

flow



AB

Vejleder
Semester
Rapport
Eksamen
Institut
Institution
Anslag

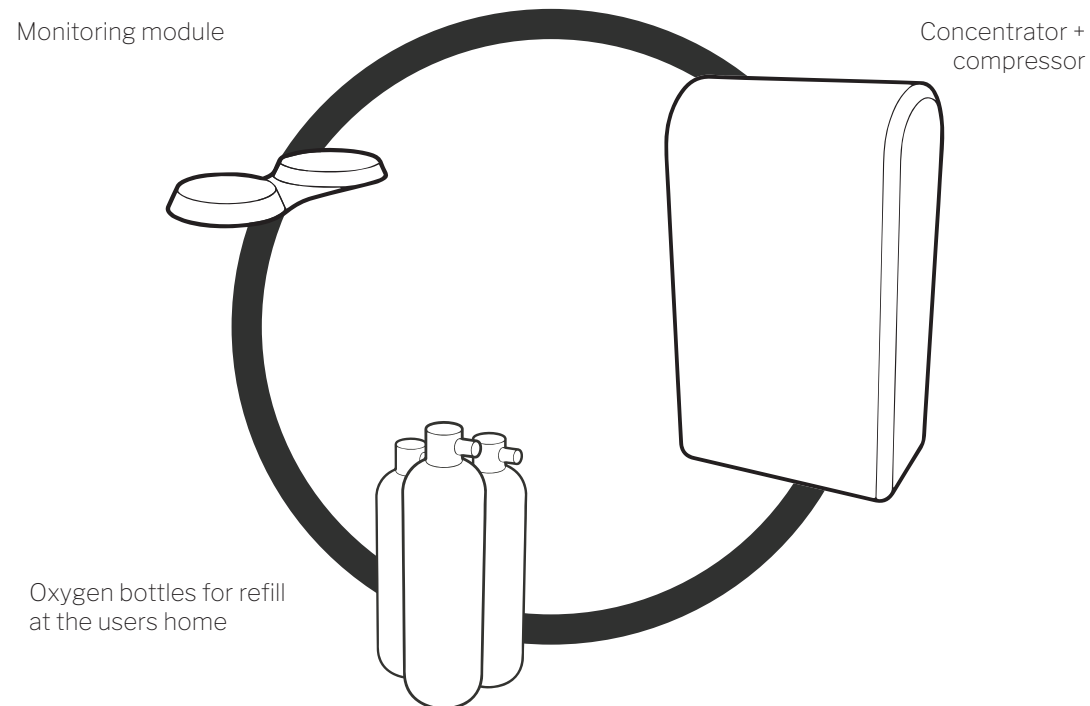
Intelligent iltbehandling til borgere i hjemmet

**Nanna Gammelgaard Andersen &
Kirstine Bach**

Karina Mose
4: afgang - kandidat
26.06.2021
09.06.2021
Bygningskunst og Design
Det Kongelige Akademi
50.526

Abstract

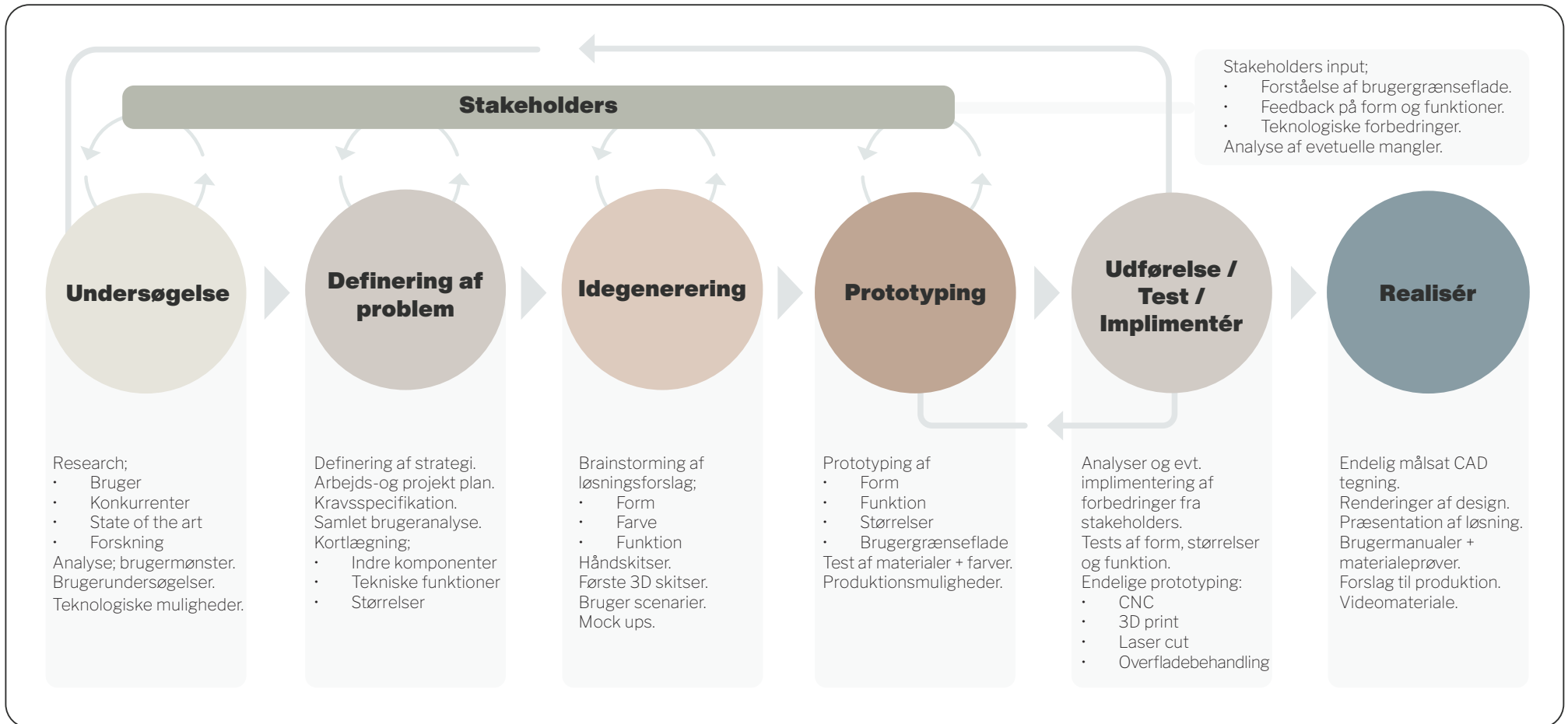
We have developed an intelligent system for patients receiving oxygen treatment in their homes. We have designed an innovative monitoring system that is integrated with artificial intelligence. Our solution is designed to decrease the anxiety and depression of users and to improve the user's ergonomics and daily needs. Our system ensures a more accurate and precise treatment for people in risk of dying from the 3rd most leading cause of death globally; COPD.



Læsevejledning

Rapporten er sat op i en rækkefølge der tager udgangspunkt i den proces vi har været igennem i vores afgang (**Figur 1**), som begynder med research i starten af projektet

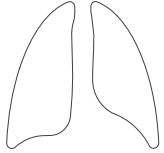
til vores foreløbige design. Det endelige design præsenteres til eksamen d. 9 juni 2021. Vi har en interesse i at undersøge og forbedre livet for borgere med lungesygdommen KOL.



Figur 1: Procesdiagram for vores forløb.

