter moeten selecteren die in de onderste zone van zijn regelbereik beter regelt. Met behulp van de volgende formule is eenvoudig te achter halen wat de mogelijke oplossingen zijn:

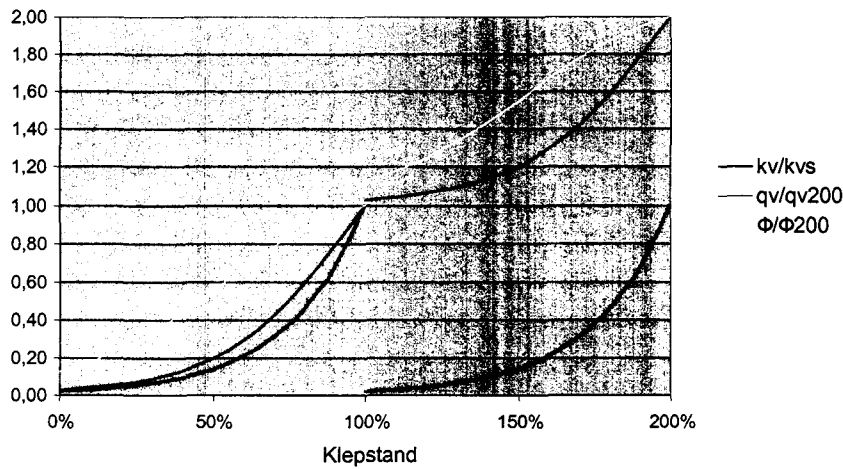
$$\Delta x_{\min.} = \frac{\Delta \Phi_{\max}}{\alpha \cdot \sqrt{A \cdot S_{vo}}}$$

Men kan dit realiseren door:

- Warmte overdrachtsfactor te verhogen. Door het kiezen van een temperatuur regeling (drieweg regelafsluiter).
- Een klep plaatsen met een hoge autoriteit
- Een klep plaatsen waarvan de warmte overdrachtsfactor groot is



Equiprocentueel grondkarakteristiek



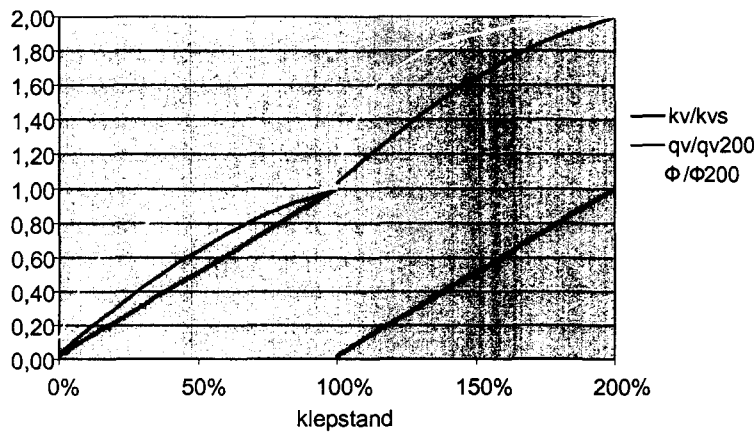
Berekeningen

Equiprocentueel grondkarakteristiek						
Klep	Klep-stand	$\frac{k_v}{k_{vs}}$	$\frac{q_v}{q_{v100}}$	$\frac{q_v}{q_{v200}}$	$\frac{\Phi}{\Phi_{100}}$	$\frac{\Phi}{\Phi_{200}}$
I	0%	0,02	0,03	0,03	0,13	0,13
	10%	0,03	0,04	0,04	0,18	0,18
	20%	0,04	0,06	0,06	0,25	0,25
	30%	0,06	0,09	0,09	0,33	0,33
	40%	0,10	0,13	0,13	0,44	0,44
	50%	0,14	0,20	0,20	0,55	0,55
	60%	0,21	0,29	0,29	0,67	0,67
	70%	0,31	0,42	0,42	0,78	0,78
	80%	0,46	0,59	0,59	0,88	0,88
	90%	0,68	0,79	0,79	0,95	0,95
	100%	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Klep	Klep-stand	$\frac{k_v}{k_{vs}}$	$\frac{q_v}{q_{v100}}$	$\frac{q_v}{q_{v200}}$	$\frac{\Phi}{\Phi_{100}}$	$\frac{\Phi}{\Phi_{200}}$
II	100%	0,02	0,03	1,03	0,13	1,13
	110%	0,03	0,04	1,04	0,18	1,18
	120%	0,04	0,06	1,06	0,25	1,25
	130%	0,06	0,09	1,09	0,33	1,33
	140%	0,10	0,13	1,13	0,44	1,44
	150%	0,14	0,20	1,20	0,55	1,55
	160%	0,21	0,29	1,29	0,67	1,67
	170%	0,31	0,42	1,42	0,78	1,78
	180%	0,46	0,59	1,59	0,88	1,88
	190%	0,68	0,79	1,79	0,95	1,95
	200%	1,00	1,00	2,00	1,00	2,00



Lineaire grondkarakteristiek



Berekeningen

$$\frac{k_v}{k_{vs}} = \frac{k_{v0}}{k_{vs}} + \left(1 - \frac{k_{v0}}{k_{vs}}\right) \frac{y}{y_h}$$

