



# **Analys och jämförelse av olika pulsoximetrar och mätmetoder.**

Oscar Vivar  
Tobias Thörn  
2011-07-07

Examensarbete

Högskoleingenjörsexamen inom Elektroteknik med inriktning Medicinsk Teknik

Blekinge Tekniska Högskola

Blekinge Tekniska Högskola

Sektionen för Ingenjörsvetenskap, Avdelningen för Elektronik

Handledare: Benny Lövström, Blekinge Tekniska Högskola

Handledare: Hanna Svensson, MTA, Blekingesjukhuset

## Sammanfattning

Denna rapport handlar om pulsoximetri, SpO<sub>2</sub>-mätning, en teknik som funnits en längre tid inom sjukvården och som breder ut sig mer och mer inom olika områden vid sjukvården. En pulsoximeter används för att mäta syremättnaden i blodet och används därför som ett vanligt övervakningssystem.

Avdelning 57, lungmottagningen, på Blekingesjukhuset i Karlskrona använder dagligen pulsoximetrar av olika fabrikat, Masimo, Nellcor, OxyTrue, med mätpunkter finger och öra, på sina patienter. Studien i denna rapport syftade till att ta reda på vilket fabrikat och vilken mätpunkt som ger det mest korrekta och tillförlitliga värdet, samt även att ta reda på vilket fabrikat som svarar mot avdelningens behov.

Det utfördes 28 mätningar på olika patienter, två stycken togs bort för att värden saknades. Ursprungligen planerades det för cirka 50 mätningar vilket hade givit ett säkrare och mer tillförlitligt svar med hjälp av beräkningarna i denna studie.

En mätning består av totalt sju mätresultat per patient, sex mätpunkter med icke-invasiva pulsoximetrar och en blodgasanalys. De sex mätpunkterna består av två för varje apparat och de mäts över fingret resp örat. Blodgasanalysen som tas används som referensvärde och jämförs mot de andra mätpunkterna.

Masimo med mätpunkt öra fick efter beräkningar bäst felmarginalsvärden, Masimo med mätpunkt finger sätts som näst bäst efter beräkningar och slutsatser. Masimo gick genom studien som segrare men för avdelningens behov anses Nellcor vara fullt duglig och tillförlitlig.

## **Abstract**

This report deals with pulse oximetry, SpO<sub>2</sub> measurement, a technique that has existed for a long time in healthcare and is spreading more and more in different areas of healthcare. A pulseoximeter is used for measuring oxygen saturation in the blood and is therefore used as a regular monitoring system.

Section 57, the lungclinic at Blekinge Hospital in Karlskrona, use daily pulseoximeters from different manufacturers, Masimo, Nellcor, OxyTrue, with measurement points finger and ear on their patients. The study in this report was to determine which manufacturer and test point that gives the most accurate and reliable value, and also to find out what brand that meet the department's needs.

It were performed 28 measurements on different patients, two were deleted for missing values. From the beginning it was planned for about 50 measurements, which would give a safer and more reliable answer with the help of the calculations in this study.

A measurement consists of a total of seven measurements per patient, six points with non-invasive pulseoximeter and one blood gas analysis. The six points of measurement consists of two for each manufacturer and they are measured over the finger and ear. The blood gas analysis is used as a reference and compared against the other measuring points.

Masimo with the measuring point ear were after some calculations and conclusions the safest and most correct probe, Masimo with the measuring point finger are the second best after calculations and conclusions. Masimo went through the study as the winner but for the department's needs Nellcor should be fully competent and reliable.

## **Tack till...**

Först vill vi, Oscar Vivar och Tobias Thörn, tacka *avdelning 57* för att de ställde upp med att vår studie fick äga rum. Ett speciellt tack till Elisabeth Witte och Ann Almqvist som genomförde alla mätningarna på patienterna och tog sig tid till att fylla i formuläret.

Benny Lövström, *Universitetslektor i signalbehandling*, vill vi tacka för den tid han lagt ned på oss med möten, men speciellt för de tips vi fick hur mätningar ska beräknas och visas på ett bra sätt.

Vår handledare Hanna Svensson, *Medicinteknisk Ingenjör*, ska ha ett stort tack för alla hennes positiva tankar och stöttande kring denna studie. Även tack till *Medicintekniska Avdelningen* som gjort så vi kan bistå med alla apparater i studien.

De tre företagen som deltagit i studien tackar vi så mycket för att de har försökt att svara på våra frågor så djupt som deras företag tillåter. Speciellt tack till Anders Nachtweij (Masimo) och Stefan Mohlin (Nellcor) som anordnade möte med oss personligen och gav oss massvis med information. Det hjälpte oss väldigt mycket i studien.

Sist men viktigast av dem alla tackar vi alla patienter som fick gå igenom vår studie!

<b>Innehållsförteckning</b>	<b>Sid nr</b>
<b>1. Inledning .....</b>	<b>7</b>
<b>2. Teori.....</b>	<b>8</b>
<b>2.1 Cirkulationssystemet och hjärtat.....</b>	<b>8</b>
<b>2.2 Blodet .....</b>	<b>8</b>
<b>3. Om vårdavdelning 57, Lungmottagningen, Blekingesjukhuset.....</b>	<b>11</b>
<b>3.1 Vanliga sjukdomar.....</b>	<b>12</b>
3.1.1 KOL .....	12
3.1.2 Emfysem .....	13
3.1.3 Respiratorisk insufficiens .....	14
3.1.4 Järnbristanemi.....	14
3.1.5 Sarkoidos .....	15
<b>4. Saturation.....</b>	<b>16</b>
<b>4.1 Pulsoximetri princip.....</b>	<b>17</b>
<b>5. Teknik .....</b>	<b>18</b>
<b>5.1 Nellcor .....</b>	<b>18</b>
5.1.1 OxiMax-teknik.....	18
5.1.2 Digitalt minneschip.....	18
5.1.3 Sensorkalibrering.....	19
5.1.4 Sensorns monitormeddelande.....	19
5.1.5 Signalbehandlingsystem.....	20
5.1.6 Cardiac Gated Averaging (CGA).....	20
5.1.7 Pulse Qualification.....	20
5.1.8 Variable Cardiac Gated Averaging.....	21
<b>5.2 Masimo Radical 7.....</b>	<b>22</b>
5.2.1 Konventionella filter.....	22
5.2.2 Adaptiva filter .....	23
5.2.3 Adaptive Noise Canceller, ANC.....	23
5.2.4 Hur en brusreferens (N') genereras .....	24
5.2.5 Discrete Saturation Transform algorithm .....	24
5.2.6 Signal IQ Technology .....	26
5.2.7 Low Signal IQ.....	28
5.2.8 Perfusions Index (PI).....	28
<b>5.3 OxyTrue A .....</b>	<b>28</b>
<b>5.4 Blodgasanalys.....</b>	<b>29</b>
5.4.1 ABL800 FLEX .....	29
5.4.2 Mätprinciper för oximetri.....	30
<b>6. Metod .....</b>	<b>31</b>
<b>7. Mätningar &amp; Resultat.....</b>	<b>34</b>
<b>7.1 Medelvärde av avvikelserna .....</b>	<b>35</b>
<b>7.2 Root mean square (RMS) .....</b>	<b>39</b>

<b>8. Analys</b> .....	<b>41</b>
<b>8.1 Masimo</b> .....	<b>41</b>
8.1.1 Masimo fingerprobe.....	41
8.1.2 Masimo öronprobe .....	41
<b>8.2 Nellcor</b> .....	<b>41</b>
8.2.1 Nellcor fingerprobe.....	41
8.2.2 Nellcor öronprobe .....	41
<b>8.3 OxyTrue A</b> .....	<b>42</b>
8.3.1 OxyTrue A fingerprobe.....	42
8.3.2 OxyTrue A öronprobe .....	42
<b>9. Slutsatser</b> .....	<b>43</b>
<b>10. Referenser</b> .....	<b>44</b>
10.1 Textreferenser.....	44
10.2 Bildreferenser.....	46
<b>11. Bilagor</b> .....	<b>48</b>

## 1. Inledning

Den här studien handlar om puloximetri samt om behovet inom vården att kunna konstatera en fungerande ventilation hos patienter eller upptäcka eventuella komplikationer och oönskade tillstånd.

Puloximetri är en noninvasiv metod för att beräkna den arteriella syremättnaden och pulsen. Beräkningarna utförs genom en teknik som utnyttjar blodets absorptionsförmåga av ljuset. Andning och ventilering är vitala kroppsfunctioner och därför är det viktigt att snabbt och säkert kunna kontrollera om en patient är tillräckligt syresatt.

På vårdavdelning 57, lungmottagningen i Karlskrona, är det viktigt att kontrollera patienternas syremättnad och ventilation för att kunna framställa en diagnos och behandling. Avdelningen använder puloximetri som rutin för att snabbt se patientens syremättnad, SpO<sub>2</sub>. Vårdpersonalen tyckte att värdena från mätningar som gjordes med pulsoximeter skiljer sig mot ett annat resultat från en annan metod för att mäta syremättnad nämligen blodgasanalys.

I den här studien undersöker vi om användningen av pulsoximetri är tillräcklig tillförlitlig. Vi testar tre olika pulsoximetrar, Nellcor NPB-40, OxyTrue A och Masimo Radical 7, mot blodgasanalysen för varje patient för att se mätskillnader mellan de olika pulsoximetrarna. Varje pulsoximeter har två mätpunkter: finger och öra. Resultatet från blodgasen kommer att fungera som referensvärde och totalt sex olika värden per patient kommer att jämföras mot referensen.

För att kunna jämföra de olika pulsoximetrarna måste vi först ha förståelse för vad som är pulsoximetri. Vi ska också beskriva hur de olika pulsoximetrarna fungerar och tekniken bakom dem. Slutligen är förståelse om hur kroppens fysiologi fungerar, vad vi mäter och varför en viktig del innan vi går vidare med tekniken och mätningarna.

Frågorna som vi försöker besvara med den här studien är:

- Att förstå varför mätningar skiljer mellan olika pulsoximetrar
- Att hitta den pulsoximeter som mäter och lämnar den bästa tillförlitliga informationen från en undersökning
- Att se vilken pulsoximeter som krävs för avdelningens behov

## 2. Teori

### 2.1 Cirkulationssystemet och hjärtat

Cirkulationssystemet hos däggdjuren delas in i två olika pumpfunktioner. Hjärtat, *cor*, och en mängd blodkärl med olika diametrar och elasticitet. Några av de viktigaste funktionerna i cirkulationssystemet är att transportera syre från lungorna till vävnaderna, transportera koldioxid den motsatta vägen från vävnaderna till lungorna och skydda mot infektion genom att transportera vita blodkroppar och antikroppar till vävnaderna.

I centrum av cirkulationssystemet finns hjärtat, det är kroppens absolut viktigaste muskel. Hjärtat fungerar som en pump och dess funktion är att pumpa ut blodet till alla blodkärlen, blodkärlen trycker blodet vidare genom att ändra diametern på kärlet så att ett tryck bildas [1, sid 278-280].

Blodet pumpas ut genom hjärtat två gånger, första gången är blodet syrefattigt och pumpas ut från hjärtats högra sida, höger kammare, till lungorna. Vid lungorna korrigeras mättnaden i blodet av syre och koldioxid, innan det återvänder till hjärtats vänstra del, vänster kammare. Från vänster kammare pumpar hjärtat nu ut blodet genom *aortan*, men skillnaden mot första gången hjärtat pumpade ut blodet är att det har blivit syrerikt och pumpas ut mot kroppens celler [2, sid 90] [3, sid 228-230].

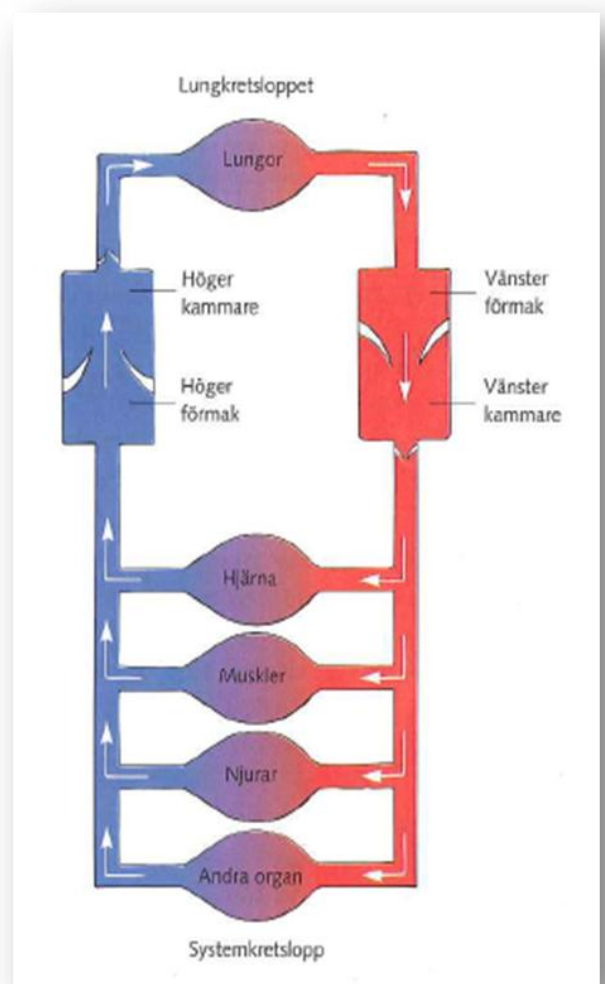
### 2.2 Blodet

Huvuduppgiften hos blodet är att fungera som ett transportsystem. Transporten berör syre, koldioxid, byggstenar som glukos, aminosyror och olika fettämnen, samt avfallsämnen.

Blodet består av tre cellhuvudtyper

- erythrocyter (röda blodkroppar)
- leukocyter (vita blodkroppar)
- trombocyter (blodplättar)

[1, sid 340].



Figur 1. Bilden visar blodflödet i kroppen.

Erythrocyternas uppgift är att transportera syre och koldioxid från lungorna till vävnaden, leukocyterna sköter försvarssystemet i kroppen och trombocyterna har en central roll i *hemostasen*. *Hemostasen* innebär att när ett blodkärl får en skada utsöndrar trombocyter ämnen som tillsammans med kalcium och K-vitamin i blodplasman startar en kedjereaktion där ett protein, *fibrinogen*, i plasman omvandlas till ett slags trådar, fibrin. Fibrintrådarna bildar ett nät där trombocyter och röda blodkroppar fastnar, och till sist täpps hålet igen [1, sid 350-351] [4, sid 20].

En vuxen människa har en volym på ca fem liter blod i kroppen. Av den volymen är blodplasman ca 57 % medan blodkropparna utgör 43 %. När blodet droppar från ett sår ser det ut som en enda vätska, men låter man det droppa ner i ett provrör och inte låter det koagulera, då sjunker erythrocyter till botten. Leukocyter och trombocyter lägger sig precis ovanpå medan plasman befinner sig överst [3, sid 275].

Av blodkropparna utgör erythrocyterna 99 %, det innebär att ca 25 000 miljarder erythrocyter cirkulerar i blodflödet. Erythrocyterna liknar ett bilhjul, tunt mittparti som omges av en tjock ring. Erythrocyternas uppgift är att transportera syre och tack vare dess stora yta i förhållande till sin volym blir avståndet mellan cellens inre och dess yta litet, vilket gör att gasutbytet mellan syre och koldioxid snabbt kan passera genom cellmembranet.

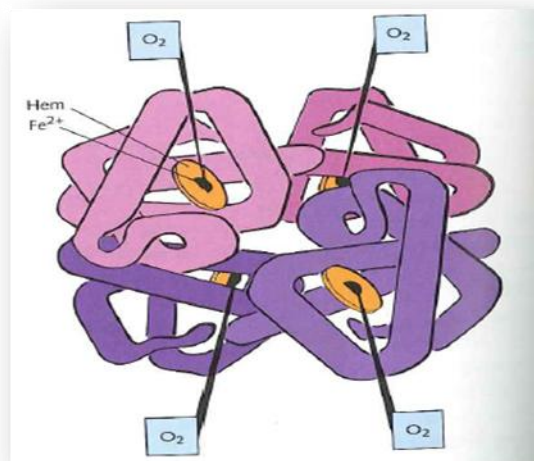
Erythrocyterna innehåller hemoglobin (Hb), det är hemoglobinet som ger blodet den karakteristiska röda färgen. Hemoglobinet utgör ca 95 % av erythrocyternas proteiner, hemoglobinmolekylerna har väldigt lätt för att binda syre ( $O_2$ ). Hemoglobinet varierar från person till person men hos kvinnor ligger det normalt på ca 135 gram/l blod och hos mannen ligger det på 150 gram/l blod [1, sid 342] [3, sid 265].

Hemoglobinmolekylen består av två delar

- *globindelen*, som är uppbyggd av fyra polypeptidkedjor, där två och två av kedjorna är lika.
- *fyra hemgrupper*, där varje hemgrupp har en järnatom i mitten och är bunden till en av peptidkedjorna.

En hemmolekyl binder en syremolekyl, det ger att ett gram hemoglobin kan därför maximalt binda 1.34ml syre. Det ger oss att kvinnan binder 180ml syre/liter blod och mannen 200ml syre/liter blod.

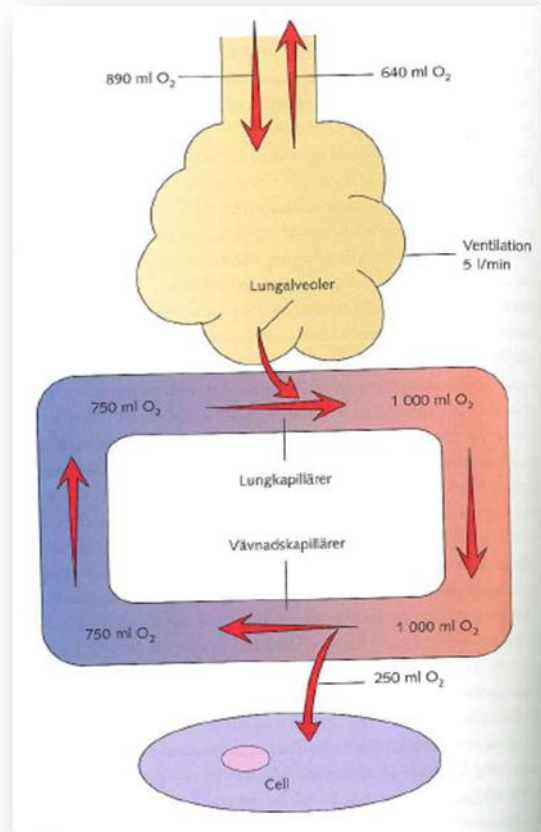
När blodet pumpas ut från hjärtat andra gången är hemoglobinmolekylerna mättade med syre, fyra syremolekyler per hemoglobinmolekyl, syret är då mättat till 100 % och det är detta procentvärdet som visas på de olika pulsoximetrarna. Av olika anledningar kan man få för lite syre i lungorna och gasutbytet blir inte optimalt, hemoglobinet binder t.ex. bara tre syremolekyler vardera och således är blodet då syresatt till 75 %.