Indhold

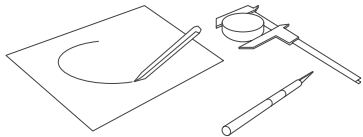
1



KOL 05

06 Intro
07 Motivation
08 Milepæle
09 KOL i en samfundskontekst
10 Metoder
11 Processtrategi
12 Problemstillinger

4



Koncept- og Produktudvikling 47

48 Første koncepter
49 Monitoreringsenhed
57 Iltflaske
61 Koncentrator

2



Research 13

15 Lungernes funktion
18 CO₂ ophobning
19 Målemetoder til registrering
23 Eksisterende behandlingsmetoder
26 Teknologiske muligheder
29 Materialer
31 Bæredygtighed og funktion
32 Brugerundersøgelse
41 Produktanalyse

5



Konklusion 66

67 Konklusion
68 Refleksion
69 Næste fase

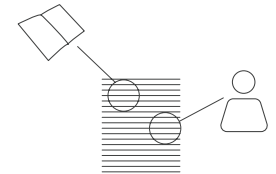
3



Stakeholders 43

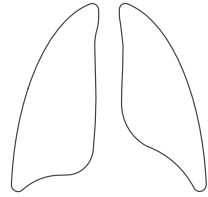
44 SPICE
45 Stakeholder i vores afgang
46 Aktuelle stakeholders kategoriseret

6



Referencer 70

71 Litteratur
74 Illustrationsliste



1

KOL

| | |
|-----------|----------------------------------|
| 06 | Intro |
| 07 | Motivation |
| 08 | Milepæle |
| 09 | KOL i en samfundskontekst |
| 10 | Metoder |
| 11 | Processtrategi |
| 12 | Problemstillinger |

Intro

Borgere med KOL lever et besværet liv hvor de er bundet til et næsekateter med tilhørende maskine eller flaske (**Billede 1**). Der er desuden et stort behov for at forbedre livet for borgere der får iltbehandling i hjemmet. Sygdommen danner en konstant betændelsestilstand i lungerne og lungevævet hvilket resulterer i at lungernes gradvist bliver ødelagt over tid, og til sidst vil KOL patientens tilstand være så påvirket af sygdommen at vedkommende omkommer. På grund af sygdommen lever borgerne et

kompliceret liv, og hverdagen er stærkt påvirket af de logiske udfordringer og angst forbundet ved at have en maskine i hjemmet til at hjælpe med noget så basalt som vejrtrækning. I mange tilfælde er patienterne afhængige af hjælp fra pårørende og sundhedspersonale. Sygdommen behandles med forskellige metoder, men ens for dem alle er, at de danner en ulige, angstfuld og besværet hverdag for de syge, sammenlignet med resten af samfundet. Vi har i projektet undersøgt ny forskning på

området og analyseret de kunstneriske og formmæssige tendenser der karakteriserer medico design. Vi har trådt ind i en specialist præget branche inden for iltbehandling og tilstødende områder og vi har været i dialog med forskellige eksperter undervejs i vores projekt. Vi har sparret med informanter på områder omkring det sundhedsfaglige, det teknologiske og vi har undersøgt brugerne og kortlagt deres problemer og behov. Med denne sparring og samarbejder med specialister mener vi, at vi er kommet i mål med et bud på en ny og innovativ iltbehandling der kan forlænge livet og forbedre livskvaliteten for mange mennesker.



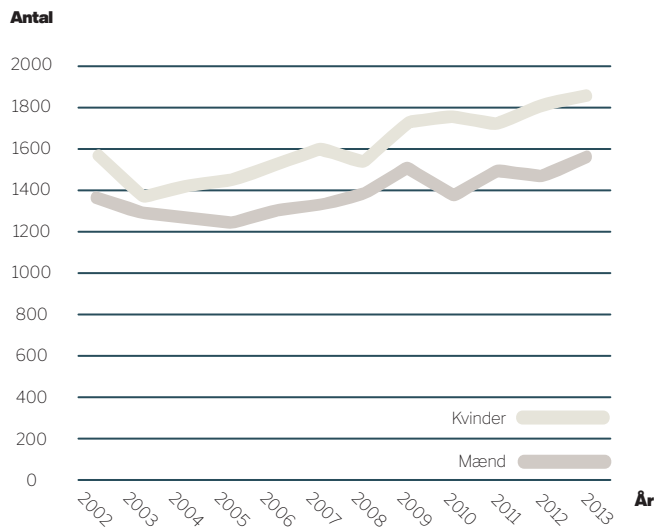
Billede 1: Eksempel på iltbehandling i hjemmet vha. stationær koncentrator (VitalAir, 2021).

Motivation

Behovet for iltbehandling er stigende (**Figur 2**) og der er ikke sket nævneværdige forbedringer på området hverken designmæssigt eller funktionsmæssigt i mange år. Eksempelvis fungerer doseringen af ilttilførslen kaldet; iltflowet, på samme måde som for 100 år siden. Fordi der netop ikke er sket forbedringer på designet, ved vi fra en af Danmarks leverandører af iltmaskiner; regionschefen hos Medical Danmark - René Theilgaard, at

der igennem tiden har været udviklet mange ikke gennemarbejdede løsninger ude hos de enkelte brugere. Et væsentligt problem ved iltbehandlingen er, at brugeren kun får tilført det rigtige iltflow i 47% af deres behandling (O2matic, 2021). Designet på det nuværende system er desuden ikke ret fleksibelt i forhold til at brugeren kan forlade hjemmet. For at etablere en bæredygtig løsning har vi arbejdet ud fra kriterier om at designe en løsning der

gør det nemmere at betjene apparaterne og muliggør øget fleksibilitet i hverdagen. Samlet set har det motiveret os at forbedre selve behandlingen, øge mulighederne for aktivitet og socialt samvær og give brugerne et mere trygt og selvstændigt liv som i højere grad kan ligestille dem mere med resten af samfundet (**Billede 2 og 3**).



Figur 2: Antal KOL dødsfald 2002-2013 i Danmark (Sundhedsstyrelsen, 2017).



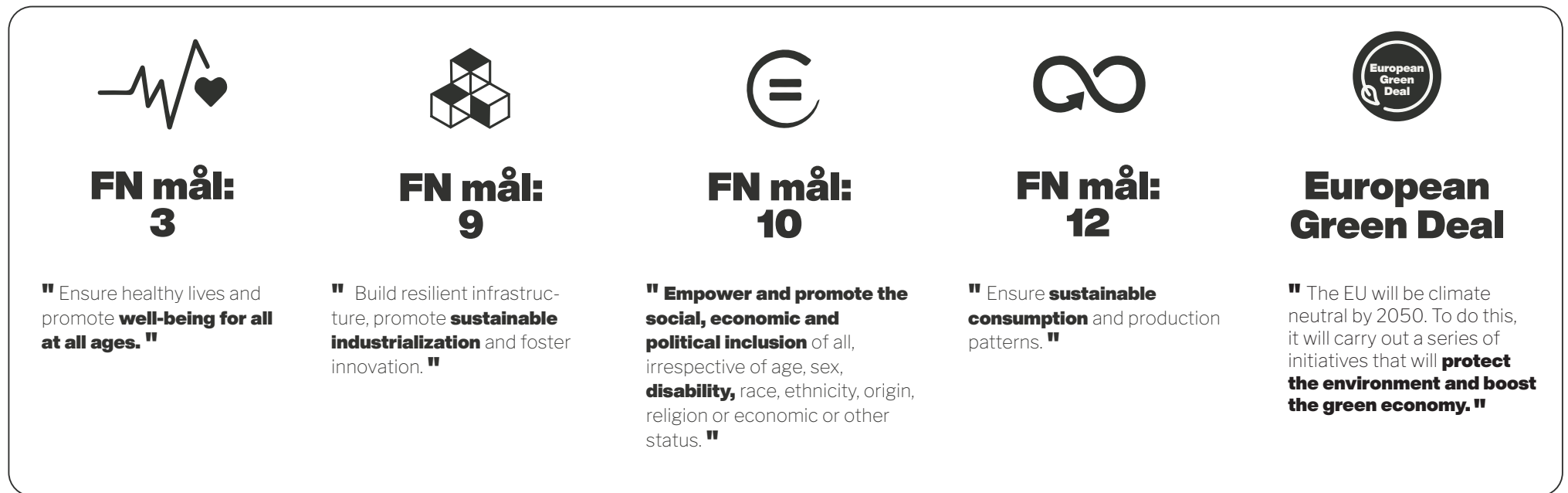
Billede 2-3: Eksempler på to brugere der lever et aktivt liv med iltbehandling (Philips, 2021).