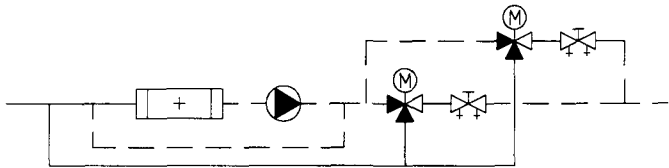
Lineaire grondkarakteristiek						
Klep	Klep-stand	$\frac{k_v}{k_{vs}}$	$\frac{q_v}{q_{v100}}$	$\frac{q_v}{q_{v200}}$	$\frac{\Phi}{\Phi_{100}}$	$\frac{\Phi}{\Phi_{200}}$
I	0%	0,02	0,03	0,03	0,13	0,13
	10%	0,12	0,17	0,17	0,50	0,50
	20%	0,22	0,30	0,30	0,68	0,68
	30%	0,31	0,42	0,42	0,79	0,79
	40%	0,41	0,54	0,54	0,85	0,85
	50%	0,51	0,64	0,64	0,90	0,90
	60%	0,61	0,73	0,73	0,93	0,93
	70%	0,71	0,82	0,82	0,96	0,96
	80%	0,80	0,89	0,89	0,97	0,97
	90%	0,90	0,95	0,95	0,99	0,99
	100%	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Klep	Klep-stand	$\frac{k_v}{k_{vs}}$	$\frac{q_v}{q_{v100}}$	$\frac{q_v}{q_{v200}}$	$\frac{\Phi}{\Phi_{100}}$	$\frac{\Phi}{\Phi_{200}}$
II	100%	0,02	0,03	1,03	0,13	1,13
	110%	0,12	0,17	1,17	0,50	1,50
	120%	0,22	0,30	1,30	0,68	1,68
	130%	0,31	0,42	1,42	0,79	1,79
	140%	0,41	0,54	1,54	0,85	1,85
	150%	0,51	0,64	1,64	0,90	1,90
	160%	0,61	0,73	1,73	0,93	1,93
	170%	0,71	0,82	1,82	0,96	1,96
	180%	0,80	0,89	1,89	0,97	1,97
	190%	0,90	0,95	1,95	0,99	1,99
	200%	1,00	1,00	2,00	1,00	2,00



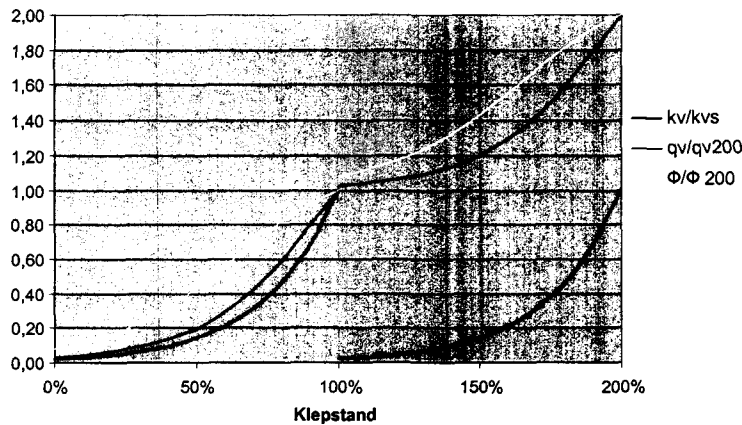
F-3 Parallel schakelen van drieweg regelafluiters

In plaats van twee tweeweg regelafluiters parallel aan elkaar te schakelen zou men er ook voor kunnen kiezen om twee drieweg regelafluiters parallel aan elkaar te schakelen.



Parallel geschakelde drieweg regelafluiters

Equiprocentueel grondkarakteristiek



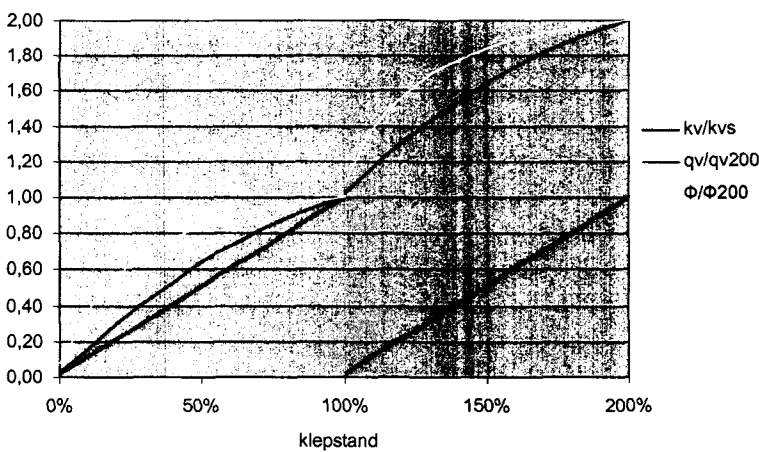
Berekeningen:

Bij een temperatuurregeling zal het drukverschil over de regelafluiters in de geopende en de gesloten stand nagenoeg gelijk zijn. De autoriteit van de regelafluiters bij een temperatuurregeling zal als gevolg hiervan 1 zijn.