Figur 2. Hemoglobinmolekyl med fyra polypeptidkedjor och varsin järnatom i mitten.

BTH

När hemoglobinmolekylen är mättad med fyra syremolekyler får blodet en mer ljusröd färg. När blodet passerar kroppens celler i vila avges ca en fjärdedel av syret, resten trycks tillbaka till hjärtat och samtidigt får blodet en mörkare färg [1, sid 342].



Figur 3. O<sub>2</sub>-transporten från lungor till cell. Efter lungorna är blodet rödfärgat och 100% syresatt, efter utbytet är blodet mer blåaktigt och ca 75% syresatt.

### **3. Om Vårdavdelning 57, Lungmottagningen, Blekingesjukhuset**

Avdelning 57 är fördelad enligt nedan:

- Lungmedicin
- Diabetes- och njurmedicin
- Lungmedicinsk dagsjukvårdsavdelning
- Lungmottagning

#### **Lungmottagningen**

Lungmottagningen är en specialistmottagning för lungsjukdomar. På lungmottagningen arbetar vårdpersonal med lång erfarenhet av utredning och behandling av olika lungsjukdomar som t.ex. kronisk obstruktiv lungsjukdom - KOL, emfysem, sarkoidos, respiratorisk insufficiens och andra lungsjukdomar, där andfåddhet, hosta och andra andningsproblem är vanliga symtom för dessa sjukdomar som ofta tas inte på allvar.

Vid besök på lungmottagningen utförs:

- Spirometrimätning
- Mätningar av syremättnad
- Blodgasmätning
- Information och rådgivning ges,

För den här studien utförde sjuksköterskorna Elisabeth Witte och Ann Almqvist mätningar av syremättnad via pulsoximetri och blodgas enligt avdelningens rutiner och rekommendationer.

### 3.1 Vanliga Sjukdomar

Beskrivning av några vanliga lungsjukdomar vid besök till lungmottagning.

#### 3.1.1 KOL

Kroniskt obstruktiv lungsjukdom (KOL) är en kronisk lungsjukdom som förhindrar flödet i luftvägarna. KOL gör att det kan bli svårt att ta upp syre. Det för med sig att man får svårt att andas, kan känna trötthet och att orken blir nedsatt. KOL är starkt kopplad till rökning, 90 % av rökare drabbas, därför går KOL även under namnet rökarlunga [5].

Enligt Världshälsoorganisationen (WHO) bedöms KOL att år 2020 vara den tredje vanligaste dödsorsaken. I dags läget är ca 600 miljoner drabbade och bara i Sverige dör 2 500 varje år av KOL [5].

Symtomen vid KOL är:

- Andnöd vid ansträngning
- Kronisk hosta, ofta upphostning med slem, så kallad rökhosta
- Pip i bröstet
- Trånghetskänsla i bröstet och/eller besvärande hosta i samband med förkylningar
- Förkylningar som allt oftare blir alltmer långvariga
- Ett vanligt klagomål är "försämrad kondition"

[6].

Det är vanligt att dessa symptom förväxlas med ålderstecken. KOL utvecklas väldigt långsamt, under flera år. Obehagen kommer smygande t.ex. slemhosta och man uppfattar det då inte som en sjukdom. Många rökare vänjer sig vid att ha upphostningar och ser det som normalt. Att lungorna fungerar sämre och att man orkar allt mindre vid ansträngning uppfattas ofta som ett normalt åldrande. Det är vanligt att den som söker vård redan har fått sina lungors funktion halverad.

Att få svår KOL när man inte varit rökare är ovanligt och beror då oftast på att man har en brist på ett skyddande ämne,  $\alpha$ -1-antitrypsin. Det är en ärftlig sjukdom som ökar risken att få lungsjukdomar,  $\alpha$ -1-antitrypsin är ett skyddsprotein i blodplasman som skyddar lungvävnaden mot nedbrytning [7, sid 12-13] [8, sid 23-24].

Svår KOL ger även andra medicinska konsekvenser som undernäring, muskelsvaghet och benskörhet.

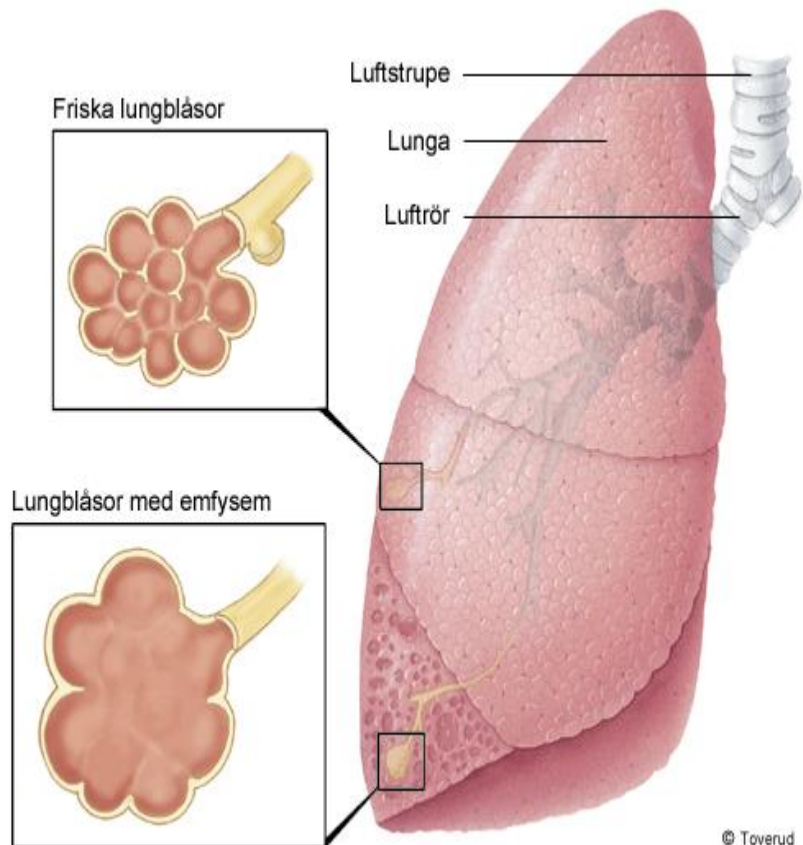
### 3.1.2 Emfysem

Emfysem angriper lungblåsorna, *alveolerna*, det är i lungblåsorna som utbytet sker mellan syre och koldioxid. Lungblåsorna är små blåsor som ligger tätt på lungan, men emfysem förstör väggarna mellan blåsorna, man får då färre och större lungblåsor. Efter en tid har det tagit så stor skada att 30-50 % av blåsorna har bildat större blåsor [8, sid 15-16] [9, sid 241].

Vid större lungblåsor minskar deras elastiska förmåga. När den elastiska förmågan har minskat klarar inte lungblåsorna av att tömma all luft eftersom de inte kan klämma ihop riktigt. Luften i blåsorna kommer nu att ha mer koldioxid och mindre syre än under normala förhållanden. Koldioxiden som inte pressas ut ur lungblåsorna pga tappad elastisk förmåga kommer att ta upp plats för det egentliga syret som andats in och med mindre syre i blåsorna kommer blodet inte kunna bli 100 % syresatt [7, sid 12-13].

När gasutbytet har minskat får man kompensera det med att klämma ihop lungorna lite extra och då går det åt

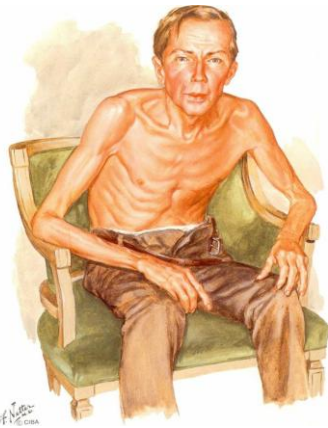
mer energi att tömma blåsorna på luft, samtidigt som kroppen har mer syrefattigt blod i kroppen. Med emfysem kan t o m matintaget bli en prövning. När man äter påverkas andningen negativt, under måltiden höjs *diafragma*. Det är andningsmuskeln som sitter precis under lungorna som antingen höjs och hjälper till med att pressa ut luft eller sänks för att ta in luft i lungorna. Vid matintag blir därför optimal andning svår att uppnå [10]. Emfysem växer progressivt och har inget botemedel i dagens läge förutom en lungtransplantation.



Figur 4. Bilden visar överst friska lungblåsor med hela hålrum och längst ned lungblåsor som har fått sina väggar förstörda och bildat större lungblåsor med sämre elastisk förmåga.

### 3.1.3 Respiratorisk insufficiens

Respiratorisk insufficiens definieras av att i vila inte kunna upprätthålla normala värden på syrehalten och koldioxidhalten i blodet. Man kan få det av alla lungsjukdomar och är det mest troliga vid låga syrgashalter och höga koldioxidhalter [8, sid 15-16]. Respiratorisk insufficiens visar sig tydligt i slutstadiet av KOL och blodgasrubbningar kan framstå. Syrebristen, *hypoxi*, ökar blodets flöde från hjärtat till lungorna för att tillgodose kroppen med det syre den behöver. Detta leder till hjärtsviktssymtom, de flesta med respiratorisk insufficiens får detta och kallas för *Blue Boater*. Personer med utvecklad Emfysem får inte blodgasrubbningar, de ökar istället andningsarbetet och detta leder till kraftig avmagring men endast måttlig *hypoxi* förekommer, detta stadiet kallas för *Pink Puffer* [9, sid 241]



Figur 5. Pink puffer: Mager, med endast måttlig hypoxi.



Figur 6. Blue bloater: Välnärd, hypoxi.

### 3.1.4 Järnbristanemi

Järn behövs i kroppen för att det ska kunna bildas nya röda blodkroppar. Järnbrist leder till färre röda blodkroppar som leder till en försämrade syreupptagning hos blodet [3, sid 267].

Järnbrist är vanligare hos äldre människor för deras kroppar har försämrade förmåga att ta till sig det järn som intas på olika sätt genom kost eller tabletter [12].

### 3.1.5 Sarkoidos

Sarkoidos är en systemsjukdom som kan drabba många organ, den kan bl.a. angripa lungor, ögon, njurar, mjälte, lever, hjärta och i sällsynta fall kan hjärnhinnor drabbas. Läkarna vet inte varför den uppkommer men nio fall av tio drabbar lungorna och därför klassas den som en lungsjukdom. De som drabbas är oftast mellan 20 och 45 år, men även äldre personer kan insjukna [9, sid 260].

Sarkoidos finns i två former, akut Sarkoidos och Sarkoidos. Akut Sarkoidos börjar med plötslig feber, inflammationer i leder och knölros, *erythema nodosum*, som är blåroda hudförändringar. Den vanligare varianten Sarkoidos smyger sig fram och det är inte ovanligt att den upptäcks av en slump när man gör en lungröntgen inför t.ex. en större operation [9, sid 260] [11, sid 6].

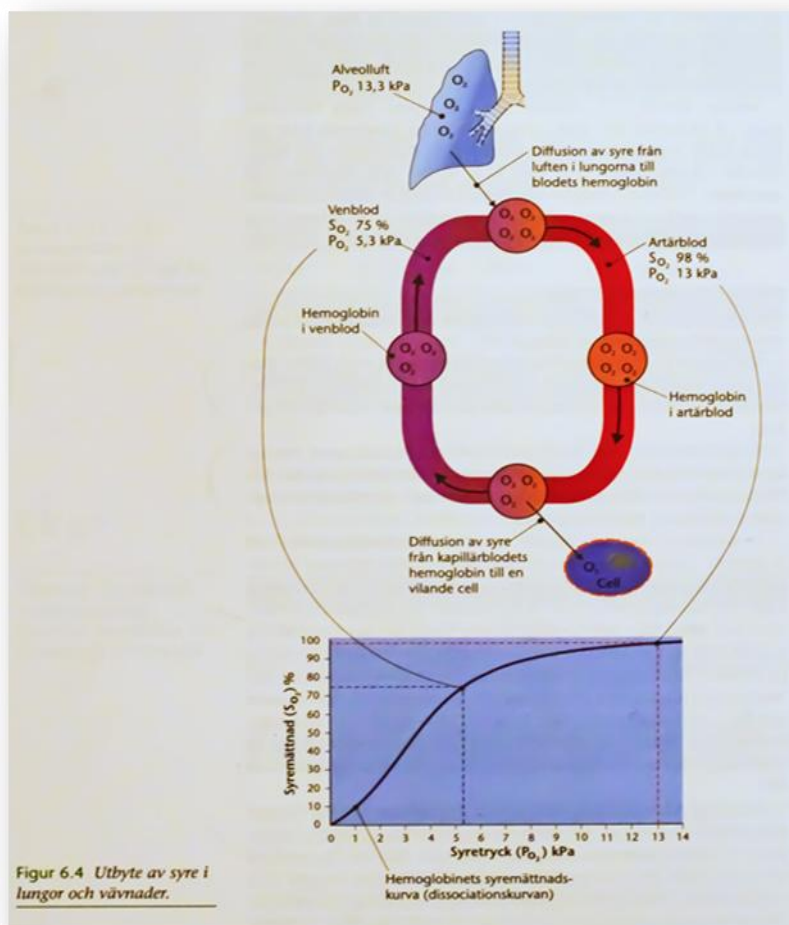
Existerar Sarkoidos på lungorna har det bildats inflammatoriska härdar, granulom, om man tar en närmare titt på en granulom i mikroskop så ser det ut som små korn. Ett granulom är uppbyggda av makrofager, immunförsvarets "ätarceller". Makrofager fungerar så att de bryter antingen ned de främmande mikroorganismerna eller omsluter de helt och hållet. Makrofager omvandlas genom sin aktivitet till bindvävsceller som har förmågan att gå ihop med andra och bilda jätteceller som är det karaktäristiska i granulomen [11, sid 6].

Orsaken till Sarkoidos är okänd och därför blir det svårt att förebygga sjukdomen. Oftast försvinner granulom av sig själv men ca 10 % av fallen försvinner inte utan skadar vävnaden permanent på lungorna [11, sid 6].

## 4. Saturation

Saturation är ett mått på andelen hemoglobinmolekyler i blodet som blivit syresatt. De röda blodkropparna innehåller hemoglobin (HB) som mycket lätt kan binda syre och koldioxid. När hemoglobinet har bundit syre kallas det för oxyhemoglobin. Artärblodet i systemkretsen har en syremättnad på mellan 95 och 100 %. När blodet lämnar ifrån sig syre sjunker syremättnaden till ca 75 % för en stillastående persons venblod. Hemoglobinet syregivande förmåga beror på temperatur, koldioxidkoncentration och pH. [13, s. 167]

Behovet att mäta ventilation och gasutbyte hos en patient är avgörande för att uppskatta kroppens funktion. Mätningen kan bestämmas direkt (invasiv) via blodgasanalys eller indirekt (noninvasiv) genom att mäta hemoglobinet syremättnad via pulsoximetri [14, s.199].



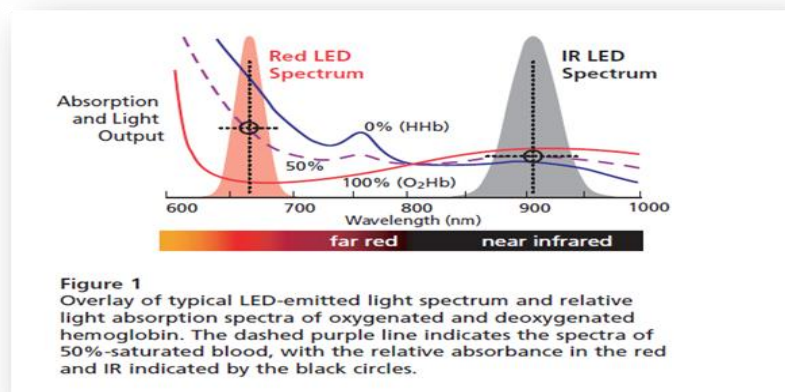
Figur 7. Gasutbyte och hemoglobinet syremättnadskurva.

## 4.1 Pulsoximetrins princip

Pulsoximetri är en noninvasiv metod som mäter patientens arteriella syresaturation ( $SpO_2$  i %) genom att bestämma andelen oxyhemoglobin av den totala mängden hemoglobin via absorptionspektra.

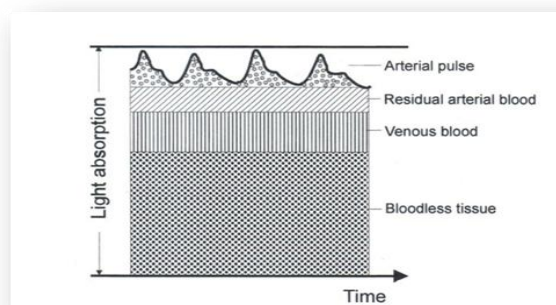
Principen är baserad på att två lysdioder sänder rött,  $I_{rd}$ , och infrarött ljus,  $I_{ir}$ , i olika våglängder genom vävnad, t.ex. ett finger, och utnyttjar absorptionsegenskaper hos syresatt och syrefattigt hemoglobin, som sedan registreras av en fototransistor. Med hjälp av en mikroprocessor kan den procentuella saturationen sedan beräknas [14].

Den ena våglängden väljs i det område där absorptionen skiljer som mest mellan syresatt och icke syresatt blod, mellan 660-750 nm rött ljus, och den andra våglängden väljs så att absorptionen är ungefär densamma mellan syresatt och icke syresatt blod, mellan 850-960 nm infrarött ljus.



Figur 8. Ljusspektrum och relativ absorption.

Absorptionen vid dessa våglängder varierar betydligt mellan oxyhemoglobin, som absorberar mer IR, och det icke syresatta blodet, som absorberar mer rött ljus. Eftersom blodet pulserar består mätsignalen av två delar, en konstant och en varierande. Vid båda våglängderna kommer en del ljus ständigt att absorberas av blodlös vävnad och av venöst blod. Den varierande mätsignalen kommer från hjärtcykeln, där mer ljus absorberas när den arteriella volymen av blodet ökar vid varje puls. Förhållandet mellan de två mätsignalerna utnyttjas för att beräkna  $SpO_2$  -värdet [15].