Milepæle

Med de førnævnte mål for vores arbejde efterlever vi FN's verdensmål for bæredygtig udvikling 3: sundhed og trivsel, 9: at fremme inklusiv og bæredygtig industrialisering og 10: mindre ulighed. Vi har også haft en interesse i at optimere materialer på komponenterne og

vi vil forbedre delelementernes holdbarhed og muligheder for genanvendelse. Vi arbejder derfor også med verdensmål 12; ansvarligt forbrug og produktion (**Figur 3**). I og med vi indtænker mulighederne for at bruge

genanvendte rå materialer i et cirkulært system har vi ønsket at forbedre miljømæssige forhold og arbejdsvilkår, og vi har derfor også arbejdet med med de politiske initiativer fra Europa Kommissionen; European Green Deal.



Figur 3: Udvalgte citater fra FN's verdensmål (The global goals, 2021) og European Green Deal (Europa Kommissionen, 2021) som vi mener vi kan bidrage til i vores projekt.

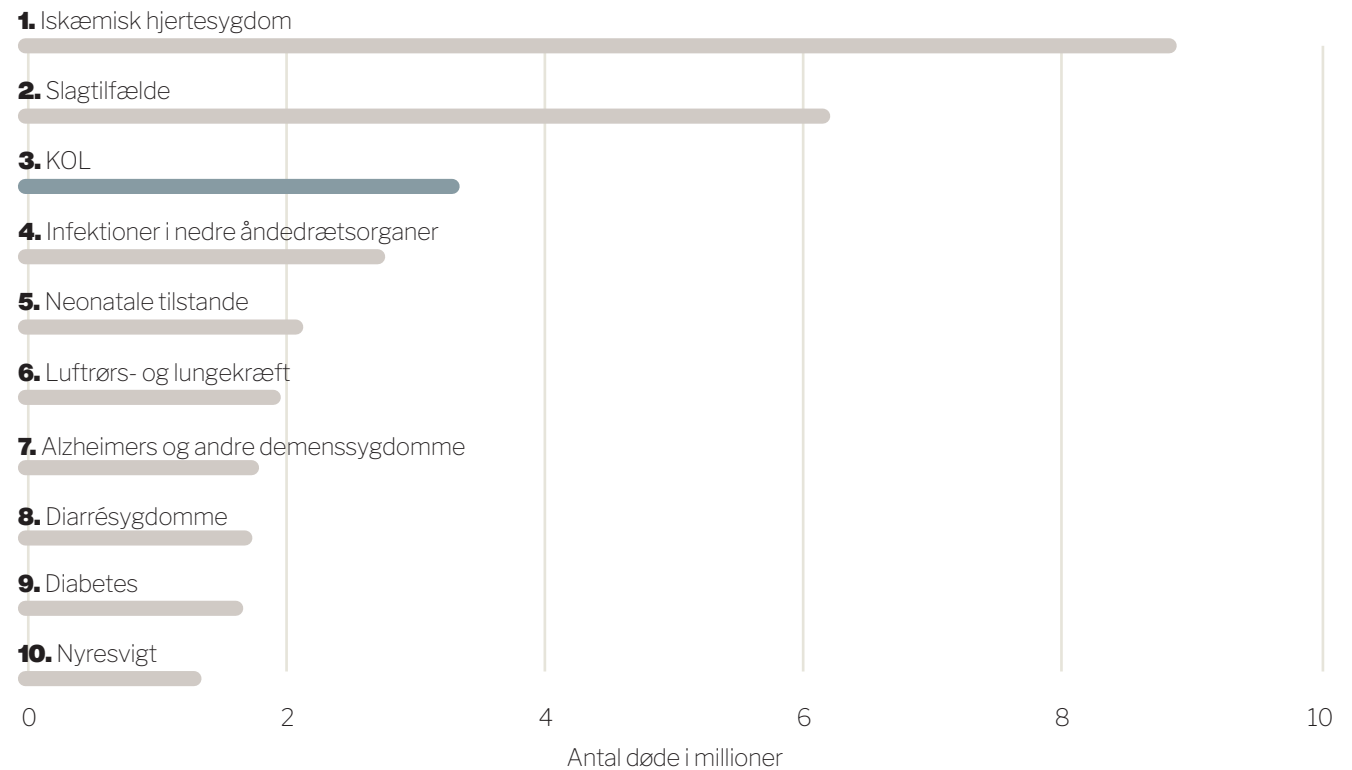
KOL i en samfundskontekst

På verdensplan er KOL den 3. hyppigste dødsårsag (**Figur 4**), og den hyppigste indlæggelsesårsag på medicinske afdelinger (Sundhedsstyrelsen, 2017).

Alene i Danmark lever 320.000 mennesker med lungesygdommen KOL, og hver dag dør 16 personer deraf. Hvert år bliver 25.000 akut indlagt, og de giver 54.000 ambulante lægebesøg. Ser man økonomisk på problemerne med KOL, så bliver der brugt mange ressourcer fra plejepersonale, som med de mange kontroller og justeringer af iltniveauet løber op i 8 mia. om året. Derudover

kommer tabt arbejdsfortjeneste som løber op i 4-5 mia. om året. Risikoen for at dø ved en indlæggelse med KOL er 7% ved første indlæggelse og det efterfølgende år 25%.

Behandlingsmetoderne er ikke tilstrækkelige og KOL har en højere dødelighed end en blodprop i hjertet og de fleste kræftsygdomme (Lunge, 2021).



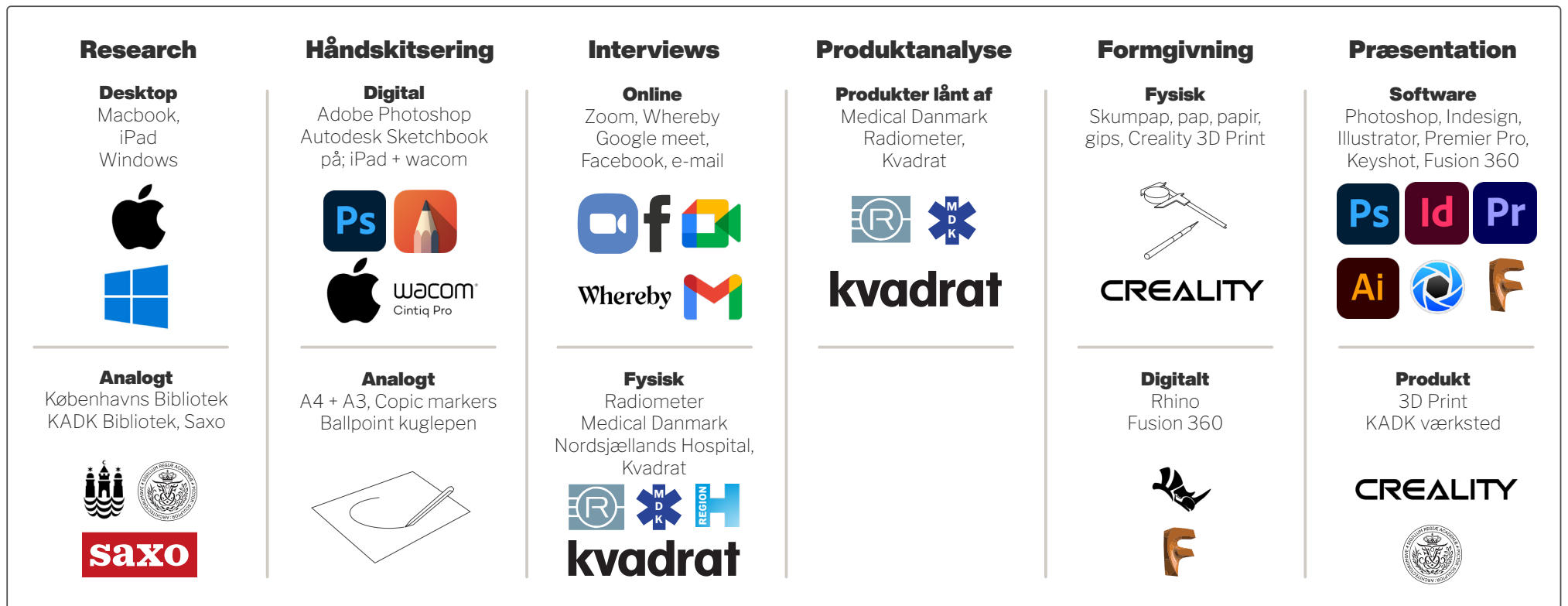
Figur 4: De 10 største dødsårsager kategoriseret af WHO, hvor KOL ligger nr. 3 (World Health Organization, 2020).