$$\alpha = \frac{T_{pi} - T_{pu}}{T_{pi} - T_c} \quad (\text{Temperatuurregeling})$$
$$\Delta x_{\min.} = \frac{\Delta \Phi_{\max}}{\alpha \cdot \sqrt{A \cdot S_{vo}}} \qquad \Delta x_{\min.} = \frac{100\%}{0,33 \cdot \sqrt{1 \cdot 50}} = 6\%$$

De overige berekeningen komen overeen met de rekeningen uit bijlage D-3

Lineaire grondkarakteristiek

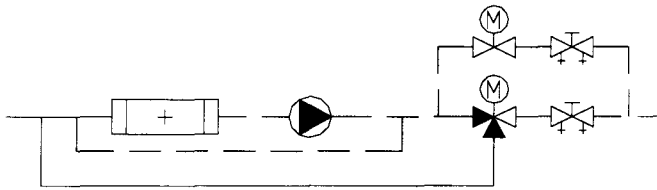




F-4 Parallel schakelen van drieweg & tweeweg regelafsluiters

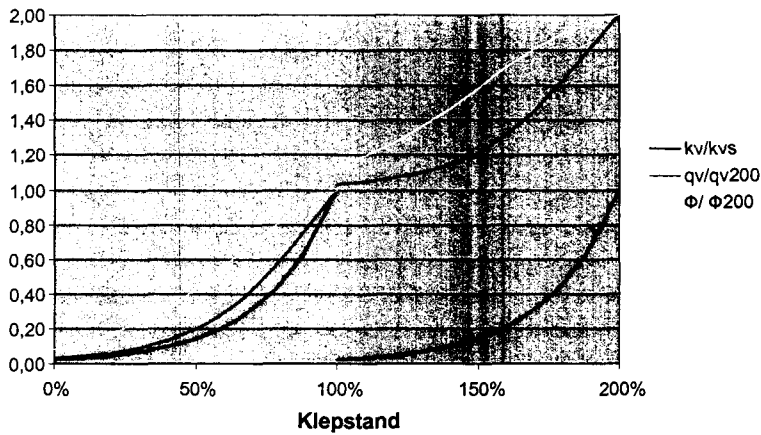
In plaats van twee de zelfde afsluiter parallel aan elkaar te schakelen is het ook mogelijk om twee verschillende regelafsluiters parallel aan elkaar te schakelen. Door de tweeweg regelafsluiter en een drieweg regelafsluiter met elkaar te combineren is het mogelijk om een regeling te ontwerpen die altijd goed regelt.

In de normale bedrijfssituatie wordt de temperatuur volledig geregeld door de drieweg regelafsluiter, omdat deze over het volledige regelgebied een goede regelnauwkeurigheid heeft. Indien deze afsluiter niet het benodigde vermogen kan leveren wordt de tweede regelafsluiter open gestuurd. Het voordeel van deze regeling is dat de retourwatertemperatuur van de betreffende groep lager is wat het rendement van de installatie ten goede komt.

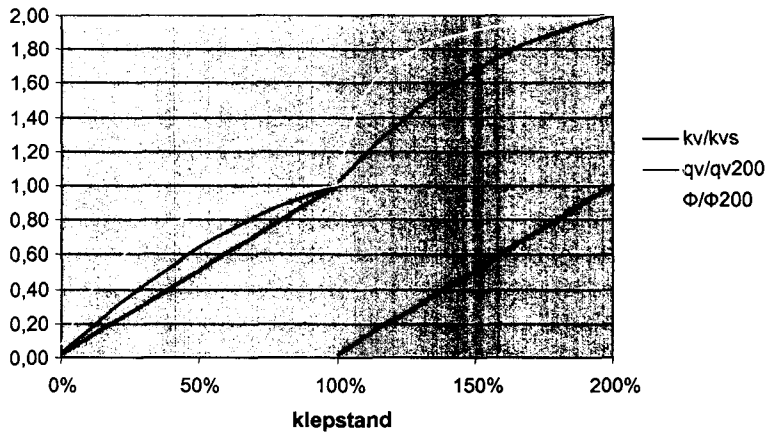


Parallel geschakelde drieweg regelafsluiters

Equiprocentueel grondkarakteristiek



Lineaire grondkarakteristiek





Bijlage G Medische gassen

G-1 Narcosegas

De verschillende systemen

Er zijn twee soorten systemen. Voor de installatie van het narcosegas heeft dit verder weinig tot geen invloed. Wel heeft de keuzen voor een van de systemen gevolgen voor de luchtbehandelinginstallatie. Deze twee verschillende systemen zijn:

Open systeem:

De open systemen omvatten enkel een gastoevoer naar de patiënt. Er vindt geen afvoer van de uitgeademde gassen plaats. Dit type van systeem wordt gekenmerkt door een hoog gasverbruik. Deze techniek wordt enkel nog toegepast bij zeer korte ingrepen op kinderen. Omdat de uitgeademde narcosegassen rechtstreeks in de ruimte wordt uitgeademd is het plaatsen van bronafzuiging verplicht, om aan de MAC-waarde te kunnen voldoen.