Figur 9. Tidsberoende ljusabsorption..

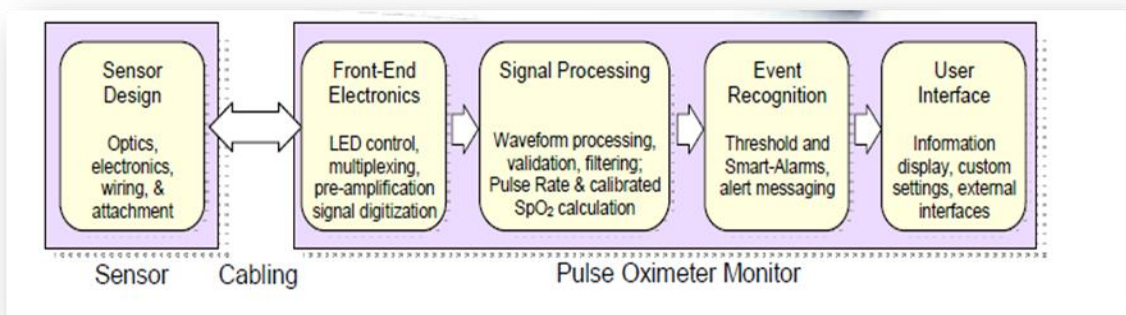
## 5. Teknik

I detta kapitel kommer de olika teknikerna bakom pulsoximeterna: Nellcor NPB 40, Masimo radical 7 och OxyTrue A att beskrivas. Informationen är hämtad direkt från leverantörernas hemsida, tekniska serviceingenjörer och företagets utvecklingsavdelningar.

### 5.1 Nellcor

#### 5.1.1 OxiMax-teknik

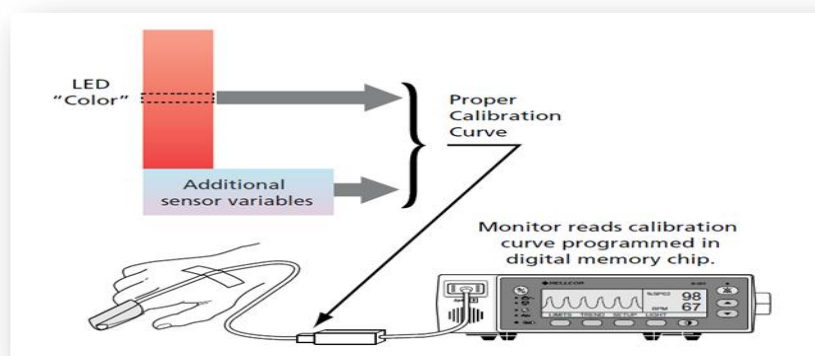
Pulsoximetri omfattar ett system som spänner över sensors interaktion med patientens fysiologi till kommunikation med vårdgivaren. För att få en tillförlitlig och korrekt pulsoximeter krävs att hela systemet, från sensorteknik och kablage till elektronik, fungerar bra tillsammans. Utvecklingen av sensortekniken är en viktig del i Nellcors OxiMax-system [17, sida 1].



Figur 10. Helhetssyn över pulsoximetri system.

#### 5.1.2 Digitalt minneschip

I varje Oximaxsensor sitter ett litet digitalt minneschip. Chipet är programmerat med sensors kalibreringsinformation samt med eventuell övrig information om sensorn, exempelvis modellnamn och modellspecifika felsökningstips. Informationen ger oximetern ökad prestanda och även möjligheten att fungera korrekt med ett stort utbud av olika sensorer [18, sida 4].



Figur 11. Läsning av sensors information.

### 5.1.3 Sensorkalibrering

Traditionell pulsoximetri kräver en kalibreringskurva eller ett begränsat antal kurvor som måste programmeras i monitorn. När sensorn kopplas till monitorn måste den överensstämja med den förprogrammerade informationen för att exakt kunna beräkna arteriell syremättnad ( $SpO_2$ ). OxiMaxtekniken har istället specifik kalibreringsinformation i varje sensor.

Den nya sensortekniken innebär att varje Oximaxsensor är programmerad med de lämpliga kalibreringskoefficienterna, som sedan lagras direkt i det digitala minneschipet [18, sida 4].

### 5.1.4 Sensorns monitormeddelanden

Informationen i minneschipet möjliggör kommunikation mellan pulsoximeter och sensor. Vårdpersonalen får även värdefull information om pulsoximeterns funktion via displayen.

- Med funktionen Sensormeddelanden kan OxiMaxmonitorn visa felsökningstips för optimal placering av sensorn och andra faktorer som påverkar mätningen. (Se bilden nedan, hämtad från Nellcor.)

Conditions	Action Messages
<ul style="list-style-type: none"><li>•Sensor Off</li><li>•Weak Pulse</li><li>•Weak Signal</li><li>•Motion Interference</li><li>•Excess Infrared Light</li><li>•Electrical/Light Interference</li><li>•High Pulse Amplitude</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>•Adhesive/OxiMax Sensor</li><li>•Reposition Sensor</li><li>•Warm Site</li><li>•Alternate Site</li><li>•Nasal/Ear Sensor</li><li>•Clean Sensor Site (R-15)</li><li>•Ear/Forehead Sensor</li><li>•Secure Cable</li><li>•Headband (MAX-FAST)</li><li>•Bandage Assembly</li><li>•Nail Polish</li><li>•Sensor Too Tight</li><li>•Isolate Interference</li><li>•Cover Sensor Site</li></ul>

Table 1  
This table shows all the possible conditions and action messages that can be displayed with the Sensor Messages function. Depending on the particular situation and sensor type being used, the monitor will display up to three conditions and up to five action messages. These messages help the clinician address sensor application problems that may be preventing the monitor from posting  $SpO_2$  readings.

Figur 12.

- Med funktionen Sensorhändelserapport kan information sparas i minneschipet. Tidigare sparad information, som exempelvis larmhistorik, kan sedan tas fram igen för snabb bedömning [18, sida 7].

## 5.1.5 Signalbehandlingssystem

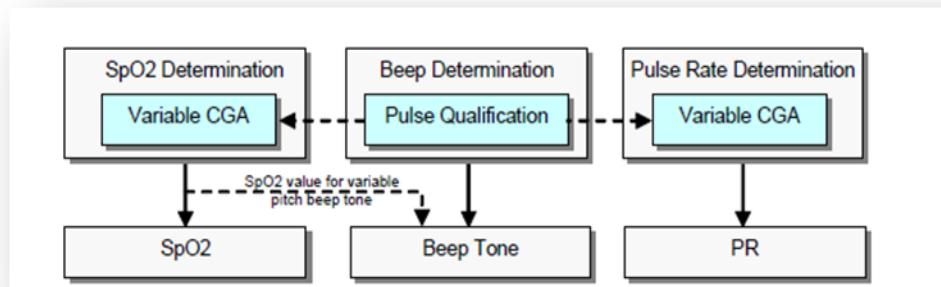
Pulsoximetri är en metod som bestämmer förhållandet mellan syremättnaden hos patientens arteriella blod och överförda röda och infraröda ljussignaler under en hjärtcykel. Den här principen är grunden för Nellcors signalbehandling. Ibland kan svaga signaler och störningar göra förhållandet svårt att bestämma och denna utmaning har Nellcor och andra tillverkare hanterat med olika metoder.

”Nellcors signalbehandlingssystem bygger på en grundsats som inte har ändrats sedan de tidigaste N-100 pulsoximeterna: Patientens faktiska arteriella syremättnad är förknippad med patientens underliggande hjärtsignaler” [17, sida 1].

## 5.1.6 Cardiac Gated Averaging (CGA)

CGA är en metod som Nellcor har utvecklat för behandling av optiska sensorsignaler. Ett genomsnitt av flera vågformer synkroniseras med hjärtats pulssignaler, vilket ger en minskning av effekterna från slumpmässiga störningar eftersom signalstörningar tenderar att krympa när flera synkroniserade vågformer introduceras.

Nellcor OxiMax har tre oberoende algoritmer som körs samtidigt: en för att styra ljudsignalen, en för att framställa pulsen och en för att beräkna SpO<sub>2</sub> -värdet [17, sida 2].



Figur 13. Visar de tre algoritmerna (PR, pulse rate)

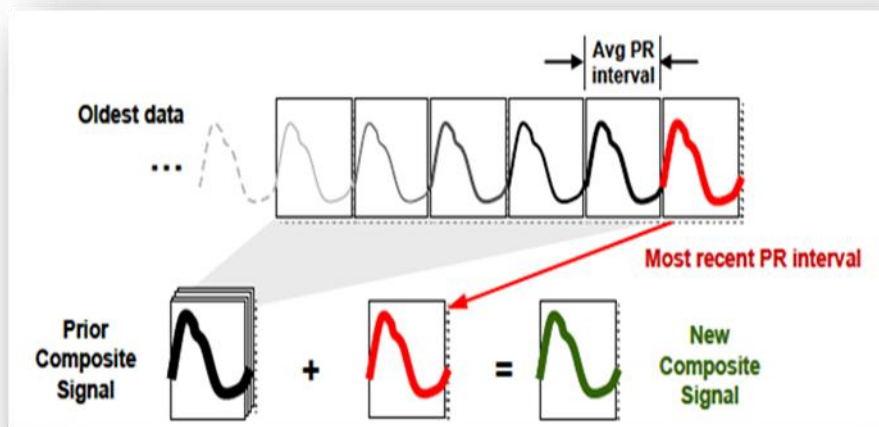
## 5.1.7 Pulse Qualification

Algoritmen som beräknar ljudsignalen använder sig av olika kriterier för att bestämma enskilda pulser baserat på Pulse Qualification. Algoritmen fokuserar på pulssignalens karakteristiska amplitud och andra faktorer som hjärtpulsens asymmetriska form för att identifiera och kvalificera pulser. Detta säkerställer att den hörbara ljudsignalen från pulsoximetern speglar patientens cirkulation samt mättnadsnivå utan fördröjningar genom att ändra ljudsignal för varje förändring i SpO<sub>2</sub> -värdet [17, sida 2].

### 5.1.8 Variable Cardiac Gated Averaging

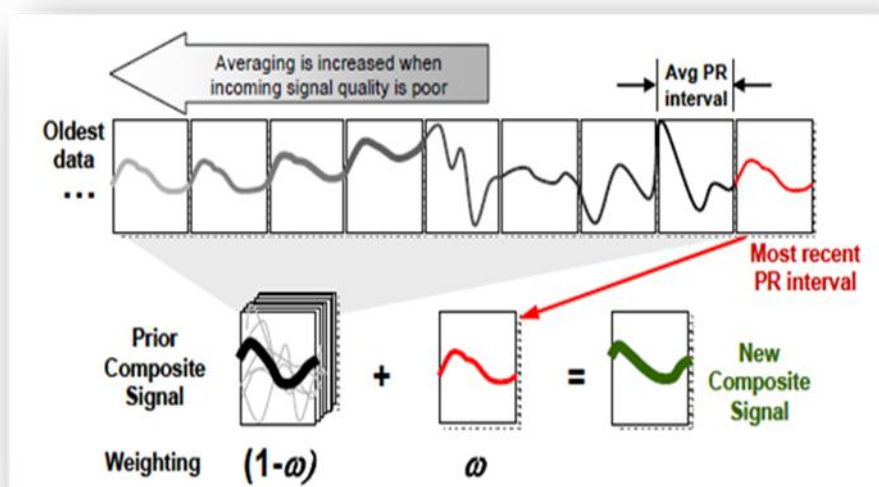
För att bestämma både puls och SpO<sub>2</sub> använder sig Nellcor av CGA. CGA är en metod för att bearbeta röda och infraröda ljussignaler genom att reducera signaler som inte är synkroniserade med hjärtrytmen.

Som figur 14 visar, delas den inkommande signal som motsvarar pulsen upp i segment. Varje segment är numeriskt förknippat med föregående segment för att kunna skapa signaler för senare bearbetning av SpO<sub>2</sub> och pulsen. Den senaste insignalen bidrar mer till den sammansatta signalen.



Figur 14. Metoden för bearbetning av insignaler.

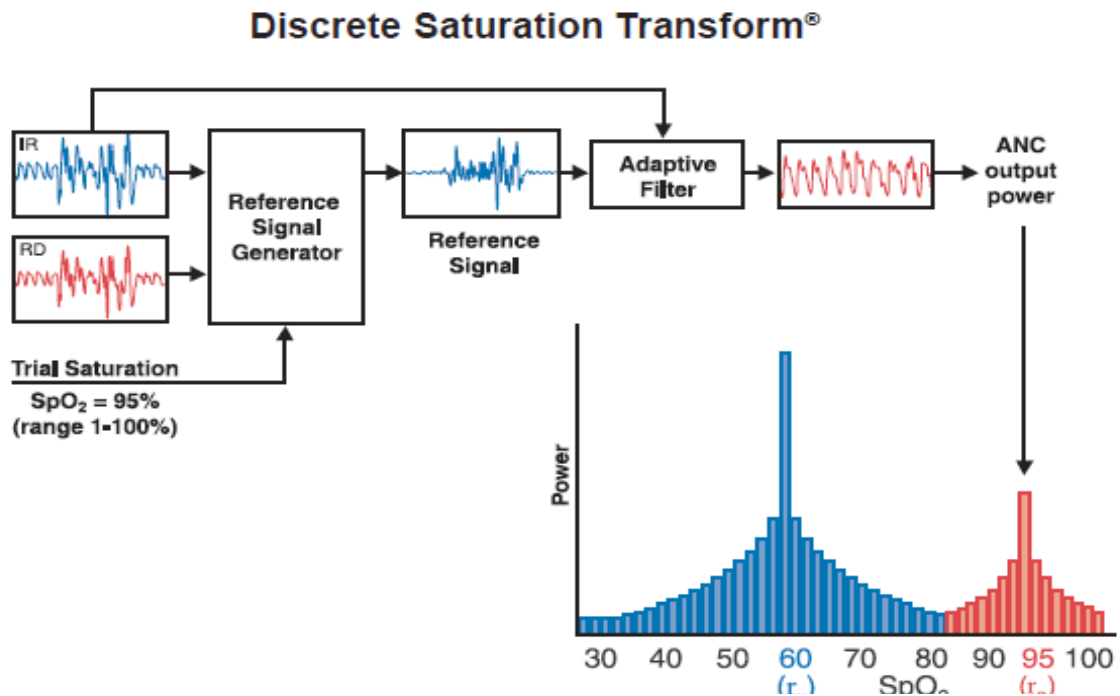
Om insignalen innehåller någon typ av störning ges den tidigare sammansatta signalen mer betydelse vilket ytterligare minskar störningspåverkan. De delar som är synkrona med hjärtfrekvensen passerar CGA utan problem, medan signalerna som är asynkrona med hjärtrytmen försvagas. På detta sätt filtreras störningar bort [17, sida 2].



Figur 15. Filtrering av störningar från insignaler.

## 5.2 Masimo Radical 7

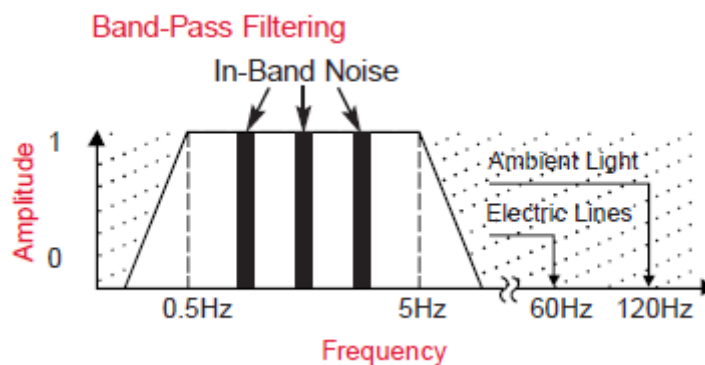
Masimos pulsoximetri är ett helt nytt sätt att mäta, bearbeta och rapportera arteriell syremättnad och puls. Masimo har tillämpat ett adaptivt filter i konstruktionen vilket gör att problem som rörelseartefakter, låg perfusion m.m. undertrycks avsevärt [19, sid 1].



Figur 16. Masimos tekniska uppbyggnad.

### 5.2.1 Konventionella filter

Pulsoximetri är en vanlig standard inom vården i t.ex. operations-salar, uppvaknings-avdelningar, lungmottagningar m.m. Men en stor nackdel mot pulsoximetri är rörelsen i miljön eller patienter med låg perfusion vilket genererar ett högt antal ”falsklarm”. Pga alla dessa ”falsklarm” har tillverkarna utnyttjat tekniken bandpass-filter i analog eller digital form. Det har konstruerats så att enbart intressant information passerar medan annan information förkastas. Med digital signalbehandling, digital filtrering, blir resultatet av bandpassfiltret ännu bättre, men brus inom bandpassets gränser skapar fortfarande problem [19, sid 2].



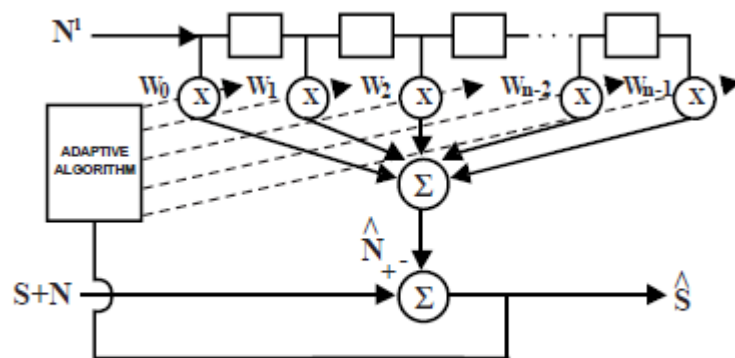
Figur 17. Band-Pass filter som endast låter frekvenser i det intressanta området att passera. T.ex. 120 Hz från omgivande ljus och 60 Hz från en dator/kopieringsmaskin m.m. får ej passera filtret.

## 5.2.2 Adaptiva filter

Bruset inom bandpassets gränser går under namnet "in-band" brus. För att ta bort detta så det inte stör den önskade signalen har adaptiva filter konstruerats. Dessa filter ligger i minnet av mikroprocessornsminne, så att dess multiplikationskoefficienter, beteckna de som  $W_0, W_1, \dots, W_{n-1}$ , ändras i realtid och filtrets egenskaper ändras beroende på dessa.