Metoder

I vores arbejde og især undersøgelser af brugerne og deres behov i dagligdagen har vi, grundet Corona, anvendt nogle lidt andre metoder end sædvanligt i vores arbejde. Brugere som modtager iltbehandling er i en

højrisikogruppe overfor covid 19 og vi har derfor fra valgt at mødes med dem fysisk, fordi vi anser os som en stor smittefare overfor dem. Vi har holdt kontakt via digitale platforme og fundet viden om brugerne gennem fagligt personale

som arbejder med brugerne til dagligt. Udover brugerundersøgelser har vi brugt en række metoder og forskellige værktøjer, alt efter hvilket område vi har haft behov for at udforske og undersøge (**Figur 5**).

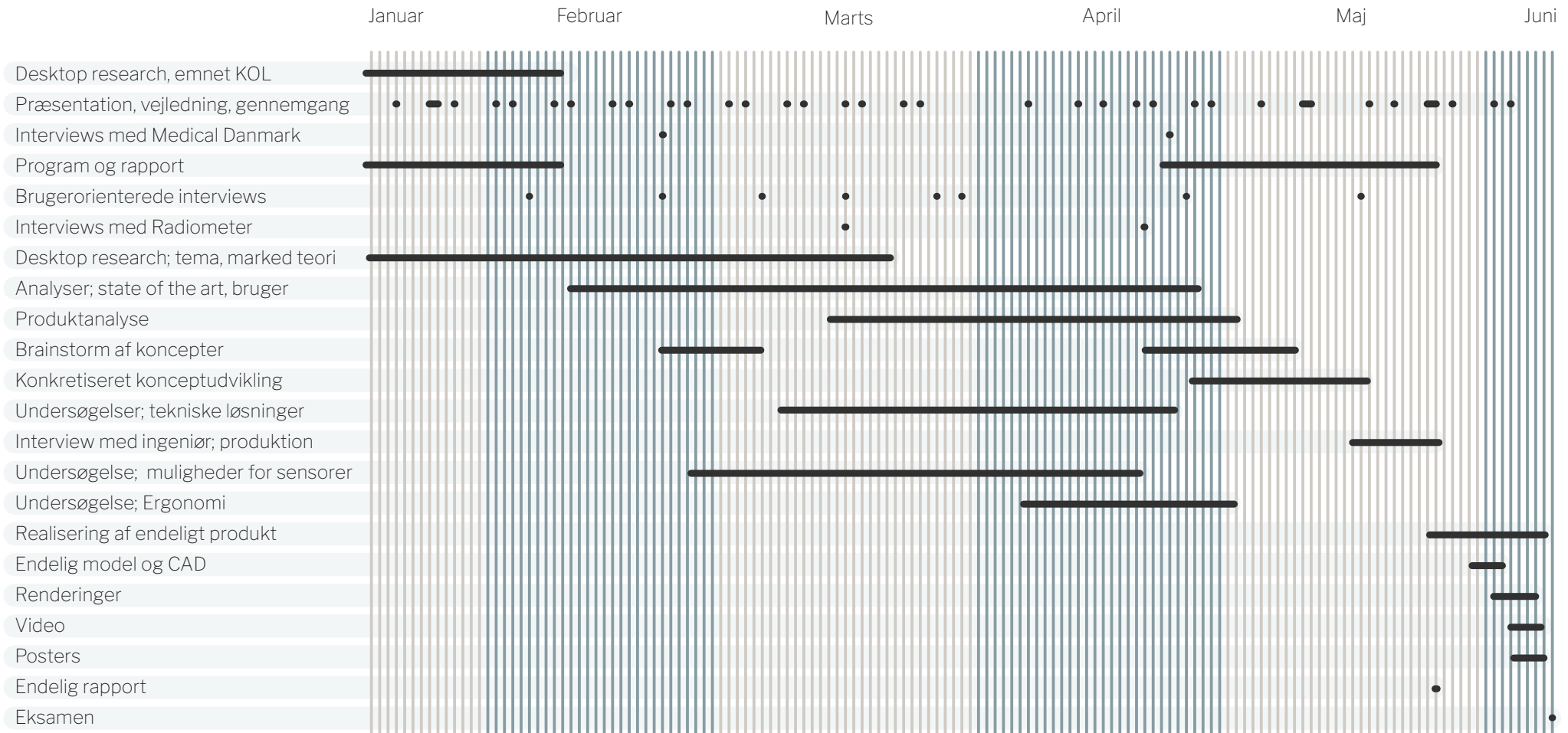


Figur 5: Konkrete værktøjer og metoder anvendt i vores arbejde.

Processtrategi i timeoversigt

Vores metoder er blevet anvendt i følgende rækkefølge i projektet (**Figur 6**). Dog med nogle gentagelser fordi der ind imellem har været

brug for at undersøge et element yderligere, som også kan ses i vores proces diagram på side 3.



Figur 6: Oversigt over vores strategi for processen.

Problemstillinger

På baggrund af vores første research om emnet KOL, blev vi klar over hvilke problemstillinger vi gerne ville arbejde med og undersøge yderligere:

Hvordan kan vi udvikle et produkt som øger livskvalitet og mobilitet hos borgere der får iltbehandling i hjemmet?

Vi har især haft fokus på at forbedre:

- **Iltflowet, så det reguleres automatisk alt efter brugerens aktivitetsniveau.**
- **Muligheder for et mobilt og socialt liv.**
- **Medsætning af støjgener i sociale samvær.**
- **Brugerens mentale helbred, vha. design af interaktion og brugergrænsefladen.**



2

Research

| | |
|-----------|---|
| 15 | Lungernes funktion |
| 18 | CO₂ ophobning |
| 19 | Målemetoder til registrering |
| 13 | Arteriepunktur |
| 13 | Transkutan monitorering |
| 14 | Non dispersive IR sensor |
| 23 | Eksisterende behandling |
| 23 | Ilt fra koncentrator |
| 24 | Komprimeret iltflasker |
| 25 | Flydende ilt |
| 26 | Teknologiske muligheder |
| 26 | Internet of things |
| 27 | Machine learning |
| 28 | Intelligent monitorering af CO ₂ |
| 29 | Materialer |
| 30 | Cirkulært brugersystem |
| 31 | Bæredygtighed og funktion |
| 32 | Brugerundersøgelser |
| 33 | Interviews |
| 33 | Observation via lukkede Facebookgrupper |
| 34 | Interaktion og brugergrænseflade |
| 36 | Angst |
| 37 | Støj |
| 38 | Spørgeskema |
| 39 | Mobilitet |
| 40 | Ergonomiske overvejelser |
| 41 | Produktanalyse |
| 41 | Produktanalyse af eksisterende produkt |