Gesloten systeem:

Gesloten systemen bestaat uit een toevoer van vers gas, keerklep voor in- en uitademingslucht, een dubbel uitgevoerde toevoerslang, een Y-stuk, een overdrukklep, een ballon en een CO₂-absorber. Indien de toevoer van vers gas gelijk is aan het gasverbruik van de patiënt waarbij de overdrukklep gesloten is, wordt van een volledig gesloten systeem gesproken. In geval een verhoogde toevoer van vers gas wordt toegepast, spreekt men van een semi-gesloten systeem (*of half open systeem*). Een deel van het narcosegas zal dan verloren gaan en via een evacuatie systeem worden afgevoerd. Over het algemeen wordt dit systeem in de o.k. aangebracht door dat er relatief weinig narcosegas verloren gaat.



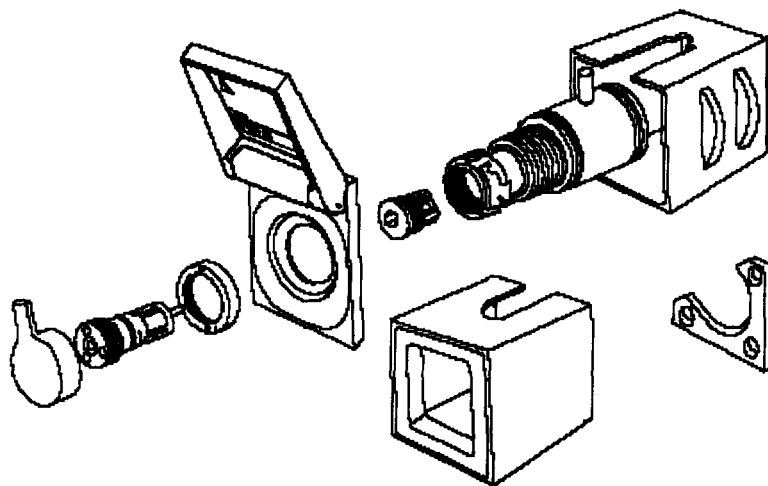
G-2 Afnamepunten

Zoals u heeft kunnen zien wordt op de operatieafdeling gebruik gemaakt van verschillende soorten medische gas. Voor iedere installatie dienen er afhankelijk van de ruimte en de aard van de werkzaamheden een aantal aansluitpunten te zijn aangebracht. Om de werking van de installatie en de veiligheid van patiënt en personeel te verhogen worden er aan deze aansluitingen een aantal eisen gesteld.

1. Voor zuurstof, perslucht, lachgas en vacuüm worden inbouwafnamepunten in wanden, wandgoten, plafondzuilen toegepast.

Deze afnamepunten dienen aan de volgende eisen te voldoen:

- Gas specifieke aansluitingen, niet verwisselbaar met ander gas aansluitingen.
 - De aansluiting dient te zijn uitgevoerd met een ingebouwde terugslagklep, zodat service mogelijk is zonder dat het leidingsysteem moet worden afgesloten.
 - De koppelingen van de verschillende installaties mogen niet onderling verwisselbaar zijn.
2. De af te voeren narcosegassen dienen door midden van een special afnamepunten te worden afgevoerd (Narcosegas evacuatiesystemen).
 3. Er dient een aansluiting te zijn voor het aandrijven van chirurgische instrumenten (10 bar) met een voorziening om de afgewerkte lucht direct na gebruik af te voeren via een daarvoor bestemd afvoerkanaal.
 4. Volgorde van afnamepunten van links naar rechts is: Zuurstof, Lachgas, Perslucht, Vacuüm, Menggas. Dit is geen eis maar een vuistregel die in de praktijk wordt gehanteerd.



Figuur 26 Aansluiting medische gassen



Bijlage H Elektrotechnische installatie

H-1 Verlichting op de operatieafdeling

Verlichting:

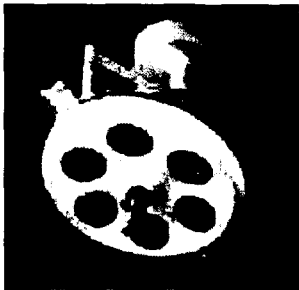
	Verlichtingssterkte* [lux]	
	Algemeen	Lokaal
Verpleging	150	250-500
Onderzoek en behandeling, klinisch en poliklinische	250	1000
Kantoor personeelsruimte	250	400-500
Bezoekersruimten	150	250-500
Verkeersruimte	150-250	-
Sanitair	250	-
Opslag	150	-
Operatiekamer	1000	
Verkoeferruimte	500	-

* Het gaat hier om richtlijnen

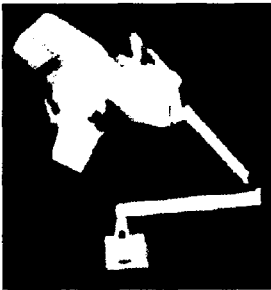
Operatielamp:

Het selecteren en monteren van de juiste verlichting boven een operatietafel is zeer belangrijk gedurende een operatie. Om te realiseren dat er tijdens een operatie voldoende licht zonder schaduwwerking in het operatiegebied is, wordt een operatielamp boven de operatietafel geplaatst.