Den uppmätta fysiologiska signalen består av både önskad signal ( $S$ ) och oönskad signal ( $N$ ). För att kunna eliminera så mycket som möjligt av bruset som stör den önskade signalen måste vi ha vetskap om dess karakteristik eller måste dess brusreferens ( $N'$ ) vara känd. Det adaptiva filtret ändrar sin filtrering så att brusreferensen ( $N'$ ) uppskattas och blir en del av den oönskade signalen.

En brusdämpare eliminerar nu den oönskade signalen och gör en ny uppskattning av den nya signalen ( $S^\wedge$ ). Delen med adaptivt filter och brusdämparen kallas adaptive noise canceller med förkortningen ANC.



Adaptive Noise Canceller (ANC) block diagram

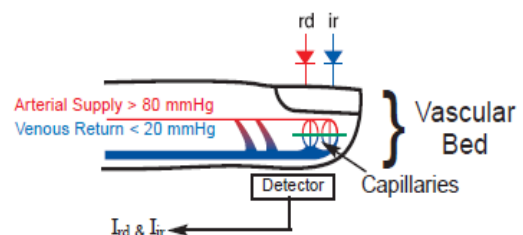
Figur 18.

## 5.2.3 Adaptive Noise Canceller, ANC

Denna metod har använts mycket inom rymdindustrin och telekommunikationsindustrin, där det finns stora mängder av signaler som innehåller både önskad signal ( $S$ ) och oönskad signal ( $N$ ). Man har där implementerat ANC på ett mycket bra sätt. Det har gjort att andra användningsområden har tittat på deras industri. I detta fall är det Masimo och pulsoximetri, men från patient till patient varierar önskad signal och brus i form av frekvens, amplitud och fas, men även inom samma patient varierar det här snabbt vilket är ett problem.

ANC har inte varit tillgängligt i pulsoximetri förrän Masimo kom med Signal Extraction Technology där man har en brusreferens ( $N'$ ) som arbetar i realtid [19, sid 3].

Ta ett finger som exempel. Vid rörelse blandas det venösa blodet lätt med det arteriella blodet i vaskulära bädden. Det är ett vanligt moment som räknas som "in-band"-brus innanför frekvensområdet i bandpass-filtret. Det venösa blodet absorberar mer rött ljus och under rörelse sjunker syremättnadsvärden för blodet hos ett konventionellt system [19, sid 5].



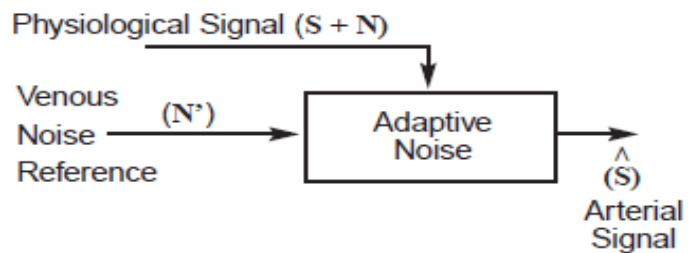
Figur 19. Ute i fingerspetsen blandas det arteriella blodet med det venösa blodet.

För att försöka minska detta problem har Masimo implementerat en ANC. Om det venösa blodet kan mätas och få fram en brusreferens ( $N'$ ) kan det venösa blodet elimineras från den fysiologiska signalen och ge oss en önskad signal.

### 5.2.4 Hur en brusreferens ( $N'$ ) genereras:

Den fysiologiska signalen reagerar på både rött,  $I_{rd}$ , och infrarött ljus,  $I_{ir}$ .

Signalen innehåller önskade delar från både rött,  $S_{rd}$ , och infrarött ljus,  $S_{ir}$ . Men signalen innehåller även oönskade delar från rött,  $N_{rd}$ , och infrarött ljus,  $N_{ir}$ . Dessa signaldelar står i proportion till varandra genom förhållandet i den arteriella optiska densiteten. Med dessa variabler kan man sätta upp en ekvation som lyder, produkten av oönskad signal från infrarött ljus och den arteriella optiska densiteten, subtraherat med oönskad signal från rött ljus, ger oss brusreferensen [19, sid 6].



Figur 20. Fysiologisk signal hittas med både önskad del och oönskad del. En brusreferens till det venösa blodet skapas och eliminerar det.

<p><b>If:</b></p> <p>① <math>I_{rd} = S_{rd} + N_{rd}</math></p> <p>② <math>I_{ir} = S_{ir} + N_{ir}</math></p> <p>③ <math>r_a = \frac{S_{rd}}{S_{ir}}</math></p> <p style="padding-left: 20px;"><math>S_{rd} = r_a \cdot S_{ir}</math></p>	<p><b>Then:</b></p> <p><math>I_{rd} - [I_{ir} \cdot r_a] = [S_{rd} + N_{rd}] - [S_{ir} r_a + N_{ir} r_a]</math></p> <p><b>Substituting <math>S_{ir} r_a</math> for <math>S_{rd}</math>, we get:</b></p> <p style="padding-left: 20px;"><math>= [S_{ir} r_a + N_{rd}] - [S_{ir} r_a + N_{ir} r_a]</math></p> <p style="padding-left: 20px;"><math>= N_{rd} - N_{ir} r_a</math></p> <p style="padding-left: 20px;"><math>= N' \text{ (Noise Reference)}</math></p>
---	--

Figur 21.  $N_{rd}$  (oönskad signal från rött ljus) minus  $N_{ir}$  (oönskad signal från infrarött ljus) multiplicerat med  $r_a$  (optiska densiteten) ger oss  $N'$  (brusreferens).

### 5.2.5 Discrete Saturation Transform algorithm (DST algorithm)

En algoritm gör så att man kan separera den optiska densiteten och beräkna arteriell syremättnad samt uppskatta en venös syremättnad. Dessa densiteter är inte kända i förväg men de krävs för att få rätt brusreferenssignal till ANC. Alla förhållanden mellan de optiska densiteterna, som motsvarar patientens fysiologiska räckvidd,  $SpO_2$  1 % - 100 %, måste undersökas. Därför räcker det inte med en brusreferenssignal, utan DST algoritmen använder sig av ett flertal brusreferenssignaler, som är framtagna på samma sätt som beskrivits tidigare. [19, sid 6].

1. Om en optisk densitet väljs som varken liknar den arteriella syremättnaden eller den venösa syremättnaden, då består referenssignalen av en del önskad signal och en del oönskad signal. I ANC processen kommer då hela signalen tas bort.

I bilden nedan väljs en optisk densitet som motsvarar en syremättnad på 36 %, beräknad referenssignal, lila, är lik den fysiologiska signalen, röd, som elimineras efter ANC processen.

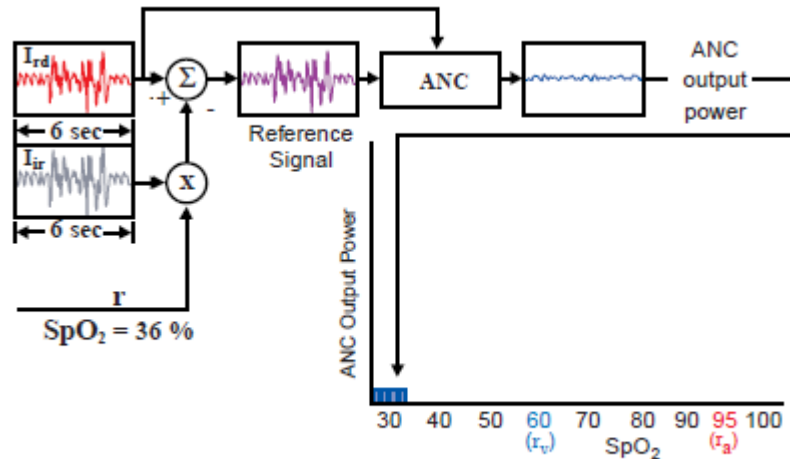


Figure A: "During Motion" DST plot at  $SpO_2$  of 36%

Figur 22. En optisk densitet som motsvarar 36 % är vald och den fysiologiska signalen kommer tas bort.

2. Om en optisk densitet väljs som liknar den venösa syremättnaden kommer referenssignalen likna den önskade signalen och i ANC processen kommer den tas bort och visar en oönskad signal, N.

I bilden nedan väljs en optisk densitet som motsvarar en syremättnad på 60 %, beräknad referens signal, röd, är ganska annorlunda mot fysiologiska signalen, röd, och visar den venösa syremättnaden efter att ha eliminerat den arteriella signalen.

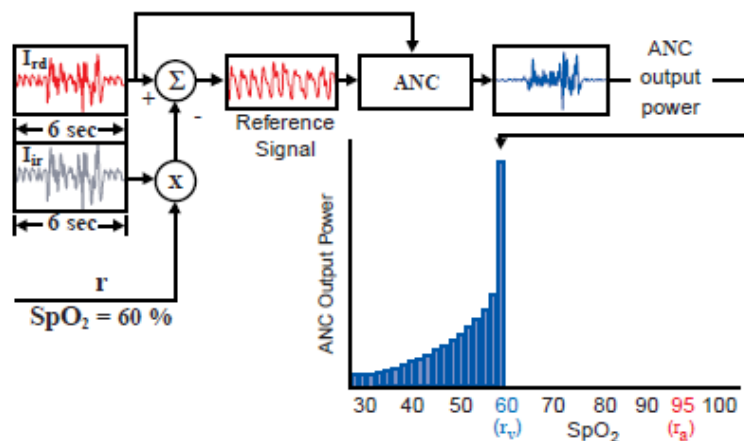


Figure B: "During Motion" DST plot at  $SpO_2$  of 60%

Figur 23. En optisk densitet som motsvarar 60 % är vald och den önskade delen av signalen kommer tas bort.

3. Om en optisk densitet väljs som liknar den arteriella syremättnaden kommer referenssignalen likna den önskade signalen och i ANC processen kommer den tas bort och visar den önskade signalen, S.

I bilden nedan väljs en optisk densitet som motsvarar en syremättnad på 95 %, beräknad referens signal, blå, är helt annorlunda mot den fysiologiska signalen, röd, och visar den arteriella syremättnaden efter att ha eliminerat den venösa signalen.

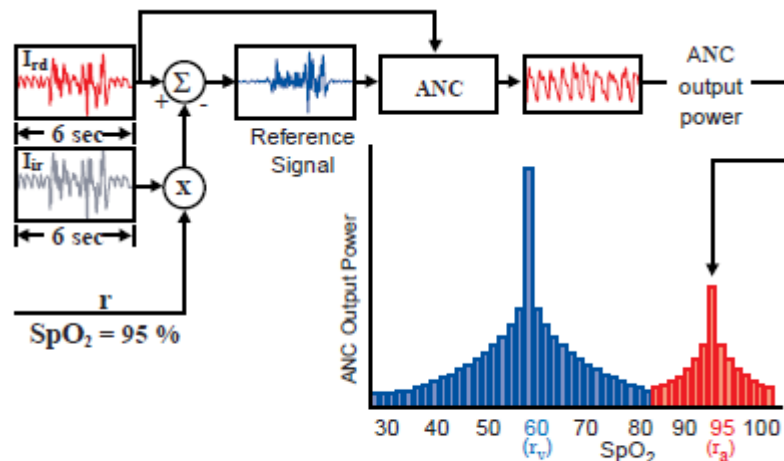


Figure C: "During Motion" DST plot at SpO<sub>2</sub> of 95%

Figur 24. En optisk densitet som motsvarar 95 % är vald och den oönskade delen av signalen kommer tas bort.

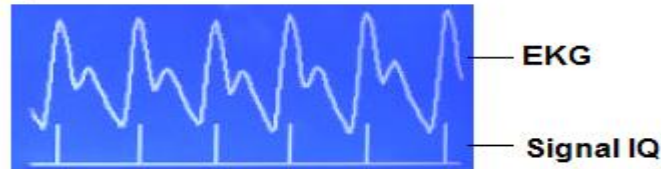
## 5.2.6 Signal IQ Technology

Masimo kan göra godtagbara mätningar under rörelse men patientens EKG som visas kommer att gå från homogent till oregelbundet. Kan man ställa en diagnos med oregelbundet EKG?

Signal IQ löser problemet, det är en identifiering och kvalitetsindikator på de mätningarna som visas. Masimo använder sin Signal Extraction-teknik som beskrivits innan för att eliminera brus och rörelseartefakter för att mäta arteriella syremättnaden och pulsen. På andra mätinstrument ifrågasätts resultaten av mätningarna när EKG-kurvan är oregelbunden. Men Signal IQ hos Masimo utvecklades för att varna när man ska ifrågasätta mätningarna. Signal IQ visas direkt under EKG kurvan på mätinstrumentet. Mätningar kommer hela tiden rapporteras in på arteriell syremättnad och pulsavläsning trots rörelseartefakter eller låg perfusion uppstår. Andra mätinstrument fryser sina mätningar, läser felaktigt eller läser inte alls och larm uppstår. Även för Masimo kan det bli svårare att hitta arteriell puls signal och då kommer höjden på Signal IQ "spike" att minska. Det illustreras i bilder nedan [20, sid 1].

Figur 27 visar homogen EKG-kurva med Signal IQ "spike" nedanför, varje "spike" indikeras av en arteriell puls och dess höjd varierar på hur pass tillförlitlig informationen är som visas. Vilket är värdefullt när EKG-kurvan är oregelbunden.

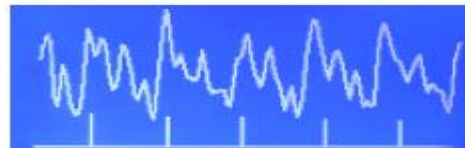
Figure 1



Figur 25. Homogent EKG med höga "spikes", vilket ger en tillförlitlig information.

Figur 28 har en oregelbunden EKG-kurva pga. rörelser/låg perfusion/ljus m.m. Man kan inte tyda mycket men Signal IQ "spike" är fortfarande höga. Man kan tyda att pulsen är regelbunden och stabil tack vare att "spike" ger en hög signal.

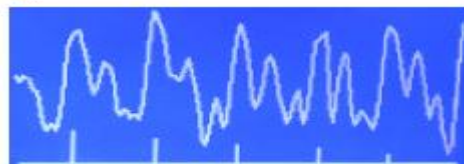
Figure 2



Figur 26. Oregelbundet EKG med höga "spikes".

Figur 29 har ännu mer artefakter vilket gör EKG-kurvan helt otydbar, men Signal IQ "spike" säger att informationen är tillförlitlig.

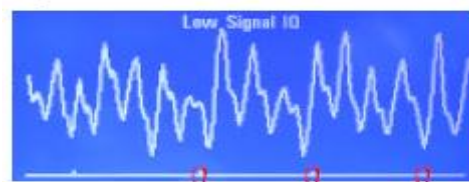
Figure 3



Figur 27. Väldigt stora artefakter på EKG kurvan men "spikes" existerar och informationen är tillförlitlig.

Figur 30 visar stadiet när artefakterna är överdrivet stora och "spike" får en röd cirkel om sig, "Low Signal IQ" uppstår. Här behöver man överväga att vidta åtgärder.

Figure 4



Figur 28. Stora artefakter och obefintliga "spikes" ger att informationen inte är tillförlitlig.

### 5.2.7 Low Signal IQ

Man kan använda Low Signal IQ som en ledtråd och felsöka på instrumentet och patienten om t.ex.

- Rätt placering av sensor
- Rätt typ av sensor
- Störning av blodflödet
- Överdriven rörelse
- Överdrivna störningar från omgivningen

[20, sid 2]

### 5.2.8 Perfusion Index (PI)

Perfusion Index (PI) är ännu ett verktyg Masimo har tagit fram som visas på displayen, det visar pulsstyrkan på den platsen du mäter. PI kan variera från låg signal 0,02 % - hög signal 20 %. PI-talet varierar kraftigt från mätplatser på patient och från patient till patient precis som den fysiologiska signalen.

När sensorn ska placeras på patienten använder man PI för att snabbt se vilken mätpunkt på kroppen som har högst PI värde och som lämpar sig bäst för mätning. Har man ett högre PI-värde har man mer tillförlitlig information.

PI-talet fås genom den styrka av infrarött ljus som återvänder från mätpunkten. Masimos Signal Extraction-teknik påverkas främst av mängden blod vid mätpunkten och inte av syrenivåerna i blodet. Det beräknas av infraröttljus som träffat pulserande blod och icke-pulserande blod, kvoten mellan de mängderna är PI talet på den mätningspunkten [21, sid 1].

## 5.3 OxyTrue A

Teknisk beskrivning för OxyTrue A saknas på grund av vi har inte fått det från leverantören eller tillverkarna och vi kan bara hänvisa till informationen som finns på bruksanvisningar eller på tillverkarnas hemsida.

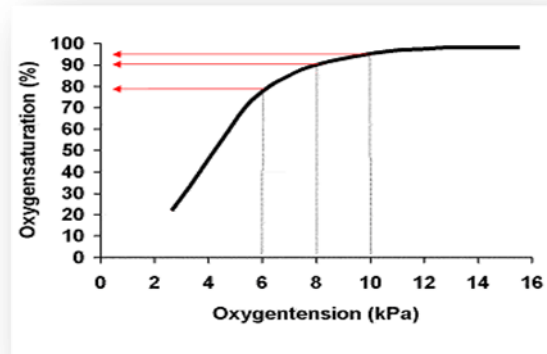
OxyTrues leverantör i Sverige kontaktades ett par gånger och ingen information kunde plockas fram på ca 12 veckor.

Bluepoint är stationerade i Tyskland och är tillverkare av OxyTrue. Efter en mailkonversation med en ingenjör på företaget skickades tre sidor på tyska om hur en pulsoximeter fungerar. Rapporten kräver djupare information om uppbyggnad, filtrering m.m. Efter någon vecka skickades samma dokument igen fast på engelska.

Författarna beslutade att gå vidare och OxyTrues information förblir okänd i denna rapport.

## 5.4 Blodgasanalys

Blodgasanalys är en invasiv metod som används i övervakningssammanhang. Undersökningen går ut på att mäta partialtrycket av syre ( $pO_2$ ) och koldioxid ( $pCO_2$ ) samt andra parametrar som pH-värde från patientens arteriella blodprov. Dessa värden är viktiga parametrar för att kontrollera om patienten är tillräckligt ventilerad. Blodprovet tas och skickas till laboratoriet för analys. Värdena är noggranna och kommer att användas som referens i den här studien [14].



Figur 29. Hemoglobinets syremättnadskurva.