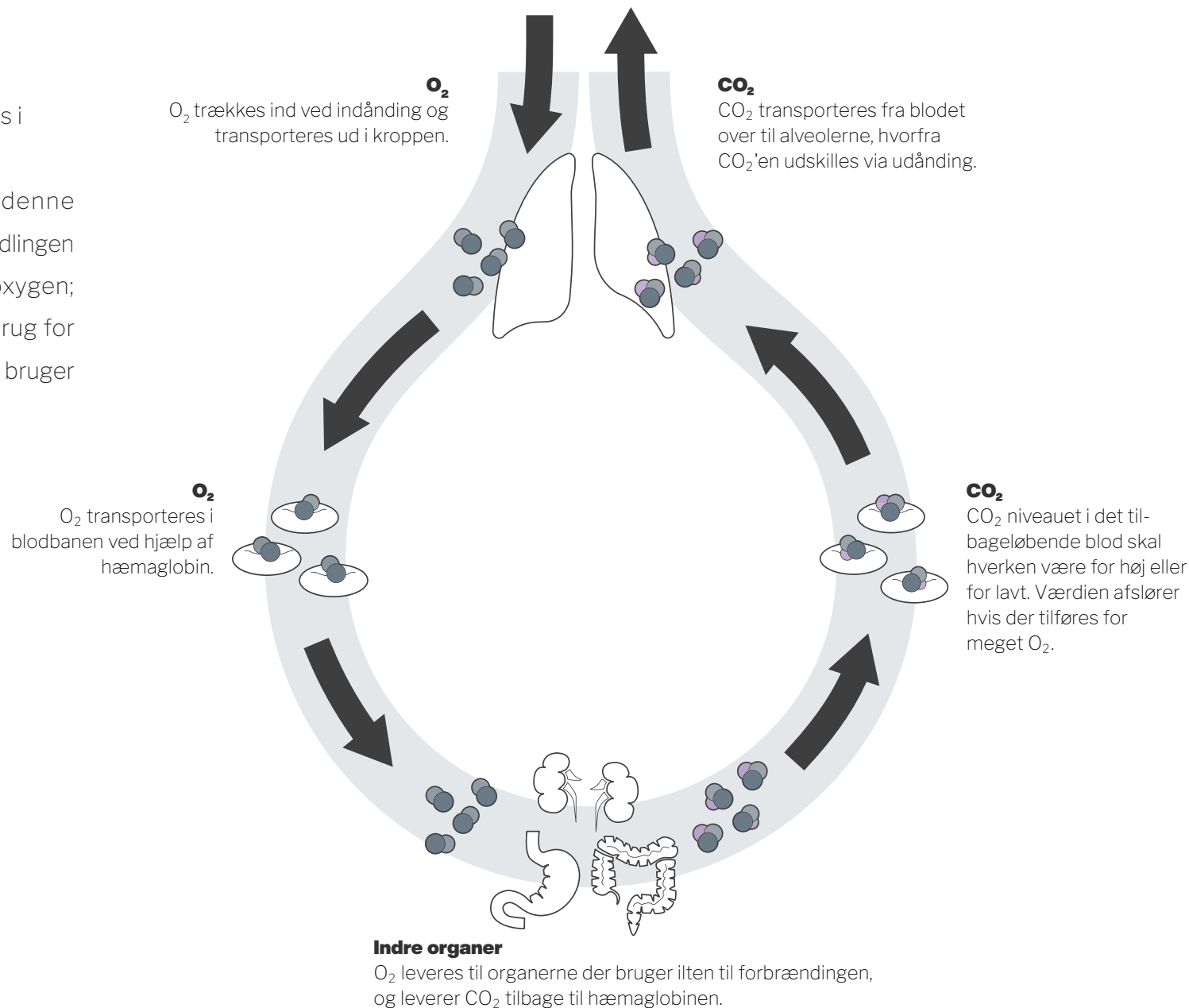
Vi har startet med at undersøge specifikke problematikker indenfor KOL behandlingerne, da den nuværende behandling ikke giver patienterne et stabil og tilstrækkelig behandlingsforløb. Sygdomsforløbet starter på lunge ambulatorisk afdeling hvor patienten får ordineret et iltflow. Iltflowet er en betegnelse for hvor meget ilt der skal tilføres lungerne, hvad enten det er fra en maskine, i flydende form eller fra en trykflaske.

Der kommer efterfølgende en montør til den pågældendes privatadresse og leverer de relevante komponenter til behandlingen, og indstiller og sætter systemet op for brugeren. Herefter får brugerne tilført det samme konstante iltflow, som ikke reguleres efter deres aktivitetsniveau. Netop dette konstante flow resulterer ofte i at brugeren bliver mere og mere immobil, fordi at åndenød for dem i mange tilfælde er angstfremkaldende. Studier har vist

at i og med at immobiliteten vokser, mindskes social aktivitet også. Denne cirkel af immobilitet skaber en høj forekomst af depression hos brugerne (Sundhedsstyrelsen, 2017). Det har derfor været bærende for vores projekt at få løst problemet omkring iltflowet, således at livet forbedres for de behandlede både på de psykiske og fysiske sundhedsmæssige områder.

Lungernes funktion

Oxygen; O_2 og kuldioxid; CO_2 udveksles i lungerne, og hele den menneskelige metabolisme er afhængig af at denne udveksling er til stede (**Figur 7**). Iltbehandlingen foregår ved at der tilføres kroppen oxygen; O_2 . Næsten alle kroppens celler har brug for oxygen til at danne energi. Raske lunger bruger ca. 6 liter ilt/minut (Lavesen, 2012).



Figur 7: Udveksling af oxygen og kuldioxid i kroppen.

Lungernes funktion

Ved nedsættelse af iltoptagelsen, afgiver slimhinderne i lungerne mere slim end nødvendigt. Slimlaget gør både luftvejen mindre og blokere for iltoptaget (**Figur 8**).

Yderst i lungernes struktur sidder alveolerne,

som er små lungeblærer der udveksler O_2 fra lungerne til blodet og CO_2 fra blodet tilbage til lungerne. Hos lungesyge er cellevægge i alveolerne nedbrudte og der er derfor en mindre kontaktflade til udvekslingen af O_2

og CO_2 . Det fører til at der er store områder af lungerne der ikke kan optage oxygen og overføre det til blodbanen, hvor det ellers skulle binde sig til hæmoglobin i de røde blodlegemer (**Figur 9**).

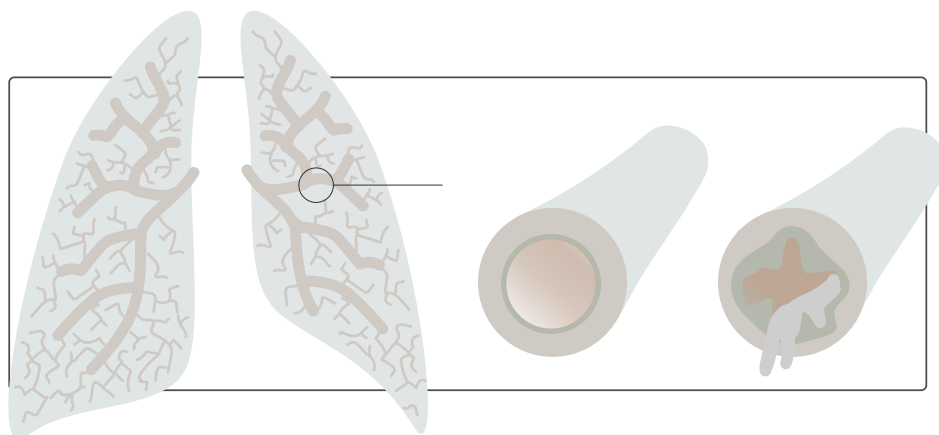
Lunger

Raske bronkier:

Ingen blokering af luftvejen.

Syge bronkier:

Slimlag blokerer luftvejen.