Er zitten echter niet alleen een voordeel aan een operatielamp maar er gaan ook een aantal gevaren in schuil. De operatielamp heeft namelijk een verstorende werking op het downflow gebied boven de operatietafel. Het verstoren van de luchtstroom is een gevolg van de warmte die door de lampen wordt geproduceerd, rondom de lamp ontstaat hierdoor een opwaartse luchtstroom die mogelijk de gehele downflow verstoort. Met als gevolg dat er micro-organisme het wondgebied van de patiënt kunnen binnentreden. Tevens is er ook kans op uitdroging van het wondgebied van de patiënt door de warmte die de operatielamp produceert. De laatste jaren zijn er een aantal operatielampen op de markt gekomen die het downflow boven de operatiekamer minder verstoren. Men heeft dit weten te realiseren door gebruik te maken van lampen die minder warmte produceren en een hogere licht opbrengst hebben. Tevens is de constructie en de vorm van deze lampen aangepast om een vloeiende luchtstroom om de lamp te krijgen. Het gevolg van deze aanpassingen is dat de downflow onder het plenum minder verstoord wordt en de kans op uitdroging van de wond verkleind wordt.



(8)



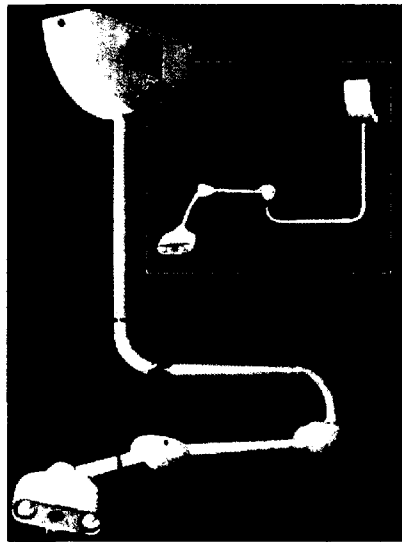
(9)

Figuur 27 Oude operatielamp

Figuur 28 Operatielamp met geringe luchtverstoring



Zeer recent is er een nieuw type operatielamp ontwikkeld. Bij deze operatielamp wordt er gebruik gemaakt van glasvezeltechniek. Het voordeel van het gebruik maken van een operatielamp die gebaseerd is op glasvezeltechniek is dat er geen warmte ontwikkeling in de operatiekamer onder het plenum zal plaats vinden. Dit komt door dat de lichtbron van de lamp boven het plafond geplaatst kan worden. Deze techniek wordt momenteel nog weinig toegepast maar zal naar verwachting in de toekomst veelvuldig worden toegepast door de zeer geringe verstoring van de downflow waardoor de kans op besmetting van de patiënt als gevolg van een verstoorde downflow afneemt.



Figuur 29 Operatielamp met glasvezeltechniek

Enkele aandachtspunten bij het ontwerpen van een operatiekamer zijn:

- Plaatsen bij voorkeur meerdere kleinere lampen in plaats van één grote operatielamp.
- Plaats een lamp met een hoge lichtopbrengst en een laag vermogen.
- Plaats de steun t.b.v. de lamp bij voorkeur aan de rand van het plenum. Op deze manier zal het downflow van het plenum minder verstoort raken. (Met de huidige afmetingen van het plenum (8 á 9m²) is dit echter nauwelijks mogelijk.)
- Selecteer een lamp waarbij het model de luchtstroom nauwelijks hindert.
- Indien er rond het plenum randafscherming geplaatst is, dient met bij de selectie van een lamp erop te letten dat de arm van de lamp ongehinderd in alle gewenste posities geplaatst kan worden.



H-2 S-classificatie

Een ongewenste elektrische stroom door het lichaam van de patiënt kan zeer ernstige gevolgen hebben (verbranding, ventrikelfibrillerend, enz.). Indien medische apparatuur, verbonden is met de patiënt via bijvoorbeeld elektrodecontact, wordt gebruikt in een ruimte die niet in overeenstemming is met de veiligheidseisen volgens de S-classificatie, wordt hiermee voor de patiënt aan deze gevaren blootgesteld.
De Nederlandse norm NEN3134 kent een classificatie voor medisch gebruikte ruimten, afhankelijk van de aard van het contact tussen de patiënt en de elektrische apparatuur is een standaard classificatie opgesteld.

Aard van het galvanisch contact bij het medisch handelen	Medisch gebruikte ruimte klasse
Geen galvanisch contact.	S0
Alleen uitwendig galvanisch contact.	S1
Galvanisch contact tot in de lichaamsvloeistoffen, maar niet tot aan het hart.	S2
Galvanisch contact tot in of aan het hart.	S3

Tabel 5 S-classificatie

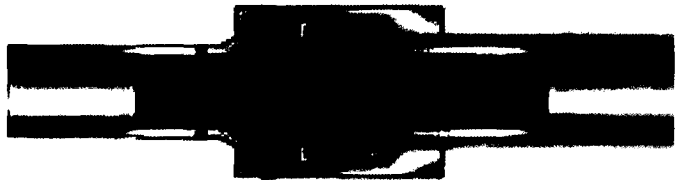
galvanisch contact is contact tussen de persoon en de elektrische apparatuur

Klassen S0: Wandcontactdozen moeten voorzien zijn van beschermingscontacten.