### 5.4.1 ABL800 FLEX

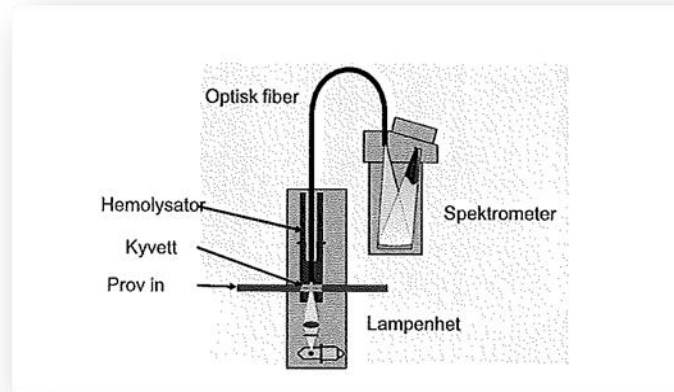
Laboratoriet använder sig av ABL800 FLEX, ett mätsystem för bestämning av blodgas, oximetri, elektrolyt och metabolit. Apparats mätresultat kommer att användas som referensvärde för jämförelse mot de olika pulsoximetrarna. Bilden nedan visar blodparametrar som mäts med hjälp av det optiska systemet.

<b>ctHb</b>	= koncentration av totalt hemoglobin
<b>sO<sub>2</sub></b>	= oxygen saturation %
<b>FO<sub>2</sub>Hb</b>	= fraktion av oxyhemoglobin
<b>FCOHb</b>	= fraktion av carboxyhemoglobin
<b>FHHb</b>	= fraktion av deoxyhemoglobin
<b>FMetHb</b>	= fraktion av methemoglobin
<b>FHbF</b>	= fraktion av fetalt hemoglobin
<b>ctBil</b>	= koncentration av total bilirubin

Figur 30. Parametrar för oximetri

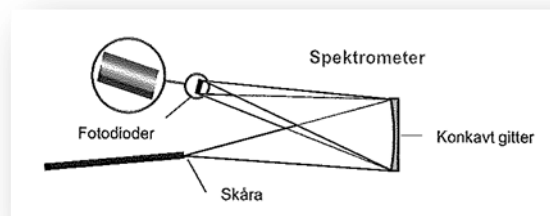
## 5.4.2 Mätprinciper för oximetri

Syremättnaden bestäms med hjälp av ett optiskt system som innehåller en lampenhet, en hemolysator, en kyvett, en optisk fiber samt en spektrometer. Metoden utnyttjar hemoglobinet förmåga att absorbera ljus. Hemoglobinparametrar har olika koncentration och absorptionspektra vid olika våglängder.



Figur 31. Optisk system

Hemoglobinet separeras från de röda blodcellerna genom hemolysering. Ljuset, som har en konstant intensitet, skickas genom en kyvett som innehåller det hemolyserade provet. Via en optisk fiber passerar det utskickade ljuset till en gitter. Därefter mäter spektrometern ljusintensiteten, som är baserad på 128 våglängder samt har ett mätområde på mellan 478 och 672 nm. Apparaten analyserar spektrumet och beräknar de olika oximetriparametrarna.



Figur 32 Spektrometer

Ämnena i hemoglobinet har en varierande koncentration och kan bestämmas i förhållande till det totala absorptionspektrumet. Sambandet mellan absorption och koncentration beskrivs med hjälp av Lambert-Beers lag  $A = \epsilon \cdot c \cdot l$ . Där absorbansen är direkt proportionell med koncentrationen av ett ämne och våglängdens längd i provet.

$A$  = absorbans av substans  
 $\epsilon$  = molarabsorbtions - koefficient  
 $c$  = koncentration av substans i provet  
 $l$  = längd på kyvetten

## 6. Metod

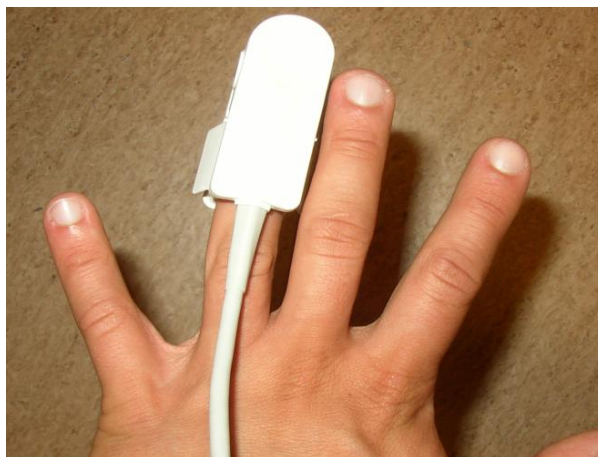
Metoden som användes för att ta reda på om pulsoximetrarna visade fel värde på mätpunkterna i jämförelse med referensvärdet, blodgasen, gick ut på att vårdavdelning 57, lungmottagningen, fick ett formulär, bilaga 1, som för varje patient skulle fyllas i med mätvärden, ålder, diagnos, kommentar om undersökningen och datum.

Alla undersökningar gjordes med Masimo, Nellcor och OxyTrue på vårdavdelningen 57 på Blekingesjukhuset i Karlskrona. De tre apparaterna funktionskontrollerades både innan och efter undersökningsperioden enligt protokoll från Medicintekniska avdelningen, bilaga 2-7.

Under undersökningarna genomfördes en blodgasanalys som sedan användes som referensvärde i förhållande till pulsoximetrarnas mätvärden. En blodgasanalys genomförs normalt sett endast när man vill kontrollera pulsoximetrarnas mätvärde. I detta fall genomfördes analysen på alla patienter.

Undersökningen börjar med att patienten får sitta ned och ta det lugnt några minuter. Tiden är olika från person till person. När patienten är avslappnad fäster man en fingerprobe och en öronprobe på patienten. Normalt sett används endast en probe. När man fått värden från de två första proberna fäster man två nya och därefter de två sista. Eventuella störningar under mätningarna kan bero på kalla fingrar/öron, smutsiga naglar, hål i öron, rörelseartefakter, ljus eller låg perfusion. Vissa faktorer är lättare att upptäcka än andra.

Fingerproben placeras bäst på den icke-förande handens ringfinger eller på något av övriga fingrar, med undantag av tummen. Fingret måste föras hela vägen in i proben, eftersom fototransistorn och de två lysdioderna sitter längst in.

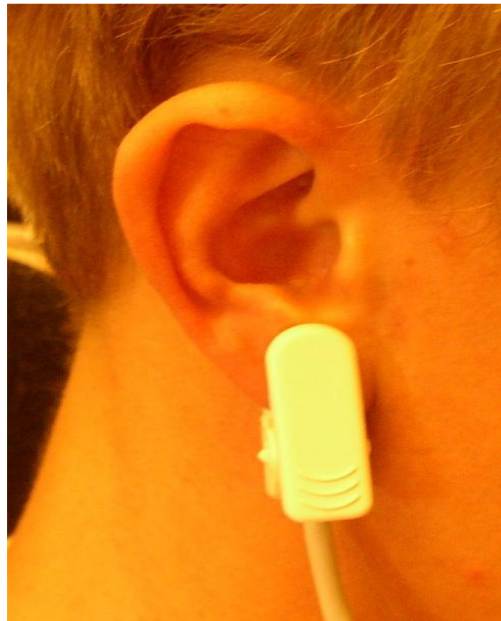


Figur 33: Fingerprobe på vänster hand.



Figur 34: Fingerprobe från sidan där fingret är långt in i proben.

Öronproben placeras på öronsribben. Om eventuella hål ger störningar flyttas den uppåt något.



Figur 35: Korrekt fäst öronprobe på öronsribben.

Sex värden har samlats in från de olika mätpunkterna och ett blodgasprov tas på patienten som skickas till avdelningen Laboratorium medicin där ett korrekt värde på syre och koldioxidnivåerna fås. Det värdet används som referensvärde i formuläret mot de olika mätpunkterna.

På grund av människans olikheter kan två undersökningar inte jämföras. Istället beräknas medelvärdet av felen, medelkvadratfelet och root mean square (RMS) fram med alla undersökningarna som gjordes.

Medelvärdet av felen beräknas fram genom att ta en punkt av de sex olika och använd följande beräkning:

BTH

$$Fel = \text{mätvärde} - \text{referensvärde}$$

Om vi t.ex. skulle få ett mätvärde på 95 % och referensvärde på 96 % skulle ett resultat bli -1 % och om värdena är tvärtom skulle resultatet bli 1 %. Genom att ha referensvärdet som negativt kommer vi få fram negativa och positiva värden från beräkningar på alla mätresultaten. Alla fel för en mätpunkt kommer sedan att summeras och divideras med antal mätningar som är gjorda.

$$\text{Medelfel} = \text{summa}(\text{fel}) / \text{antal mätningar}$$

Medelkvadratfelet används för att positiva och negativa fel emellertid inte ska väga ut varandra, då kvadrerar man felet så att man kan få ett mått på hur stort det totala felet i genomsnitt är. Det beräknas med följande formel:

$$\text{Medelkvadratfel} = \text{summa}(\text{fel}^2) / \text{antal mätningar}$$

Tillslut tillämpar vi RMS, roten ur tas på medelkvadratfelet för att få fram variansen från medelvärdet av felet.

$$RMS = \sqrt{\text{Medelkvadratfel}}$$

## 7. Mätningar & Resultat

Det gjordes 28 stycken mätningar på olika patienter. Två stycken mätresultat har strukits i beräkningarna pga. ingen signal hittades.

Blodgasen kommer användas som referensvärde mot de sex olika mätpunkterna.

	Ålder	Diagnos	Blodgas	Masimo		Nellcor		OxyTrue	
				Finger	Öron	Finger	Öron	Finger	Öron
P1	86	Resp insuff	<b>96,9</b>	97	92	95	87	92	99
P2	85	KOL	<b>97,4</b>	96	99	94	96	96	99
P3	84	Resp insuff	<b>97,2</b>	99	97	95	95	95	99
P4	84	KOL	<b>98,3</b>	92	93	92	89	92	95
P5	84	Pulmonell hypertension	<b>100,0</b>	98	97	97	93	98	99
P6	78	Resp insuff	<b>97,0</b>	93	94	92	94	92	97
P7	78	KOL	<b>98,6</b>	93	95	92	91	91	95
P8	77	KOL	<b>98,8</b>	93	96	96	94	93	95
P9	77	KOL	<b>97,0</b>	90	96	92	93	90	97
P10	74	KOL	<b>93,2</b>	85	92	86	91	86	95
P11	73	KOL	<b>96,8</b>	X	X	94	95	89	95
P12	73	Lungfibros	<b>99,9</b>	98	100	97	99	98	99
P13	73	KOL	<b>93,1</b>	92	96	93	93	91	99
P14	73	KOL	<b>97,4</b>	92	97	91	94	92	99
P15	71	KOL	<b>93,8</b>	92	94	90	90	90	97
P16	71	KOL	<b>95,8</b>	100	91	91	92	90	97
P17	70	KOL	<b>96,7</b>	95	95	93	94	92	99
P18	69	KOL	<b>92,7</b>	91	91	92	93	87	97
P19	66	KOL	<b>96,4</b>	94	96	93	94	92	99
P20	65	KOL	<b>95,3</b>	94	94	92	92	93	99
P21	65	KOL	<b>99,2</b>	96	98	96	95	95	99
P22	64	Saknas	<b>98,6</b>	96	96	97	96	97	99
P23	63	KOL	<b>95,4</b>	93	95	93	93	93	99
P24	63	KOL	<b>98,3</b>	94	95	94	81	93	99
P25	62	Emfysem	<b>99,2</b>	99	99	98	96	98	99
P26	61	Lungsakiodos	<b>98,6</b>	92	94	96	X	95	X
P27	59	Saknas	<b>97,8</b>	95	98	95	95	94	98
P28	49	Dyspré	<b>99,0</b>	100	99	99	99	100	99

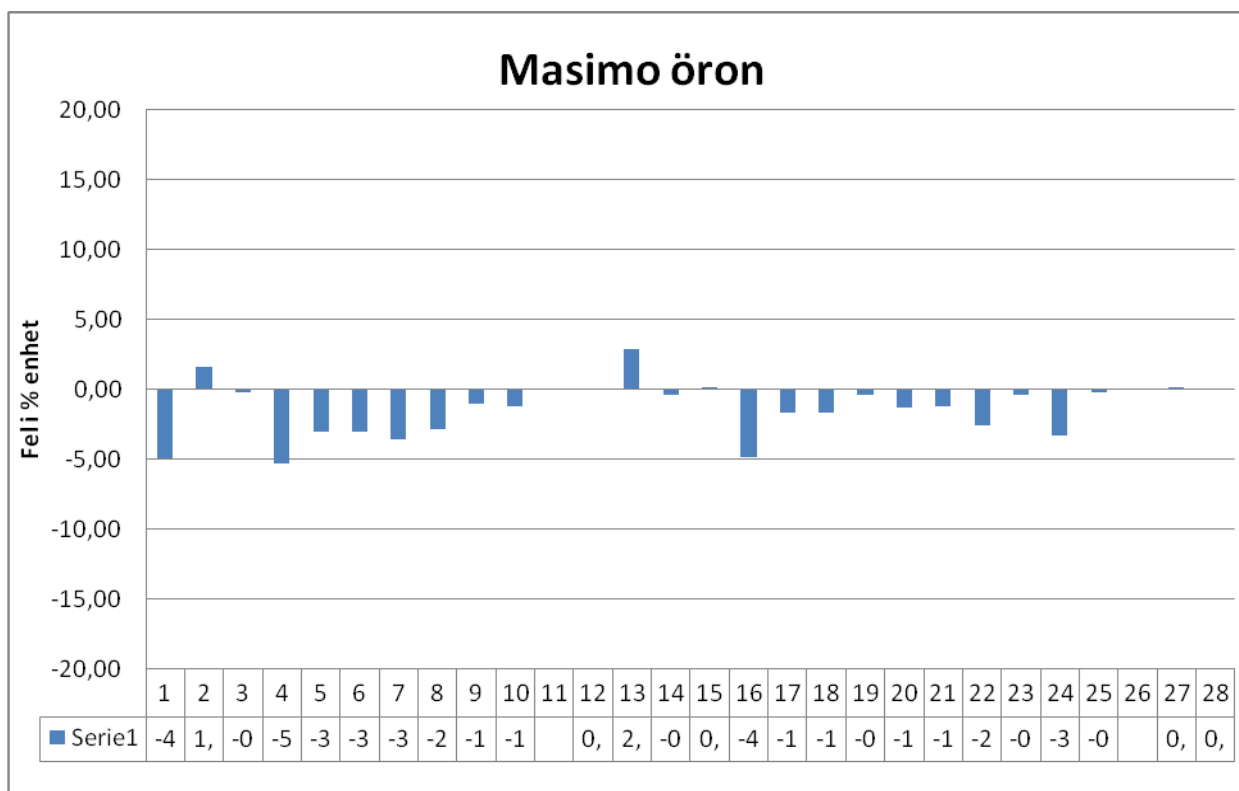
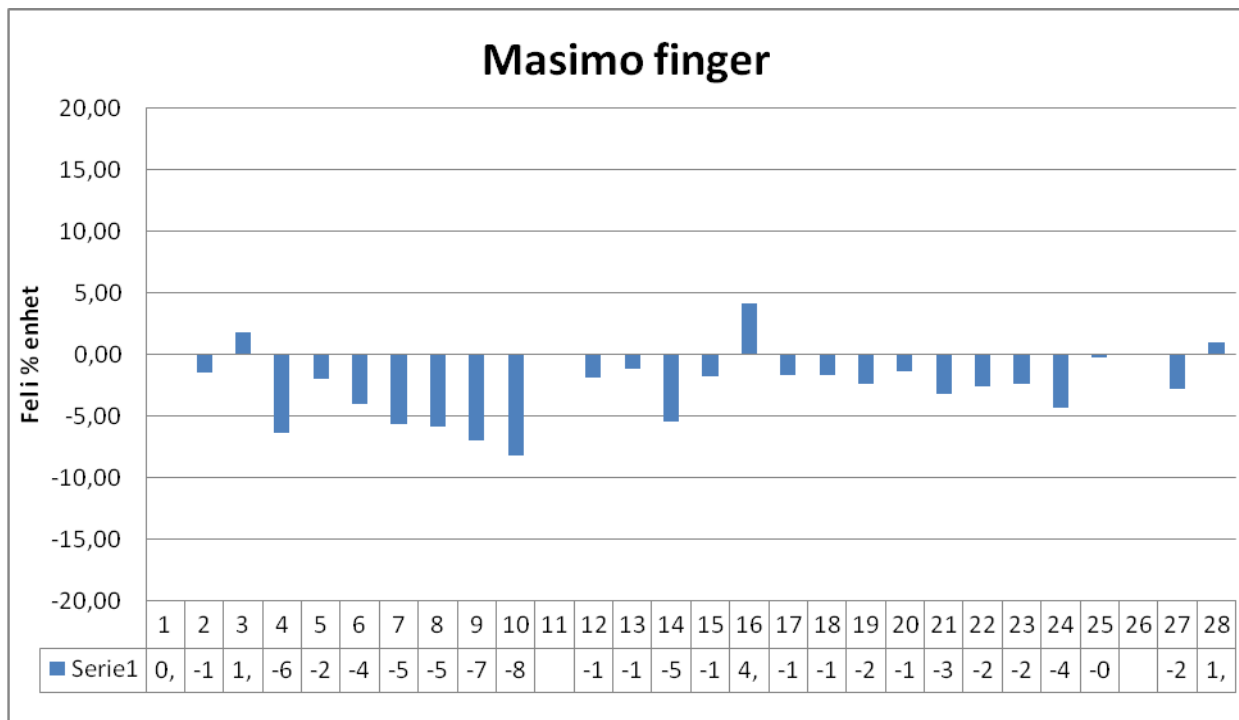
## 7.1 Medelvärde av avvikelserna

Medelvärdet av avvikelserna beräknas fram med alla felen nedan. X (mät punkt) – Referensvärdet ger oss ett fel med antingen negativt eller positivt utfall. Felen summeras och ett medelvärde tas fram, och genom det kan vi konstatera hur mycket de olika modellerna av pulsoximetrar i genomsnitt avviker från vårt referensvärde.