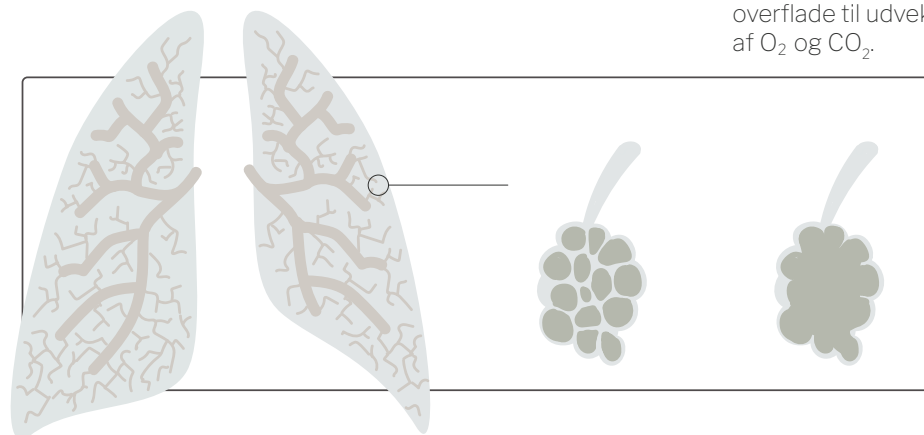
Lunger

Raske alveoler:

Sunde cellevægge.

Syge alveoler:

Nedbrudte cellevægge og derfor mindre overflade til udveksling af O_2 og CO_2 .



Figur 8: Raske bronkier og syge bronkier med blokeret luftvej på grund af slimdannelse (Eanatimi, u.d.).

Figur 9: Udveksling af O_2 og CO_2 i kroppen Eanatimi, u.d.).

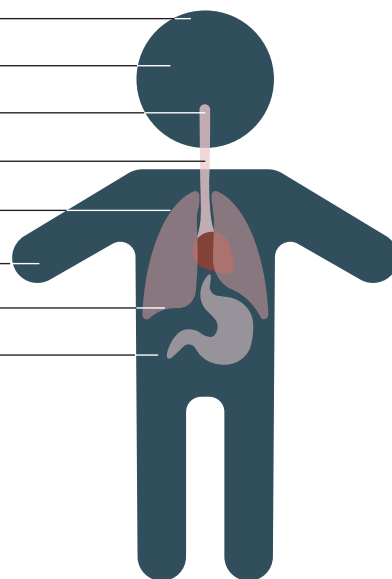
Lungernes funktion

Ved at tilføre lungerne en højere koncentration af O₂, sikre man at der optages mere i blodet, men det er en kompliceret proces at bestemme den korrekte mætning som skal ordineres til

iltbehandlingen fordi kroppen, ligesom ved for lidt oxygen kaldet hypoksi, også kan få for meget ilt, kaldet hyperoksi (**Figur 10**).

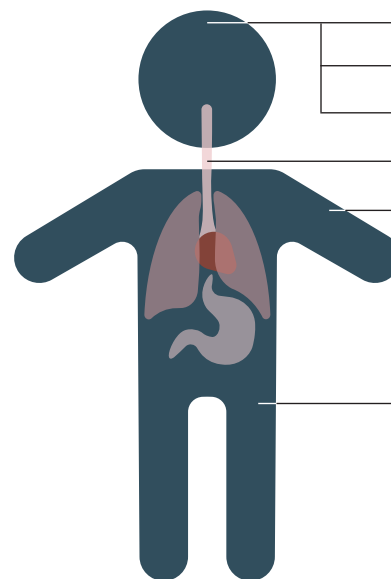
Symptomer for på meget ilt:

- Svimmelhed
 - Sløret syn
 - Hoste
 - Let hals irritation
 - Brystsmerter
 - Muskelkramper; ansigt, hænder
 - Problemer med at trække vejret
 - Kvalme
- (Blaivas, 2020)



Symptomer på for lidt ilt:

- Tung i hovedet
 - Svækket hukommelse
 - Koncentrationsbesvær
 - Åndenød
 - Afkræftelse
 - Væskeophobning i ben
- (Lungeforeningen, 2021)



Figur 10: Symptomer ved forkert mængde ilttilførsel til kroppen.

CO₂ ophobning

Når borgere med KOL ikke i tilstrækkelig grad kan komme af med CO₂ bliver de trætte og føler en grad af bedøvelse. En CO₂ forgiftningen kan føre til at vedkommende stopper helt med at trække vejret og omkommer (Løkke, 2016). Forgiftningen opstår hvis brugerne får tilført et for lavt iltflow; liter pr./m. I artiklen: Emergency oxygen therapy for the COPD patient, fra 2001 har man gennemgået litteratur fra 1966 til 2000 der omhandler iltbehandling af KOL

patienter. Patienter med KOL vil kronisk have et lavt partialtryk af O₂ i arterieblodet, kaldet; PaO₂, og et kronisk forhøjet partialtryk af CO₂ i arterieblodet kaldet; PaCO₂ (Murphy, 2001). Artiklen nævner studier der påviser at iltbehandlingen af KOL patienter bidrager til et øget PaCO₂ i blodet, og derved en faldende pH værdi. Det vil sige at en måling af pH og pCO₂ kan kobles til et PaO₂ niveau og iltbehandlingen vil kunne forbedres fordi både PaCO₂ og pH vil

give et udfald når brugeren får tilført for lidt ilt eller har iltophobning. Ud fra det monitorerede data har vi set muligheder i at automatisere det tilførte iltflow alt efter brugerens behov. På den måde vil man kunne justere iltflowet over tid og sikre at brugeren får tilført den rigtige mængde ilt i højere grad end vi ser nu, hvor de som sagt kun får tilført det rigtige flow i 46% af tiden de behandles, grundet et statisk iltflow.

Målemetoder til registrering

For at kunne måle CO₂ hos patienterne undersøgte vi hvilke muligheder der anvendes. Vi har været interesserede i at finde en sensor som kunne måle værdierne uden at lave hul i huden og kræve en blodtagning af brugeren. Her fandt vi medico virksomheden Radiometers produkt; transkutan monitorering.

Denne sensor bliver brugt på mange hospitaler og hos hjemmeplejen bla. i Frankrig og Spanien, netop til at tjekke om borgere der får iltbehandling, har CO₂ ophobning. Produktet erstatter ikke den mest sikre metode til CO₂ måling: arteriepunktur, der kan analyserer de eksakte værdier.

Arteriepunktur

Måling af CO₂-niveau i blodet bestemmes ud fra en blodprøve som bliver taget fra en pulsåre, ofte i håndleddet. Prøven skal foretages af en læge eller sygeplejerske, der derefter kan analyseres CO₂ i blodet. **(Billede 4)** Dette er endnu den metode der giver de mest reelle værdier.

Fordele:

- Reelle værdier

Ulemper:

- Foretages når patienter er kommet på hospitalet
- Smertefuldt indgreb
- Risiko for infektion fordi der foretages et indgreb
- Afhængig af sundhedsfaglig



Billede 4: Eksempel på en arteriepunktur der lægges i en patients håndled (Vecchia, 2016).

Transkutan monitorering; tcpCO₂

Denne monitorering fandt vi favorabel fordi den er i stand til at måle CO₂ ophobningen i arterierne, gennem huden og ikke kræver en lægefaglig person **(Billede 5)**.