Klassen S1: Er moet per ruimte ten minste een vereffeningspunt zijn aangebracht. De vereffeningspunten moeten zijn aangesloten op de dichtstbijzijnde beschermleiding.

Klassen S2: Het verschil tussen een medische ruimte S1 en S2 is, dat in een medische gebruikte ruimte klasse S2 per opstelplaats voor een bed of per behandelplaats ten minste een vereffeningspunt moet zijn aangebracht en dat een vereffeningssysteem moet zijn aangebracht.

Klassen S3: In deze ruimte dienen alle metalen leidingen voor vloeistoffen en gassen binnen het patiëntgebied moeten zijn voorzien van isolatiekoppelingen op die plaatsen waar deze leidingen de ruimte binnenkomen of verlaten.
Tevens is het verschil tussen een medisch gebruikte ruimte klasse S2 en S3 dat in een medisch gebruikte ruimte S3 naast vereffening bepaalde delen geïsoleerd moeten zijn opgesteld. Verder is de bovengrens voor de aanrakingsspanning lager dan in een medisch gebruikte klasse S2



Figuur 30 Isolatiekoppeling



H-3 Elektromagnetische storing

Dit speelt in het bijzonder een rol in ruimten waarin waar metingen worden verricht aan elektrische verschijnselen in het lichaam. Daarbij valt te denken aan elektromyografie (EMG), diverse soorten evoked potential-registraties (EVP) en het opnemen van elektro-encefalogrammen (EEG). Het is daarom van belang dergelijke ruimten af te screenen voor elektromagnetische storingen van buitenaf. Deze storingen zouden de metingen dusdanig kunnen beïnvloeden dat de uitkomst van een onderzoek niet bruikbaar is.

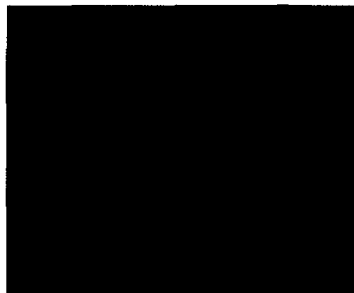
Elektromagnetische storingen bronnen zijn onder te verdelen in;

- Elektrische velden van het voedingsnet
- Elektrische velden in het voedingnet
- Hoogfrequente elektromagnetische velden

Elektrische velden van het voedingsnet:

- Als gevolg hiervan wordt het afgeraden om in ruimte waar de hiervoor omschreven werkzaamheden worden verricht elektrische wand- of vloerverwarming toe te passen.

Om te kunnen waarborgen dat er binnen een operatiekamer waar gewerkt wordt met elektromagnetisch gevoelige apparatuur geen hinder wordt ondervonden van elektromagnetische storingen, wordt deze ruimte vaak voorzien van een kooi van Faraday. Dit is een gesloten metalen kooi waarin geen elektrisch veld van buiten kan binnendringen. De metalen behuizing zorgt er voor dat alle geïnduceerde spanningen onmiddellijk naar de aarde worden afgevoerd. In de praktijk worden veelvuldig de wanden en het plafond uitgevoerd met metaalgaas.



Figuur 31 Isolatiegaas



Bijlage I Ruimtestaat operatieafdeling

Type Vertrek	Ruimte	Code	Binnenklimaat				Ventilatie				Elektrotechnisch			Medische gassen			Perslucht				Vacuümsysteem								
											Lichtsterkte		S- classificatie	Zuurstof [O ₂]	Lachgas [N ₂ O]	Aandrijving	Beademing	Vacuüm	narcosegas										
			T _{r,min}	T _{r,max}	RV _{min}	RV _{max}	n _v	Q _{v,min}	Geëiste luchtstroom	Filter- klassen	Algemeen	Plaatselijk		X	P	X	P	X	P	X	P								
			[°C]	[°C]	[%]	[%]	[h ⁻¹]	[m ³ /h]	[-]	[-]	[lux]	[lux]		[-]	[bar]	[bar]	[bar]	[bar]	[bar]	[bar]	[bar]								
II/I	Steriele opdekruimte	StO	18	24	50	60	8	250	downflow	H13	500	-	S1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
	Operatiekamer																												
I	Algemene operatiekamer	OK	18	24	50	60	20	-	downflow	H13	1000		S3	X	5	X	5	X	5-10	X	5	X	0,2-0,4	X					
I	Orthopedische chirurg	OK	18	24	50	60	20	-	downflow	H13	1000		S3	X	5	X	5	X	5-10	X	5	X	0,2-0,4	X					
I	Cardiochirurgie	OK	18	24	50	60	20	-	downflow	H13	1000		S3	X	5	X	5	X	5-10	X	5	X	0,2-0,4	X					
I	Neurochirurgie	OK	18	24	50	60	20	-	downflow	H13	1000		S3	X	5	X	5	X	5-10	X	5	X	0,2-0,4	X					
II	Voorbereiding/ Inleidingruimte	V/I	18	24	50	60	6	-	-	F9	500	500	S2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
II	Berging steriel	Bst	18	24	50	60	4	-	-	F9	150	-	S0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
II	Verkoeverruimte	V	22	24	50	60	10	300 /bedplaats	-	F9	250	500	S2	X	5	-	-	-	-	X	5	X	0,2-0,4	-	-				
II	Schone gang	Gs	15	24	50	60	4	-	-	F9	150	-	S0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
II	Berging anesthesie	Ba	18	24	50	60	4	-	-	F9	150-250	-	S0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
II	Wasruimte bij o.k.	W	18	24	50	60	6	-	-	F9	150	-	S1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
II	Overige berging	B	18	24	50	70	6	250	-	F9	250	500	S0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
II	Kantoorvertrek/dicteerruimte	K/D	15	24	50	65	4	-	-	-	150	-	S0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
II	Spreekkamer	Sp	20	24	45	70	4	-	-	-	250	400-500	S1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
II	Koffiekamer	Kk	20	24	45	70	4	-	-	-	250	400-500	S1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
II	Schone sluis	Sls	20	24	45	70	6	-	-	-	250	400-500	S1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
II	Ombedsluis/reiniging trolleys	Slo/Rt	18	24	50	65	4	-	-	-	150-250	-	S0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
II	Patiëntsluis	Slp	18	24	50	65	6	-	-	-	150-250	-	S0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
II	Kleedruimte	Klr	18	24	50	65	6	-	-	-	150-250	-	S0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
II	Vuile gang	Gv	18	24	45	70	6	-	-	-	250	-	S0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
II	Vuile sluis	Slv	18	24	50	65	4	-	-	-	150-250	-	S0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
III	Waskast	Wk	18	24	50	65	4	60	-	-	150-250	-	S0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
III	Spoelruimte	Spr	18	24	50	65	4	60	-	-	150	-	S0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
III	Toilet	T	18	24	50	70	6	-	-	-	250	500	S0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
III	Douche	D	18	24	45	70	6	50	-	-	250	-	S0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				