$$M(x) = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}$$

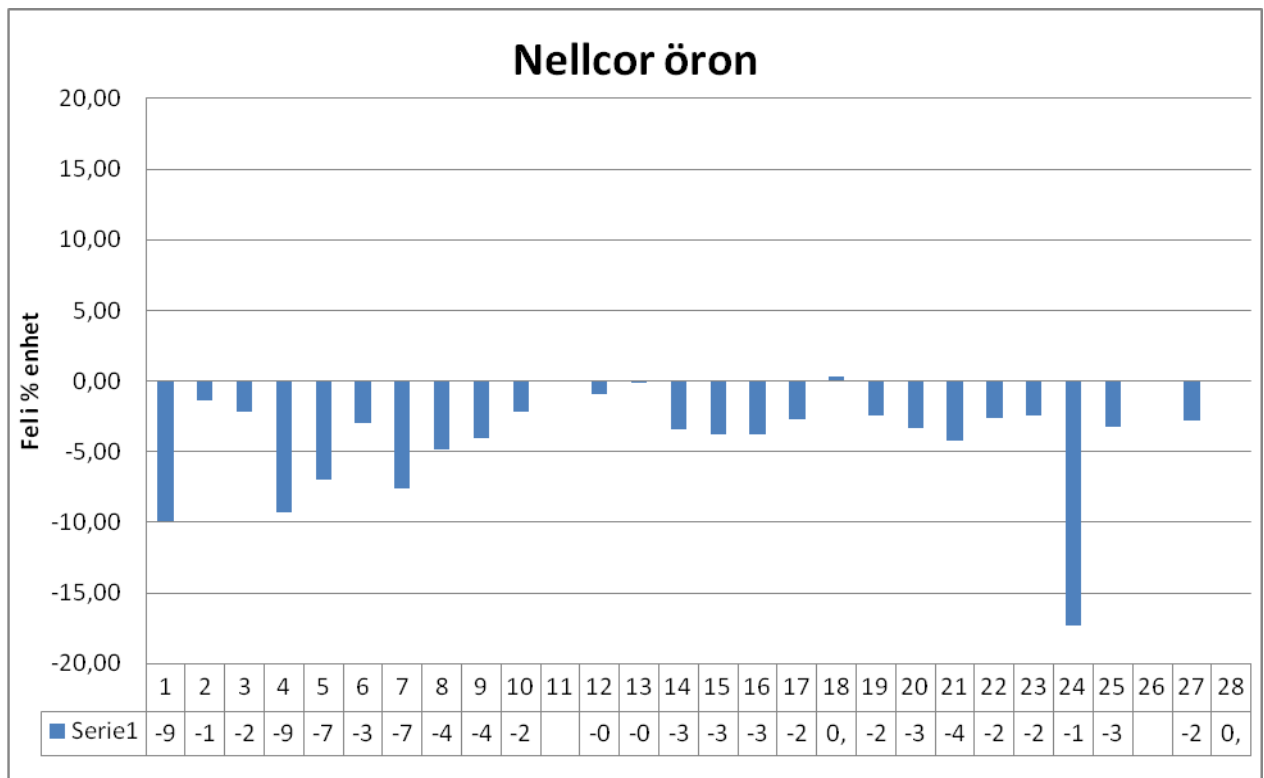
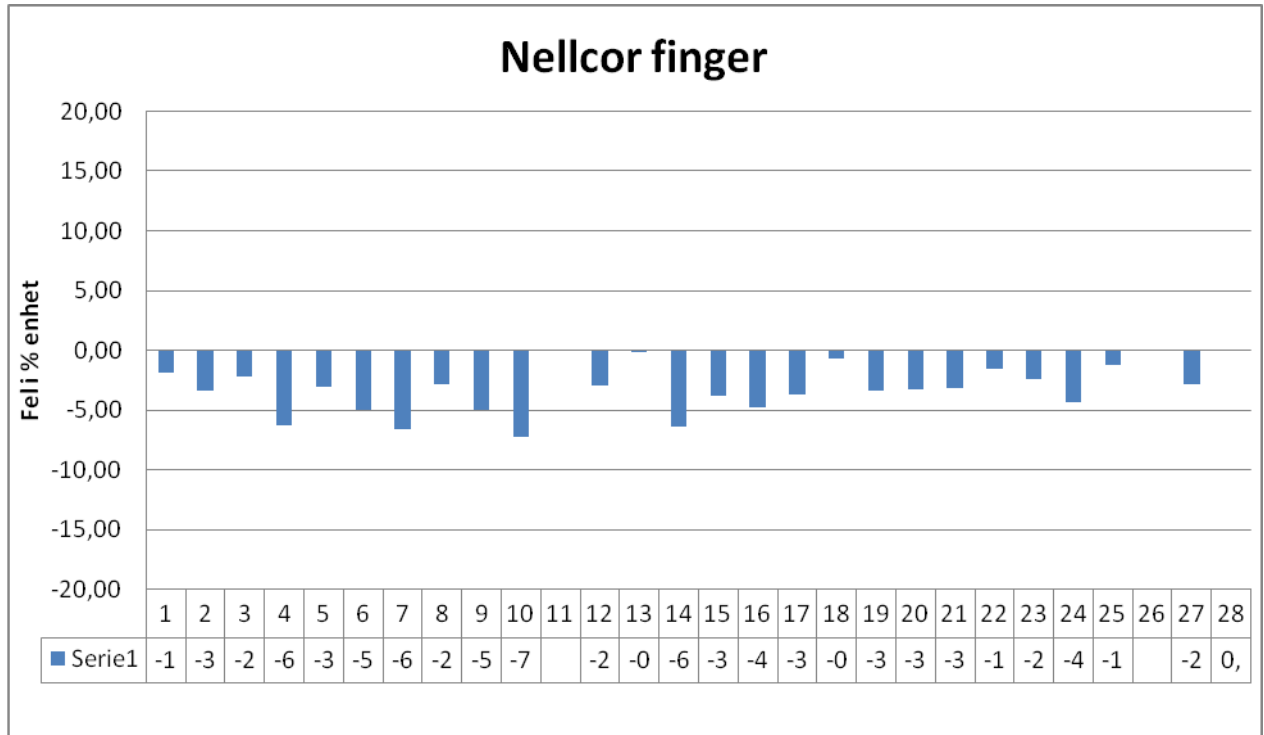
Patienter	Masimo		Nellcor		OxyTrue A	
	Finger	Öron	Finger	Öron	Finger	Öron
P1	0,10	-4,90	-1,90	-9,90	-4,90	2,10
P2	-1,40	1,60	-3,40	-1,40	-1,40	1,60
P3	1,80	-0,20	-2,20	-2,20	-2,20	1,80
P4	-6,30	-5,30	-6,30	-9,30	-6,30	-3,30
P5	-2,00	-3,00	-3,00	-7,00	-2,00	-1,00
P6	-4,00	-3,00	-5,00	-3,00	-5,00	0,00
P7	-5,60	-3,60	-6,60	-7,60	-7,60	-3,60
P8	-5,80	-2,80	-2,80	-4,80	-5,80	-3,80
P9	-7,00	-1,00	-5,00	-4,00	-7,00	0,00
P10	-8,20	-1,20	-7,20	-2,20	-7,20	1,80
P11						
P12	-1,90	0,10	-2,90	-0,90	-1,90	-0,90
P13	-1,10	2,90	-0,10	-0,10	-2,10	5,90
P14	-5,40	-0,40	-6,40	-3,40	-5,40	1,60
P15	-1,80	0,20	-3,80	-3,80	-3,80	3,20
P16	4,20	-4,80	-4,80	-3,80	-5,80	1,20
P17	-1,70	-1,70	-3,70	-2,70	-4,70	2,30
P18	-1,70	-1,70	-0,70	0,30	-5,70	4,30
P19	-2,40	-0,40	-3,40	-2,40	-4,40	2,60
P20	-1,30	-1,30	-3,30	-3,30	-2,30	3,70
P21	-3,20	-1,20	-3,20	-4,20	-4,20	-0,20
P22	-2,60	-2,60	-1,60	-2,60	-1,60	0,40
P23	-2,40	-0,40	-2,40	-2,40	-2,40	3,60
P24	-4,30	-3,30	-4,30	-17,30	-5,30	0,70
P25	-0,20	-0,20	-1,20	-3,20	-1,20	-0,20
P26						
P27	-2,80	0,20	-2,80	-2,80	-3,80	0,20
P28	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00
<b>Summa=</b>	<b>-66,00</b>	<b>-38,00</b>	<b>-88,00</b>	<b>-104,00</b>	<b>-103,00</b>	<b>24,00</b>
<b>Medelvärde=</b>	<b>-2,54</b>	<b>-1,46</b>	<b>-3,38</b>	<b>-4,00</b>	<b>-3,96</b>	<b>0,92</b>

OxyTrue (Öron) får minst medelavvikelse.



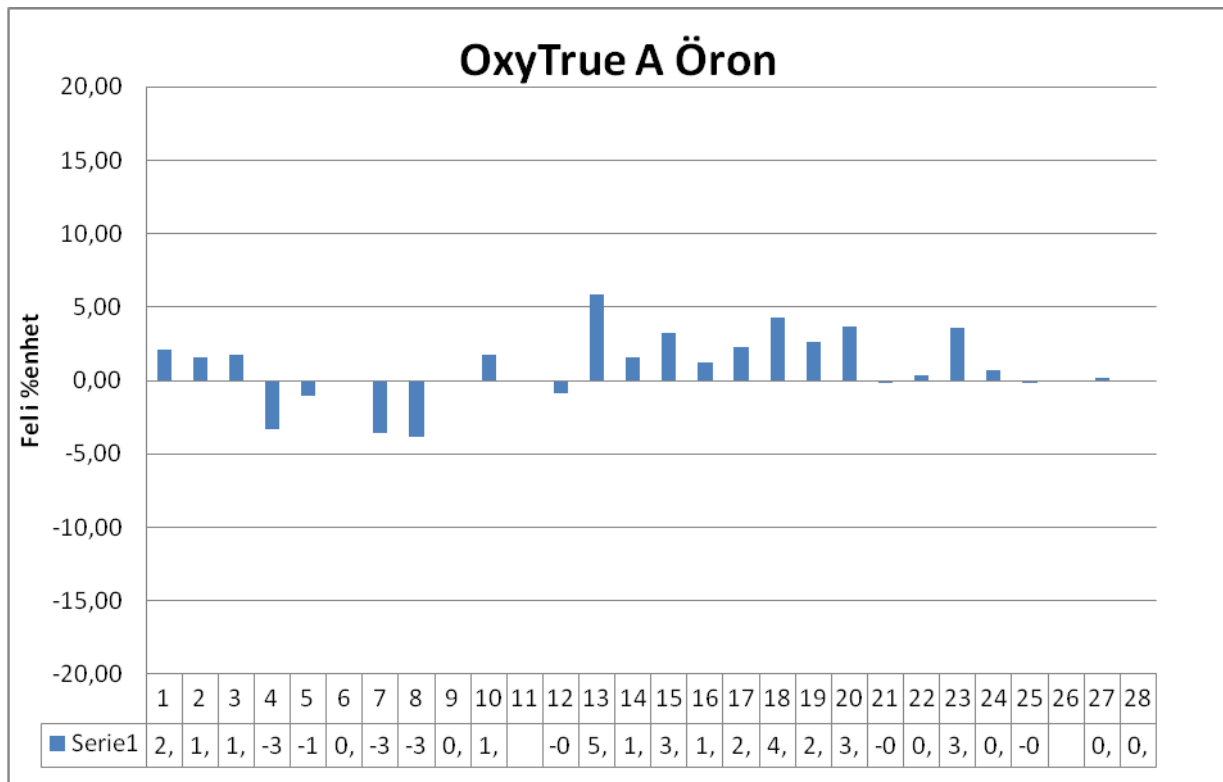
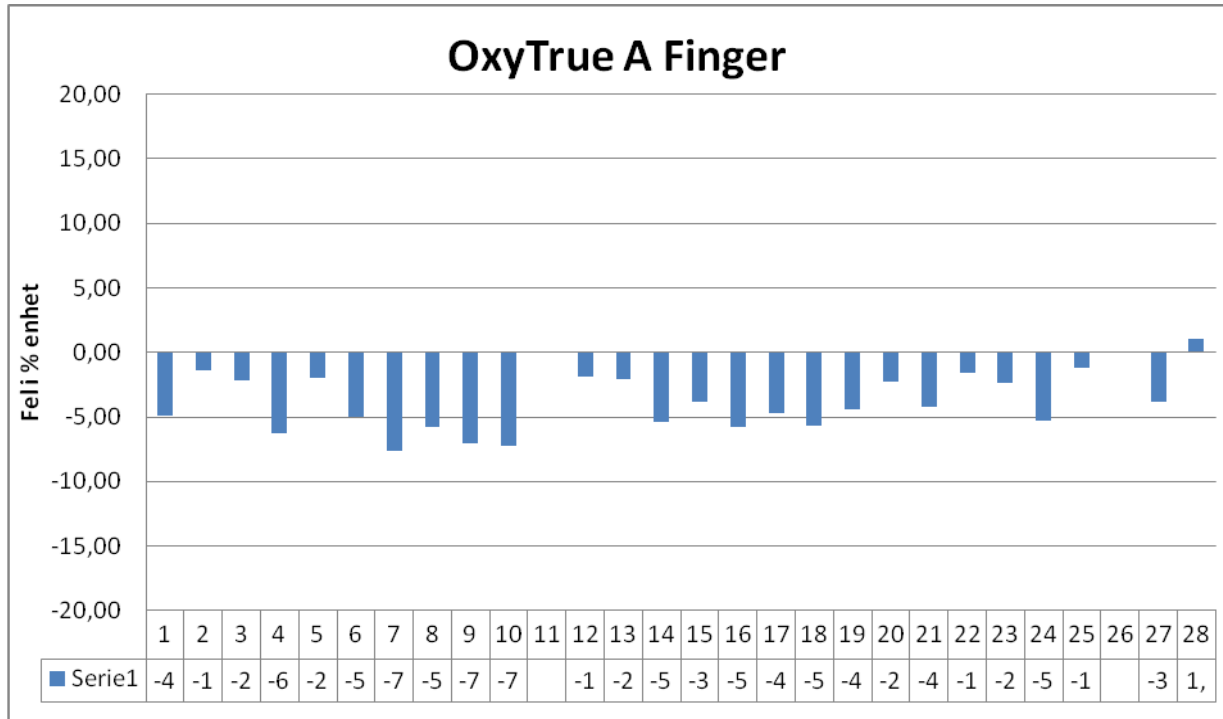
Figur 36. Avvikelsen från referensvärde för Masimo mätutrustning.

BTH



Figur 37. Avvikelsen från referensvärde för Nellcor mätutrustning.

BTH



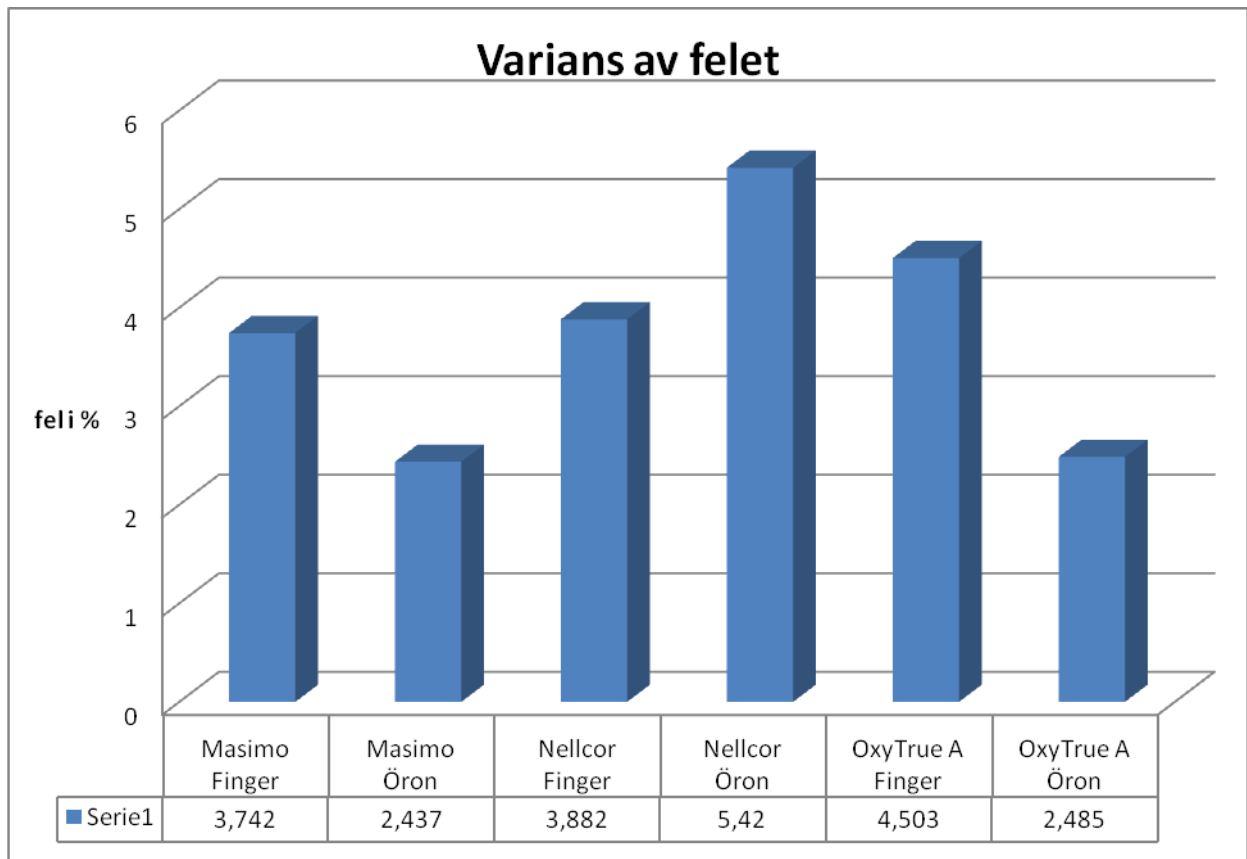
Figur 38. Avvikelsen från referensvärde för OxyTrue A mätutrustning.