Vi blev introduceret til produktet af Radiometers produkt specialist; Mia Bækmark, der gav os lov at låne apparatet efterfølgende så vi kunne prøve det på egen krop. Produktet har den fordel at det kan foretage målinger uden på kroppen, men dog lidt omstændigt at påsætte, udskifte og vedligeholde. Desuden varmes huden op til 42 C for at sikre at porerne åbnes og CO₂en kan diffundere op til sensoren. Temperatur stigningen giver ulemper i forhold

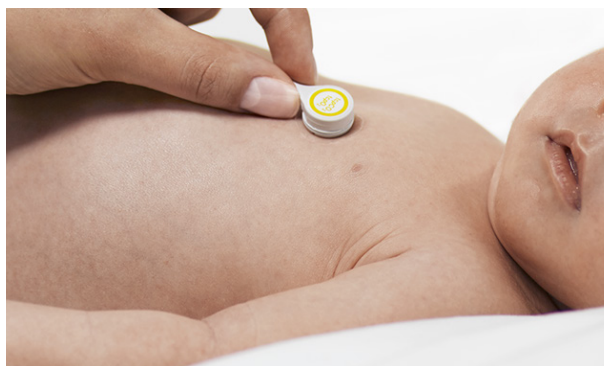
til at brugeren må skifte placering af sensoren hver 8. time og at der en responstid på ca. 15 min. fra man starter monitoreringen til man får de rigtige værdier ud igennem huden. Desuden er der ulemper forbundet med at setuppet fungerer ved en elektrokemisk reaktion, som både gør at der skal udskiftes et gel i sensoren og at systemet driver. Derfor skal systemet ofte kalibreres, hvilket tager tid inden monitoreringen kan starte. Produktet virker godt for trænede sundhedsfaglige personer, men vi så nogle udfordringer hos KOL brugere der skal anvende løsningen i deres dagligdag.

Fordele

- Måling uden på huden - inden indgreb.
- Konstant måling på op til 8 timer ad gangen.
- Ingen smerte forbundet med monitoreringen.

Ulemper

- Kræver træning pga. besværlig vedligehold.
- Skal flyttes efter 8 timer.
- Kan kun måle bestemte steder på kroppen.
- Responstid på 15 min.
- Driver i værdier og skal kalibreres ofte.
- Skal skiftes med en anden sensor og lades op.



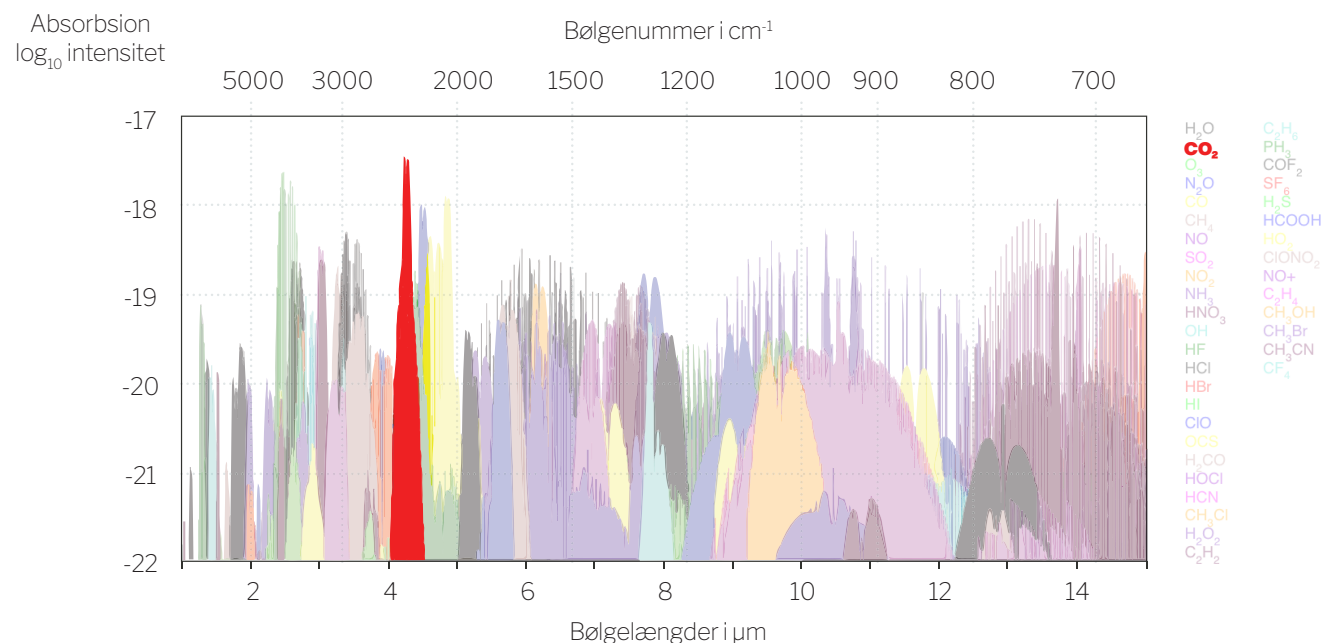
Billede 5: Radiometers transkutane monitorering; TCM5, (Radiometer, 2021).

Nondispersive IR sensor

Den transkutane løsning har brug for meget batteri, meget vedligeholdelse og den skal skifte placering efter 8 timer ved en konstant måling. Fordi det er så relevant at KOL patienter får målt deres CO₂ niveau over tid, har vi holdt fast i denne grundmetode. Vi fandt en løsning i forhold til at belaste kroppens målepunkt. Hvis den transkutane sensor istedet måler i bestemte intervaller og ved kun at måle når der blev registreret ændringer af brugerens aktivitet vha. et gyrometer og puloxymetri. På den måde kunne vi mindske meget af vedligeholdelsen for brugeren, spare batteri og brugeren ville skulle skifte placering sjældnere. Vi delte ideen med Mia Bækmark, der efterfølgende inviterede os til møde med Radiometers udviklingsafdeling. Ved mødet fik vi sparring med Radiometers manager for Research og Development; Oluf Danevang, hvor vi blev klar over at Radiometer har patent på en anden form for måling af CO₂

gennem huden. Metoden er baseret på optiske principper i en NDIR sensor; Nondispersive infrarød sensor (**Bilag 1**). Ifølge Oluf Danevang er Radiometers NDIR sensor mere præcis og har en hurtigere responstid, på ca. 3 sekunder, i stedet for de ca. 15 min. ved den transkutane sensor. En NDIR sensorer konstrueres efter specifikke gasser, her; CO₂ som gør at systemet

ikke bliver påvirket af omkringværende gasser. Sensoren er baseret på infrarød spektroskopi, der er et princip der udnytter at molekyler absorberer specifikke bølgelængder fra lys alt efter den molekylære struktur. CO₂ absorberer så en specifik del af bølgelængderne som giver et udslag der kan detekteres i et infrarødt lys spektrum (**Figur 11**).



Figur 11: Absorption af alle større gassers bølgelængder i et infrarødt lyspektrum, hvor absorption af CO₂ er markeret med rødt (Nenvitech, n. d.).

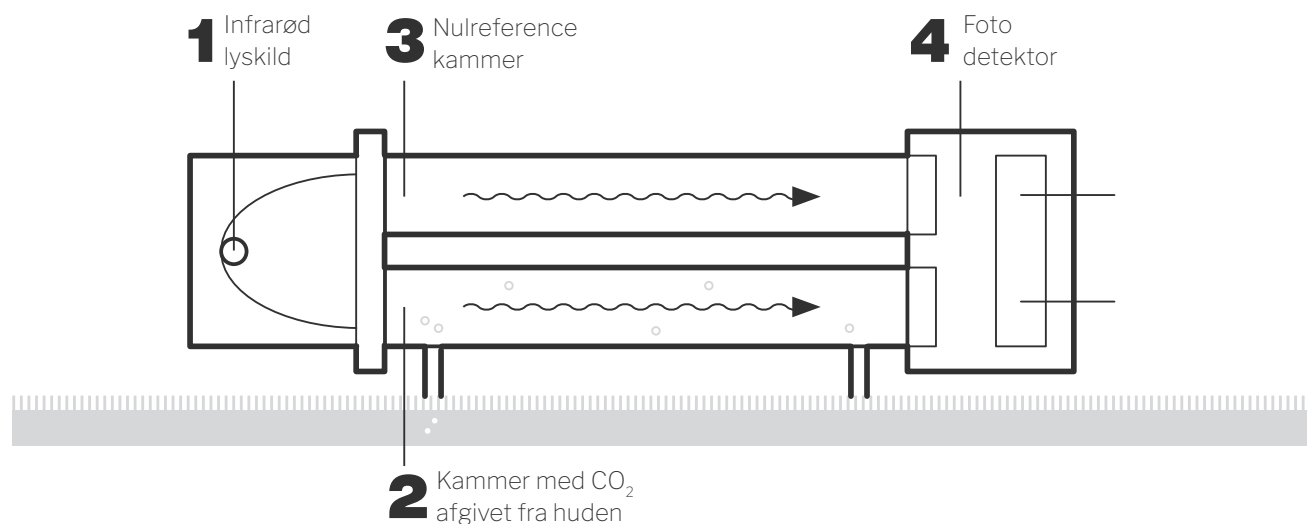
Nondispersive IR sensor

Sensoren (**Figur 12**) fungerer ved at sende infrarødt lys (**1**) igennem to kamre, hvor der i det ene kammer (**2**) absorberes en vis del af bølglængden på farvespektret alt efter mængden af CO₂ gasser der afgives fra huden. Det andet kammer (**3**) fungerer som en nul-reference, hvor der ikke er nogen gasser til stede og derfor absorberes der ikke nogen bølglængder i det infrarøde lys spektrum. Lyset