Tabel 6 Ruimtestaat operatieafdeling

T_{r,min} = Minimale ruimtetemperatuurT_{r,max} = Maximale ruimtetemperatuurRV_{min} = Minimale relatieve luchtvochtigheidRV_{max} = Maximale relatieve luchtvochtigheidn_v = Ventilatievoudq_{v,min} = Minimale hoeveelheid ventilatielucht

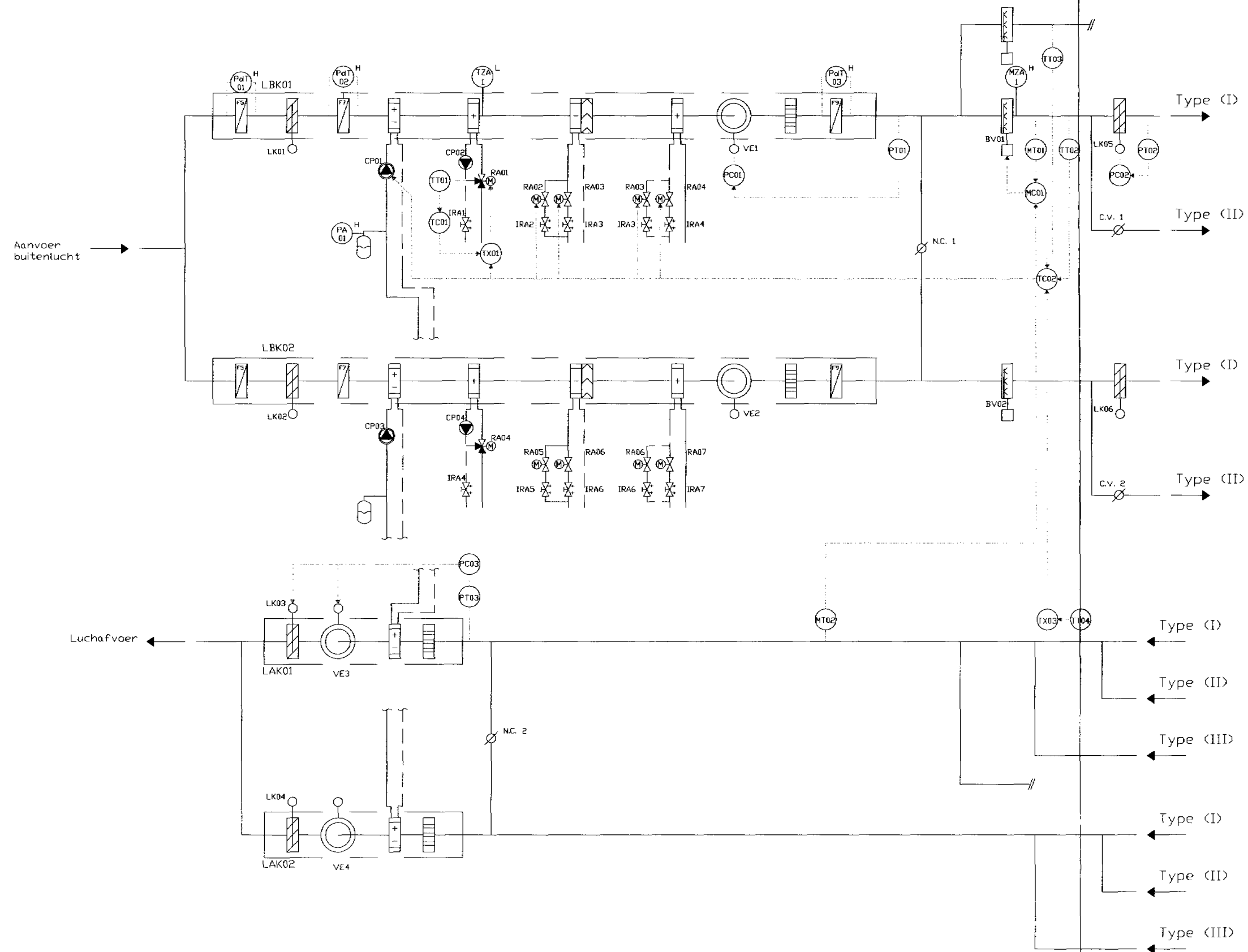
* Toelichting indeling type vertrek zie hoofdstuk 4.6