## 7.2 Root mean square error (RMS)

För att positiva och negativa fel emellertid inte ska väga ut varandra kvadrerar man felet så att man kan få ett mått på hur stort det totala felet i genomsnitt är. Man tillämpar RMS som är ett mått på spridningen av avvikelserna.

$$x_{\text{rms}} = \sqrt{\frac{x_1^2 + x_2^2 + \dots + x_n^2}{n}}$$

Patienter	Masimo		Nellcor		OxyTrue A	
	Finger	Öron	Finger	Öron	Finger	Öron
P1	0,01	24,01	3,61	98,01	24,01	4,41
P2	1,96	2,56	11,56	1,96	1,96	2,56
P3	3,24	0,04	4,84	4,84	4,84	3,24
P4	39,69	28,09	39,69	86,49	39,69	10,89
P5	4,00	9,00	9,00	49,00	4,00	1,00
P6	16,00	9,00	25,00	9,00	25,00	0,00
P7	31,36	12,96	43,56	57,76	57,76	12,96
P8	33,64	7,84	7,84	23,04	33,64	14,44
P9	49,00	1,00	25,00	16,00	49,00	0,00
P10	67,24	1,44	51,84	4,84	51,84	3,24
P11						
P12	3,61	0,01	8,41	0,81	3,61	0,81
P13	1,21	8,41	0,01	0,01	4,41	34,81
P14	29,16	0,16	40,96	11,56	29,16	2,56
P15	3,24	0,04	14,44	14,44	14,44	10,24
P16	17,64	23,04	23,04	14,44	33,64	1,44
P17	2,89	2,89	13,69	7,29	22,09	5,29
P18	2,89	2,89	0,49	0,09	32,49	18,49
P19	5,76	0,16	11,56	5,76	19,36	6,76
P20	1,69	1,69	10,89	10,89	5,29	13,69
P21	10,24	1,44	10,24	17,64	17,64	0,04
P22	6,76	6,76	2,56	6,76	2,56	0,16
P23	5,76	0,16	5,76	5,76	5,76	12,96
P24	18,49	10,89	18,49	299,29	28,09	0,49
P25	0,04	0,04	1,44	10,24	1,44	0,04
P26						
P27	7,84	0,04	7,84	7,84	14,44	0,04
P28	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00
<b>Summa kvadrat=</b>	<b>364,36</b>	<b>154,56</b>	<b>391,76</b>	<b>763,76</b>	<b>527,16</b>	<b>160,56</b>
<b>Medelvärde=</b>	<b>14,01</b>	<b>5,94</b>	<b>15,07</b>	<b>29,38</b>	<b>20,28</b>	<b>6,18</b>
<b>RMS=</b>	<b>3,742</b>	<b>2,437</b>	<b>3,882</b>	<b>5,420</b>	<b>4,503</b>	<b>2,485</b>



Figur 39. Variansen av felet för de olika mätutrustningar.

## **8. Analys**

### **8.1 Masimo**

Masimo visar överlägset mest information via sin display, vilket i sin tur ger en mer trygg inställning till användningen av apparaten. Masimo har även implementerat verktygen PI värde och Signal IQ som verkligen hjälper användaren att lita på mätresultatet. Ett av de vanligaste störningsmomenten vid användning av pulsoximetri är rörelseartefakter, Masimo eliminerar de här väldigt bra och ger väldigt tillförlitliga värden med hjälp av verktygen.

Masimo behöver ingen puls för att mäta och visa ett resultat på displayen. Har larmgränsen för puls stängts av kan Masimo fortfarande mäta och visa resultat på displayen. Skulle patientens hjärta stanna och larmet är av visas ändå resultat och personalen skulle för ett tag tro att syretransporten i blodet är bra men det kommer sjunka pga att hjärtat stannat.

#### **8.1.1 Masimo Fingerprobe**

Fingerproben har ett medelvärde från avvikelserna på -2.54 procentenheter. I service manualen skrivs det att ett mätresultat kan visa fel med +/- 2 procentenheter. Fingerproben ligger precis i underkanten. När RMS beräkningen används lägger sig fingerproben på en tredjeplats en liten bit efter de två som ligger före.

#### **8.1.2 Masimo Öronprobe**

Öronproben visar bäst resultat i båda beräkningarna, medelvärdet ligger på -1.46. Öronproben som personalen var tveksamma mot och trodde visade ”glädjevärden” visar istället mest tillförlitliga värden med minst avvikelse i studien och minst spridning på avvikelserna.

### **8.2 Nellcor**

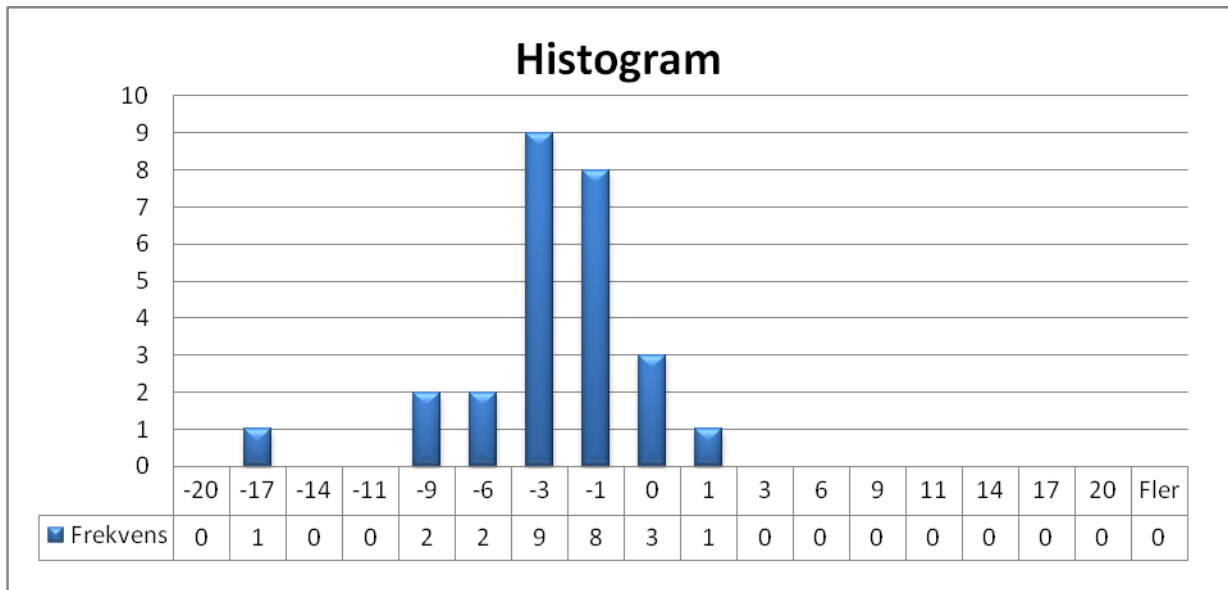
Nellcor apparaten känns väldigt bra och bekväm pga erfarenheten med den. Men när beräkningarna var slutförda visade det sig att Nellcors prober hamnade i mitten och i botten. Är man trygg och bekväm med ett system betyder det inte att tillförlitligheten finns där.

#### **8.2.1 Nellcor Fingerprobe**

Fingerproben ger oss ett medelvärde av avvikelserna på -3.38 procentenheter. Värdena ligger hyfsat stabilt men aningen sämre värden än Masimos fingerprobe.

#### **8.2.2 Nellcor Öronprobe**

Öronproben fick sämst medelvärde av alla proberna, -4 procentenheter. De flesta avvikelserna ligger på -2 – -4. Det finns några värden som sticker ut så mycket att de kan ha uppkommit av felmätningar eller fel placering av probe. För att avgöra om de ska bortses från så togs ett histogram över mätvärdena fram, se figur 40.



Figur 40. Histogram över mätvärden för Nellcor öronprobe.

Genom att se på histogrammet kan vi konstatera att bara ett värde ligger utanför det annars väl samlade området av mätvärden. Med hjälp av histogrammet kan beslut tas att utesluta mätvärde -17, och då ändras medelvärdet till -3,33 och RMS-värdet till 4,226.

### 8.3 OxyTrue A

Användarna har en känsla av högvärden, vilket vi kan bekräfta med beräkningar mot Öronproben. Rörelseartefakter är även det vanligt och bryter hela mätningen.

Författarna av denna studie vet ännu inte hur OxyTrue är uppbyggd, hur filtrering sker av signaler eller hur mätningarna genomförs.

#### 8.3.1 Fingerprobe

Fingerproben får näst sämst värde i medelvärdes beräkningar, -3.96 procentenheter. Om värdena som sticker ut i Nellcors Öronprobe studie elimineras skulle det medföra att OxyTrues Fingerprobe får sämst medelvärde av felmarginalerna.

Fingerprobens RMS är även bland de sämsta utav proberna.

#### 8.3.2 Öronprobe

Öronproben fick det bästa medelvärdet av felmarginalerna, 0.92. Det är det enda medelvärdet som ger oss ett positivt värde. Men vid mätningar är det inte bra om resultatet visar ett värde som är högre än det sanna värdet. Det kan hända att patienten blir diagnostiserad med ett för högt värde än vad patienten egentligen har och ingen åtgärd tas mot patienten för den tycks vara frisk. I verkligheten är detta av denna anledning kanske det sämsta värdet vi beräknar fram.

## 9. Slutsatser

En pulsoximeter mäter bl.a. hur mycket blodet är syresatt. En probe som är ansluten till pulsoximetern har två lysdioder som sänder ut rött ljus och infrarött ljus i olika våglängder genom t.ex. ett finger. Absorptionsegenskapen hos syresatt och syrefattigt blod utnyttjas, efter våglängderna passerat genom fingret registreras värdena av en fototransistor. Med hjälp av en mikroprocessor kan den procentuella saturationen sedan beräknas.

Vid examensarbetets start var tanken att ta del av cirka 50 mätresultat från avdelning 57 på sjuka patienter. Det var även tänkt att det skulle göras frivilliga mätningar på cirka 20 friska personer. Efter en tid stod det klart att det blev 28 mätningar och de frivilliga mätningarna ställdes in pga. att där alltid finns en risk med att sticka fel när man tar blodprov. Eftersom två stycken togs bort pga. att mätresultat saknades på vissa mätpunkter återstår 26 mätningar, författarna anser att på 26 mätningar blir resultatet av studien ej optimalt.

Resultatet av mätningarna från studien ger oss att OxyTrue med proben Öra visar ett medelvärde av felmarginalerna som ligger över referensvärdet. En probe som visar ett större värde än vad det verkligen är kan vara farligt. Patienten kommer bli feldiagnostiserad och värdet som visas kan vara acceptabelt men egentligen ligger det under gränsen för att åtgärd skall göras. De andra fem proberna visar värden som ligger under det verkliga med olika distanser.

Innan varje ny mätning måste patienten sitta och lugna ner sig. Den här parametern varierar i tid från person till person men det är upp till vårdpersonalen som utför mätningen att bedöma när det är möjligt att påbörja mätningen. Om samma patient gör tio likadana mätningar så som i studien skulle inte samma resultat fås varje gång. Tiden patienten har för att lugna ner sig är olika för vårdpersonalen. Den procentuella saturationen fluktuerar vanligtvis med närliggande värden och det är upp till vårdpersonalen att välja vilket av dem. Små rörelseartefakter som stör mätresultaten kan förekomma och ha olika grad i påverkan på resultatet.

Utifrån resultatet från denna studie anses Masimo mäta mest korrekt och har verktyg som visar om mätresultaten går att lita på vilket gör den mer tillförlitlig. Masimo mäter bättre än dem andra men blir ungefär dubbelt så dyr. Masimo lämpar sig bättre på Intensivavdelningen, Hjärtintensivavdelning m.m. där övervakning av saturation i högsta klass är ett måste. Nellcor anses vara tillräckligt tillförlitlig och vara fullt duglig för användning på avdelning 57.

## 10. Referenser

### 10.1 Textreferenser

- [1] Olav Sand, Øystein V. Sjaastad, Egil Haug & Med. Ill. Kari C. Toverud (2004). *Människans fysiologi*. Finland: WS Bookwell AB. s. 278-280, 340, 342, 350-351.
- [2] Maggie Miller (1989). *Blodboken: Om blodet som källa till liv och sjukdom*. Växjö: SmpTRYCK AB. s. 10.
- [3] Bertil Sonesson & Gun Sonesson (2008). *Anatomi och Fysiologi*. Slovenien: Korotan. s. 228-230, 265, 267, 275.
- [4] Lennart Nilsson, Jan Lindberg, David H. Ingvar, Stig Nordfeldt & Rune Pettersson (1980). *Vårt inre i närbild*. Örebro: Ljungföretagen. s. 20.
- [5] AstraZenecas forskningsblad om KOL (u.å.). *KOL Kronisk obstruktiv lungsjukdom*. Tillgänglig: <<http://www.life.astrazeneca.se/module.asp?XModuleId=13632>>, dokumentet läst 2011-02-15.
- [6] Boehringer Ingelheim AB's [www.kol.se](http://www.kol.se). Sidan uppdaterad: 2009-03-16. Tillgänglig: <[http://www.kol.se/hem/Vad\\_aer\\_KOL/index.jsp](http://www.kol.se/hem/Vad_aer_KOL/index.jsp)>, dokumentet läst 2011-02-20.
- [7] [www.GlaxoSmithKline.se](http://www.GlaxoSmithKline.se) (2009). *KOL-kunskap*. Sverige: Lindh & Partners GBG. s. 12-13
- [8] Kjell Larsson (1994). *Kronisk bronkit och kroniskt obstruktiv lungsjukdom*. Tyskland: OH-Tryck AB. s. 15-16, 23-24.
- [9] Lars Bäcklund, Göran Hedenstierna & Hans Hedenström (2000). *Lungfysiologi och diagnostik vid lungsjukdom*. Lund: Studentlitteratur. s. 241, 260.
- [10] Landstingens och regionernas gemensamma webbplats för råd om vård: *KOL kronisk obstruktiv lungsjukdom*. Sidan uppdaterad: 2009-02-17. Tillgänglig: <<http://www.1177.se/Fakta-och-rad/Sjukdomar/KOL---kroniskt-obstruktiv-lungsjukdom/>>, dokumentet läst 2011-02-22
- [11] Anders Eklund, Johan Grunewald, Olof Selroos, Magnus Sköld & Gabor Hont (2008). *Sarkoidos och lungfibros*. Laholm: Trydells Tryckeri AB. s. 6.
- [12] Landstingens och regionernas gemensamma webbplats för råd om vård: *Blodbrist på grund av för lite järn*. Sidan uppdaterad: 2011-02-08. Tillgänglig: <<http://www.1177.se/Fakta-och-rad/Sjukdomar/Blodbrist-pa-grund-av-for-lite-jarn/>>, dokumentet läst 2011-02-22
- [13] Olle Henriksson & Margareta Rasmusson (2007), *Fysiologi med relevant anatomi*, Studentlitteratur.

[14] Bertil Jacobson & P. Åke Öberg (2003), *Teknik i praktisk sjukvård*, Lund: Studentlitteratur.

[15] <http://www.oximetry.org/pulseox/principles.htm> (2002)

[16] Covidien AB, Nellcor® *Bruksanvisning*.

[17] Covidien AB, Nellcor® *OxiMax*® N-600™ Pulse Oximeter Signal Processing.

[18] Covidien AB, A Technology Overview of the Nellcor® *OxiMax*® Pulse Oximetry System.

[19] Infinity Medical (u.å). *Beskrivning av SET-teknologi*. Tillgänglig: <<http://www.infiniti.se/ProductSubpage.asp?id=840>>, dokument läst 2011-03-01.

[20] Infinity Medical (u.å). *Beskrivning av SigIQ*. Tillgänglig: <<http://www.infiniti.se/ProductSubpage.asp?id=840>>, dokument läst 2011-03-01.

[21] Infinity Medical (u.å). *Beskrivning av Perfusions Index (PI)*. Tillgänglig: <<http://www.infiniti.se/ProductSubpage.asp?id=840>>, dokument läst 2011-03-01.

[22] Oxytrue A

[23] ABL800 FLEX, *Bruksanvisning*.

## 10.2 Bildreferenser

Figur 1: Olav Sand, Øystein V. Sjaastad, Egil Haug & Med. Ill. Kari C. Toverud (2004). *Människans fysiologi*. Finland: WS Bookwell AB sid 279.

Figur 2: Olav Sand, Øystein V. Sjaastad, Egil Haug & Med. Ill. Kari C. Toverud (2004). *Människans fysiologi*. Finland: WS Bookwell AB sid 342.

Figur 3: Olav Sand, Øystein V. Sjaastad, Egil Haug & Med. Ill. Kari C. Toverud (2004). *Människans fysiologi*. Finland: WS Bookwell AB sid 400.

Figur 4: Landstingens och regionernas gemensamma webbplats för råd om vård: *KOL kronisk obstruktiv lungsjukdom*. Sidan uppdaterad: 2009-02-17. Tillgänglig: <<http://www.1177.se/Fakta-och-rad/Sjukdomar/KOL---kroniskt-obstruktiv-lungsjukdom/>>, dokumentet läst 2011-02-22

Figur 5: Lennart Hansson (2009). *Den sviktande lungan – när medicinerna inte hjälper*. Tillgänglig: <[http://www.slmf.se/Moten/Hostmote\\_09/Hansson.pdf](http://www.slmf.se/Moten/Hostmote_09/Hansson.pdf)>, dokumentet läst 2011-02-25.

Figur 6: Lennart Hansson (2009). *Den sviktande lungan – när medicinerna inte hjälper*. Tillgänglig: <[http://www.slmf.se/Moten/Hostmote\\_09/Hansson.pdf](http://www.slmf.se/Moten/Hostmote_09/Hansson.pdf)>, dokumentet läst 2011-02-25.

Figur 7: Olle Henriksson & Margareta Rasmusson (2007), *Fysiologi med relevant anatomi*, Studentlitteratur sida 206.

Figur 8: Covidein AB, *A tecnologia overview of the Nellcor Oximax Pulse system*,

Figur 9: Liu kurs material om Respiration.

Figur 10: Covidien AB, Nellcor® *OxiMax*® N-600™ Pulse Oximeter Signal Processing.

Figur 11: Covidien AB, A Technology Overview of the Nellcor® *OxiMax*® Pulse Oximetry System.

Figur 12: Covidien AB, A Technology Overview of the Nellcor® *OxiMax*® Pulse Oximetry System.

Figur 13: Covidien AB, Nellcor® *OxiMax*® N-600™ Pulse Oximeter Signal Processing.

Figur 14: Covidien AB, Nellcor® *OxiMax*® N-600™ Pulse Oximeter Signal Processing.

Figur 15: Covidien AB, Nellcor® *OxiMax*® N-600™ Pulse Oximeter Signal Processing.

Figur 16: Infinity Medical (u.å). *Beskrivning av SET-teknologi*. Tillgänglig: <<http://www.infiniti.se/ProductSubpage.asp?id=840>>, dokument läst 2011-03-01.

Figur 18: Infinity Medical (u.å). *Beskrivning av SET-teknologi*. Tillgänglig: <<http://www.infiniti.se/ProductSubpage.asp?id=840>>, dokument läst 2011-03-01.

Figur 19: Infinity Medical (u.å). *Beskrivning av SET-teknologi*. Tillgänglig: <<http://www.infiniti.se/ProductSubpage.asp?id=840>>, dokument läst 2011-03-01.