(Indeling kan per operatieafdeling afwijken)



Bijlage J P&ID schema

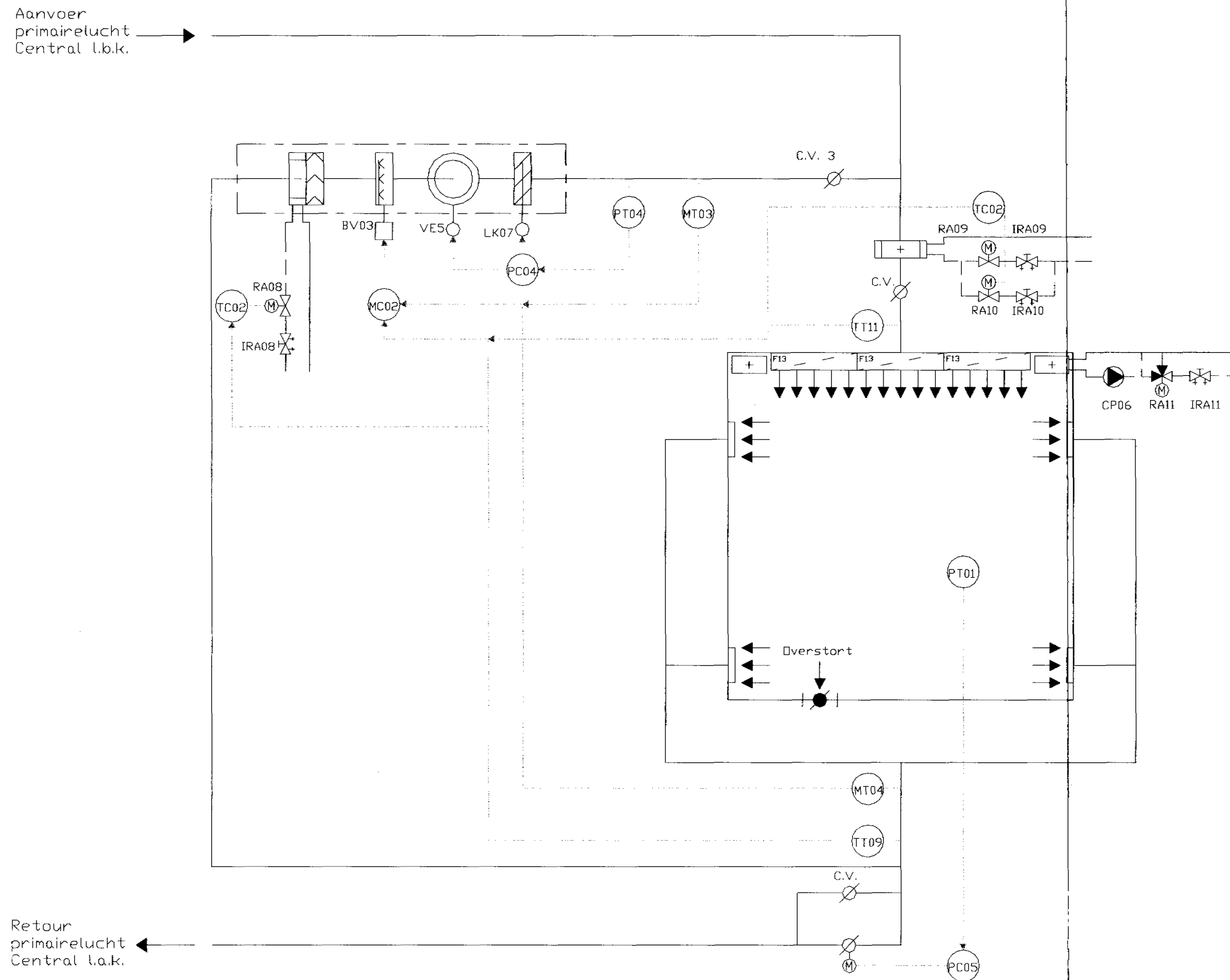
J-1 Centrale luchtbehandelingskast



Figuur 32 P&I Schema centrale luchtbehandelingskast



J-2 Decentrale luchtbehandelingskast



Figuur 33 P&I Schema decentrale luchtbehandelingkast