Figur 20: Infinity Medical (u.å). *Beskrivning av SET-teknologi*. Tillgänglig: <<http://www.infiniti.se/ProductSubpage.asp?id=840>>, dokument läst 2011-03-01.

Figur 21: Infinity Medical (u.å). *Beskrivning av SET-teknologi*. Tillgänglig: <<http://www.infiniti.se/ProductSubpage.asp?id=840>>, dokument läst 2011-03-01.

Figur 22: Infinity Medical (u.å). *Beskrivning av SET-teknologi*. Tillgänglig: <<http://www.infiniti.se/ProductSubpage.asp?id=840>>, dokument läst 2011-03-01.

Figur 23: Infinity Medical (u.å). *Beskrivning av SET-teknologi*. Tillgänglig: <<http://www.infiniti.se/ProductSubpage.asp?id=840>>, dokument läst 2011-03-01.

Figur 24: Infinity Medical (u.å). *Beskrivning av SET-teknologi*. Tillgänglig: <<http://www.infiniti.se/ProductSubpage.asp?id=840>>, dokument läst 2011-03-01.

Figur 25: Infinity Medical (u.å). *Beskrivning av SET-teknologi*. Tillgänglig: <<http://www.infiniti.se/ProductSubpage.asp?id=840>>, dokument läst 2011-03-01.

Figur 26: Infinity Medical (u.å). *Beskrivning av SigIQ*. Tillgänglig: <<http://www.infiniti.se/ProductSubpage.asp?id=840>>, dokument läst 2011-03-01.

Figur 27: Infinity Medical (u.å). *Beskrivning av SigIQ*. Tillgänglig: <<http://www.infiniti.se/ProductSubpage.asp?id=840>>, dokument läst 2011-03-01.

Figur 28: Infinity Medical (u.å). *Beskrivning av SigIQ*. Tillgänglig: <<http://www.infiniti.se/ProductSubpage.asp?id=840>>, dokument läst 2011-03-01.

Figur 29: Blodgas. Tillgänglig: <[http://www.internetmedicin.se/dyn\\_main.asp?page=1208](http://www.internetmedicin.se/dyn_main.asp?page=1208)> läst 2011-04-09

Figur 30: ABL800 FLEX, *Bruksanvisning*.

Figur 32: ABL800 FLEX, *Bruksanvisning*.

Figur 33: Fingerprobe på vänster hand.

Figur 34: Fingerprobe från sidan där fingret är långt in i proben.

Figur 35: Korrekt fäst öronprobe på öronsibben.

Figur 36. Avvikelsen från referensvärde för Masimo mätutrustning.

Figur 37, Avvikelsen från referensvärde för Nellcor mätutrustning.

Figur 38. Avvikelsen från referensvärde för OxyTrue A mätutrustning.

Figur 39. Variansen av felet för de olika mätutrustningar.

Figur 40. Histogram över mätvärden för Nellcor öronprobe.

# 11. Bilagor

## Bilaga 1

### Patientuppgifter

Ålder: \_\_\_\_\_

Diagnos: \_\_\_\_\_

	Öron %SpO2/puls		Finger %SpO2/puls		Blodgas %SpO2
		PI:		PI:	
Masimo					
Nellcor					
Oxytrue					


Kommentar: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Datum: \_\_\_\_\_

Underskrift: \_\_\_\_\_

Bilaga 2

		<b>UNDERHÅLLSPROCESSEN</b>	
<b>LANDSTINGET BLEKINGE</b>		<b>MEDICINTEKNISK AVD - MTA</b>	
<b>Dokumentbeteckning</b> FU Pulsoximeter	<b>Framtagen av</b> Maria Kristoffersson	<b>Dok nr</b> FO15	
<b>Utgåva</b>   <b>Reviderad av</b> 00	<b>Datum</b>	<b>Godkänd av</b> Christer Svensson	<b>Giltig från</b> 2009-10-14

**FU-protokoll för Pulsoximeter**

**Utrustning:** Bio-Tek Index SpO<sub>2</sub> Simulator  
MTA nr: 13873 (Karlskrona) eller 00786 (Karlshamn)

MTA nr: 18933

Placering: Neo

Modell: Masimo, Radical-7

Rengör pulsoximetern samt kontrollera att det inte finns några skador på hölje eller probe.

Kontrollera att alla märkningar är hela och sitter på plats.

Kontrollera att eventuell självttest vid uppstart går igenom som den ska.


**Kontroll:**  
Använd SpO<sub>2</sub> simulatormen och ställ in modell av pulsoximeter under menyvalet "make" (välj "more" för att hitta dit). Sätt proben på testfingret med sladden nedåt/på undersidan av testfingret och starta pulsoximetern. Välj "sim" och "preset" på simulatormen.

Normal 98 % 55 BPM:	<u>98</u> %	<u>55</u> BPM
Weak 90 % 95 BPM:	<u>89</u> %	<u>95</u> BPM
Brad 88 % 45 BPM:	<u>87</u> %	<u>45</u> BPM
Hypoxic 70 % 95 BPM:	<u>69</u> %	<u>95</u> BPM
Neonate 90 % 180 BPM:	<u>89</u> %	<u>179</u> BPM
Tach 85 % 130 BPM:	<u>84</u> %	<u>137</u> BPM
Geriat 92 % 95 BPM:	<u>92</u> %	<u>95</u> BPM
Obese 93 % 90 BPM:	<u>93</u> %	<u>90</u> BPM

Om pulsoximetern passerar testerna, det bör inte skilja mer än någon procent mot inställt värde, sätt på en ny FU-lapp. FU-intervall är 24 månader.

Sign: [Signature] Datum: 14/12-10

FO15 FU Pulsoximeter	Datum och Sign. "framtagen" el "reviderad" av: <u>2009-10-14</u> <u>[Signature]</u>	Datum och Sign. "godkänd" av: <u>14/10-09</u> <u>[Signature]</u>	1 (1)
----------------------	--	---	-------

 <b>LANDSTINGET BLEKINGE</b>		<b>UNDERHÅLLSPROCESSEN</b> <b>MEDICINTEKNISK AVD - MTA</b>	
<b>Dokumentbeteckning</b> FU Pulsoximeter		<b>Framtagen av</b> Maria Kristoffersson	<b>Dok nr</b> <b>FO15</b>
<b>Utgåva</b> 00	<b>Reviderad av</b>	<b>Datum</b>	<b>Godkänd av</b> Christer Svensson
			<b>Giltig från</b> 2009-10-14

**FU-protokoll för Pulsoximeter**

**Utrustning:** Bio-Tek Index SpO<sub>2</sub> Simulator  
MTA nr: 13873 (Karlskrona) eller 00786 (Karlshamn)

MTA nr: 10933

Placering: VEO

Modell: Radical 7 - Finger

Rengör pulsoximetern samt kontrollera att det inte finns några skador på hölje eller probe.

Kontrollera att alla märkningar är hela och sitter på plats.

Kontrollera att eventuell självtest vid uppstart går igenom som den ska.

**Kontroll:**  
Använd SpO<sub>2</sub> simulatorm och ställ in modell av pulsoximeter under menyvalet "make" (välj "more" för att hitta dit). Sätt proben på testfingret med sladden nedåt/på undersidan av testfingret och starta pulsoximetern. Välj "sim" och "preset" på simulatorm.


Normal 98 % 55 BPM:	<u>98</u> % <u>55</u> BPM
Weak 90 % 95 BPM:	<u>90</u> % <u>95</u> BPM
Brad 88 % 45 BPM:	<u>88</u> % <u>45</u> BPM
Hypoxic 70 % 95 BPM:	<u>69</u> % <u>95</u> BPM
Neonate 90 % 180 BPM:	<u>89</u> % <u>179</u> BPM
Tach 85 % 130 BPM:	<u>84</u> % <u>131</u> BPM
Geriat 92 % 95 BPM:	<u>92</u> % <u>95</u> BPM
Obese 93 % 90 BPM:	<u>93</u> % <u>90</u> BPM

Om pulsoximetern passerar testerna, det bör inte skilja mer än någon procent mot inställt värde, sätt på en ny FU-lapp. FU-intervallet är 24 månader.

Sign: [Signature] Datum: 11/5-11

FO15 FU Pulsoximeter	Datum och Sign. "framtagen" el "reviderad" av: <u>2009-10-14</u> <u>M.K.</u>	Datum och sign. "godkänd" av: <u>14/10-09</u> <u>[Signature]</u>	1 (1)
----------------------	---	---	-------

Bilaga 4

		<b>UNDERHÅLLSPROCESSEN</b>	
<b>LANDSTINGET BLEKINGE</b>		<b>MEDICINTEKNISK AVD - MTA</b>	
<b>Dokumentbeteckning</b> FU Pulsoximeter		<b>Framtagen av</b> Maria Kristoffersson	<b>Dok nr</b> <b>FO15</b>
<b>Utgåva</b> 00	<b>Reviderad av</b>	<b>Datum</b>	<b>Godkänd av</b> Christer Svensson
			<b>Giltig från</b> 2009-10-14

**FU-protokoll för Pulsoximeter**

**Utrustning:** Bio-Tek Index SpO<sub>2</sub> Simulator  
MTA nr: 13873 (Karlskrona) eller 00786 (Karlshamn)

MTA nr: 51425

Placering: avd 57

Modell: OxyTrue A

Rengör pulsoximetern samt kontrollera att det inte finns några skador på hölje eller probe.

Kontrollera att alla märkningar är hela och sitter på plats.

Kontrollera att eventuell självttest-vid uppstart går igenom som den ska.

**Kontroll:**  
Använd SpO<sub>2</sub> simulatören och ställ in modell av pulsoximeter under menyvalet "make" (välj "more" för att hitta dit). Sätt proben på testfingret med sladden nedåt/på undersidan av testfingret och starta pulsoximetern. Välj "sim" och "preset" på simulatören.


Normal 98 % 55 BPM:	<u>98</u> % <u>55</u> BPM
Weak 90 % 95 BPM:	<u>92</u> % <u>95</u> BPM
Brad 88 % 45 BPM:	<u>80</u> % <u>45</u> BPM
Hypoxic 70 % 95 BPM:	<u>72</u> % <u>95</u> BPM
Neonate 90 % 180 BPM:	<u>89</u> % <u>180</u> BPM
Tach 85 % 130 BPM:	<u>85</u> % <u>130</u> BPM
Geriat 92 % 95 BPM:	<u>91</u> % <u>95</u> BPM
Obese 93 % 90 BPM:	<u>91</u> % <u>90</u> BPM

Om pulsoximetern passerar testerna, det bör inte skilja mer än någon procent mot inställt värde, sätt på en ny FU-lapp. FU-intervallet är 24månader.

Sign: [Signature] Datum: 3/11-10

FO15 FU Pulsoximeter	Datum och Sign. "framtagen" el "reviderad" av: <u>2009-10-14</u> <u>[Signature]</u>	Datum och Sign. "godkänd" av: <u>14/10-09</u> <u>[Signature]</u>
----------------------	--	---

1 (1)

 <b>LANDSTINGET BLEKINGE</b>		<b>UNDERHÅLLSPROCESSEN</b> <b>MEDICINTEKNISK AVD - MTA</b>	
<b>Dokumentbeteckning</b> FU Pulsoximeter		<b>Framtagen av</b> Maria Kristoffersson	<b>Dok nr</b> FO15
<b>Utgåva</b> 00	<b>Reviderad av</b>	<b>Datum</b>	<b>Godkänd av</b> Christer Svensson
			<b>Giltig från</b> 2009-10-14

**FU-protokoll för Pulsoximeter**

**Utrustning:** Bio-Tek Index SpO<sub>2</sub> Simulator  
MTA nr: 13873 (Karlskrona) eller 00786 (Karlshamn)

MTA nr: 51425

Placering: avd 57

Modell: OxyTrac A

Rengör pulsoximetern samt kontrollera att det inte finns några skador på hölje eller probe.

Kontrollera att alla märkningar är hela och sitter på plats.

Kontrollera att eventuell självtest vid uppstart går igenom som den ska.

**Kontroll:**  
Använd SpO<sub>2</sub> simulatorm och ställ in modell av pulsoximeter under menyvalet "make" (välj "more" för att hitta dit). Sätt proben på testfingret med sladden nedåt/på undersidan av testfingret och starta pulsoximetern. Välj "sim" och "preset" på simulatorm.


Normal 98 % 55 BPM:	<u>98</u>	%	<u>55</u>	BPM
Weak 90 % 95 BPM:	<u>92</u>	%	<u>95</u>	BPM
Brad 88 % 45 BPM:	<u>88</u>	%	<u>45</u>	BPM
Hypoxic 70 % 95 BPM:	<u>72</u>	%	<u>95</u>	BPM
Neonate 90 % 180 BPM:	<u>91</u>	%	<u>180</u>	BPM
Tach 85 % 130 BPM:	<u>85</u>	%	<u>130</u>	BPM
Geriat 92 % 95 BPM:	<u>92</u>	%	<u>95</u>	BPM
Obese 93 % 90 BPM:	<u>93</u>	%	<u>90</u>	BPM

Om pulsoximetern passerar testerna, det bör inte skilja mer än någon procent mot inställt värde, sätt på en ny FU-lapp. FU-intervallet är 24månader.

Sign: [Signature] Datum: 11/5-11

FO15 FU Pulsoximeter	Datum och Sign. "framtagen" el "reviderad" av: <u>2009-10-14</u> <u>[Signature]</u>	Datum och Sign. "godkänd" av: <u>14/10-09</u> <u>[Signature]</u>	1 (1)
----------------------	--	---	-------

Bilaga 6

		<b>UNDERHÅLLSPROCESSEN</b>	
<b>LANDSTINGET BLEKINGE</b>		<b>MEDICINTEKNISK AVD - MTA</b>	
<small>Dokumentbeteckning</small> <b>FU Pulsoximeter</b>		<small>Framtagen av</small> Maria Kristoffersson	<small>Dok nr</small> <b>FO15</b>
<small>Utgåva</small> 00	<small>Reviderad av</small>	<small>Datum</small>	<small>Godkänd av</small> Christer Svensson
			<small>Giltig från</small> 2009-10-14

**FU-protokoll för Pulsoximeter**

**Utrustning:** Bio-Tek Index SpO<sub>2</sub> Simulator  
MTA nr: 13873 (Karlskrona) eller 00786 (Karlshamn)

MTA nr: 17637

Placering: avd 57

Modell: Nellcor

Rengör pulsoximetern samt kontrollera att det inte finns några skador på hölje eller probe.

Kontrollera att alla märkningar är hela och sitter på plats.

Kontrollera att eventuell självtest vid uppstart går igenom som den ska.

**Kontroll:**  
Använd SpO<sub>2</sub> simulatorm och ställ in modell av pulsoximeter under menyvalet "make" (välj "more" för att hitta dit). Sätt proben på testfingret med sladden nedåt/på undersidan av testfingret och starta pulsoximetern. Välj "sim" och "preset" på simulatorm.

Normal 98 % 55 BPM:	<u>98</u> %	<u>55</u> BPM
Weak 90 % 95 BPM:	<u>90</u> %	<u>95</u> BPM
Brad 88 % 45 BPM:	<u>88</u> %	<u>45</u> BPM
Hypoxic 70 % 95 BPM:	<u>71</u> %	<u>95</u> BPM
Neonate 90 % 180 BPM:	<u>90</u> %	<u>180</u> BPM
Tach 85 % 130 BPM:	<u>86</u> %	<u>130</u> BPM
Geriat 92 % 95 BPM:	<u>91</u> %	<u>95</u> BPM
Obese 93 % 90 BPM:	<u>92</u> %	<u>90</u> BPM


Om pulsoximetern passerar testerna, det bör inte skilja mer än någon procent mot inställt värde, sätt på en ny FU-lapp. FU-intervallet är 24 månader.

Sign: M. Krist Datum: 11/11-10

<small>FO15 FU Pulsoximeter</small>	<small>Datum och Sign. "framtagen" el "reviderad" av:</small> <u>2009-10-14 M. Krist</u>	<small>Datum och Sign. "godkänd" av:</small> <u>11/10-10</u>
-------------------------------------	---	---

1 (1)

Bilaga 7

		<b>UNDERHÅLLSPROCESSEN</b>	
<b>LANDSTINGET BLEKINGE</b>		<b>MEDICINTEKNISK AVD - MTA</b>	
<b>Dokumentbeteckning</b>		<b>Framtagen av</b>	<b>Dok nr</b>
FU Pulsoximeter		Marla Kristoffersson	<b>FO15</b>
<b>Utgåva</b>	<b>Reviderad av</b>	<b>Datum</b>	<b>Godkänd av</b>
00			Christer Svensson
			<b>Giltig från</b>
			2009-10-14

**FU-protokoll för Pulsoximeter**

**Utrustning:** Bio-Tek Index SpO<sub>2</sub> Simulator  
MTA nr: 13873 (Karlskrona) eller 00786 (Karlshamn)

MTA nr: 17637

Placering: and 57

Modell: Nellcor

Rengör pulsoximetern samt kontrollera att det inte finns några skador på hölje eller probe.

Kontrollera att alla märkningar är hela och sitter på plats.

Kontrollera att eventuell självtest vid uppstart går igenom som den ska.

**Kontroll:**  
Använd SpO<sub>2</sub> simulatormen och ställ in modell av pulsoximeter under menyvalet "make" (välj "more" för att hitta dit). Sätt proben på testfingret med sladden nedåt/på undersidan av testfingret och starta pulsoximetern. Välj "sim" och "preset" på simulatormen.

Normal 98 % 55 BPM:	<u>98</u> %	<u>55</u> BPM
Weak 90 % 95 BPM:	<u>90</u> %	<u>95</u> BPM
Brad 88 % 45 BPM:	<u>88</u> %	<u>45</u> BPM
Hypoxic 70 % 95 BPM:	<u>72</u> %	<u>95</u> BPM
Neonate 90 % 180 BPM:	<u>90</u> %	<u>180</u> BPM
Tach 85 % 130 BPM:	<u>85</u> %	<u>131</u> BPM
Geriat 92 % 95 BPM:	<u>91</u> %	<u>95</u> BPM
Obese 93 % 90 BPM:	<u>92</u> %	<u>89</u> BPM

Om pulsoximetern passerar testerna, det bör inte skilja mer än någon procent mot inställt värde, sätt på en ny FU-lapp. FU-intervallet är 24 månader.

Sign: [Signature] Datum: 11/5-11

FO15 FU Pulsoximeter	Datum och Sign. "framtagen" el "reviderad" av:	Datum och Sign. "godkänd" av:
	<u>2009-10-14</u> <u>M. Kristoffersson</u>	<u>14/10-09</u> <u>[Signature]</u>
		1 (1)