som sendes igennem kamrene registreres i to fotodetektorer (**4**), og systemet giver et output i form af stofmængdekonzentrationen, parts per million; ppm. Ved at systemet har en indbygget nul-reference detektor, driver værdierne ikke som ses ved den transkutane sensor, der derfor ofte skal kalibreres.

Det er rigtig interessant fordi det i vores projekt giver nogle fordele at bruge en NDIR sensor i

stedet for den transkutane sensor. Med NDIR sensoren skal der hverken kalibreres, skiftes membran, renses og påføres nyt elektrolyt gel og sensormodul, hvilket vil gøre hverdagen noget mere ukompliceret for brugeren. Vi har derfor arbejdet videre med NDIR sensoren i vores designarbejde af monitorerings enheden til vores samlede iltssystem.



Fordele

- Måling uden på huden - inden indgreb
- Konstant måling på op til 8 timer ad gangen
- Ingen smerte forbundet med monitoreringen
- Kræver ikke mange udskiftninger af brugeren
- Kan sidde flere steder på kroppen
- Mere præcis output end den transkutane sensor
- Responstid på 3 sekunder
- Mange muligheder for placering på kroppen

Ulemper

- Skal skiftes med en anden sensor og lades op
- Kan kun monitorere samme sted i mere end 8 timer
- Kan kun måle bestemte steder på kroppen

Figur 12: Princippet ved en NDIR gas analyse (Obaidullah, 2016).

Iltkoncentrator

I Danmark er den mest udbredte måde at få iltbehandling på, ved hjælp af en iltkoncentrator (**Figur 13**). En koncentrator koncentrerer den atmosfæriske luft til renhedsgrader af O₂ på 90-98%, og leverer iltten gennem en slange og ud gennem næsekateteret. Brugeren er koblet til iltapparat med en 20-30 m. lang slange, så brugeren kan bevæge sig rundt i hjemmet uden at skulle flytte koncentratoren (Ringbæk, 2020) Lungeforeningen anbefaler at brugeren har

koncentratoren i et andet rum end der hvor brugeren opholder sig, fordi maskines støj ligger omkring 40-55 dB. Jo højere iltflow jo højere dB. 40 dB kan give indlærings- og koncentrationsforstyrrelser og 60 dB kan give høreskade efter længere tids påvirkning (AudioNova, 2019). Der er også udviklet mobile batteridrevne iltkoncentratorer som har gennemsnitlig strøm til ca. 2 timer, hvis iltflowet ligger på 3. Den bærbare iltkoncentratorer har

også en støj frekvens på 40-55 dB (Ringbæk, 2020). Iltkoncentratoren er den billigste løsning på markedet, da brugeren ikke skal have leverancer ret ofte, men har et fast hjælpemiddel stående. Koncentratoren gør også brugeren mere selvstændig i forhold fordi der kommer færre besøg af leverandøren. Dog skal leverandøren lave service på produktet hver tredje måned, og ved eftersynet tjekkes også brugerens forbrug af strøm, da det bliver godtgjort af det offentlige (Ringbæk, 2020).



Figur 13: En bruger af iltkoncentrator.

Komprimeret ilt på flaske

Hvis brugeren er meget aktiv og lever et sted hvor leverandøren ofte kommer forbi er det komprimerede ilt på flaske den mest anvendte behandlingsform i Danmark, da den er bærbar (**Figur 14**). Brugeren er tilkoblet hjælpemidlet, via en kort slange der føres til næsekateteret og brugeren er derfor tæt på produktet. Flasker

med komprimeret ilt leveres i forskellige størrelser som afhænger af brugerens fysiske aktiviteter og hvad brugeren selv kan løfte. En 2 liters ilt flaske har et indhold på ca. 380 l. En 3 liter flaske vejer 3 kg. og det er den vægt man mener at brugeren i gennemsnit kan løfte selv. 2 liters flasker svarer til at en bruger med et

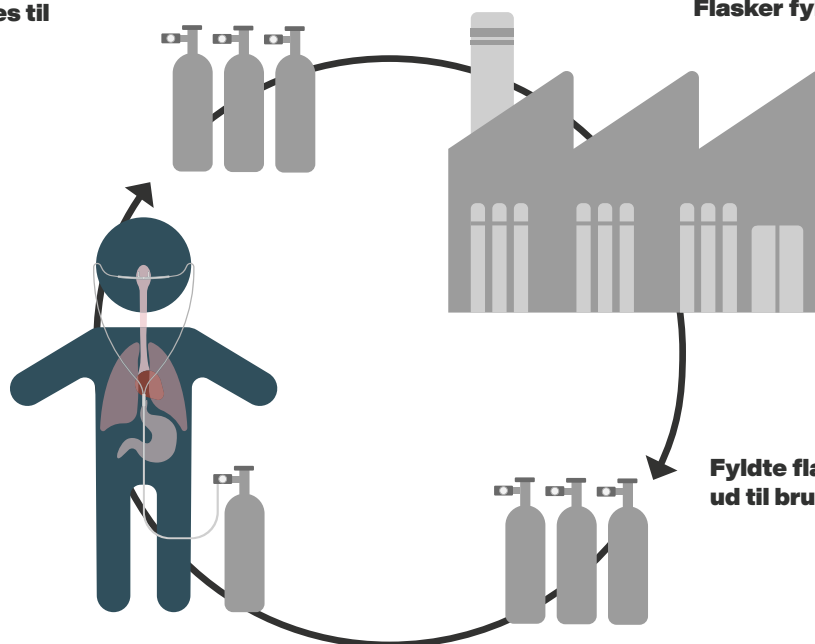
iltflow på 3 har ilt til 2 timer (Ringbæk, 2020). Behandlingsformen er dog kun for brugere der ikke har brug for meget ilt, fordi leverandører kun vil levere ilt hver anden uge, af økonomiske årsager.

Flasker transporteres til påfyldning

Flasker fyldes med flydende O₂

Brugeren anvender iltflaskerne

Fyldte flasker transporteres ud til brugeren



Fordele

- Afgiver ingen støj
- Brugeren kan gå ud fra sit hjem uden at skifte iltkilde

Ulemper

- Ikke muligt for de fysisk svageste brugere
- Ikke mulig for borgere der har brug for ilt i mange timer af døgnet
- Ikke mulig for brugere der har et højt iltflow og dermed et højt forbrug

Figur 14: En bruger af komprimeret ilt på flaske.

Flydende ilt

Flydende ilt er en anden form for bærbar behandlingsform (**Figur 15**). Beholderen består af en 50 kg. stationær tank hvor ilten er i flydende form og $-183\text{ }^{\circ}\text{C}$. Brugeren tapper selv den flydende ilt over til en mindre bærbar enhed, hvilket gør det muligt for brugeren at være mere mobil. Beholderne vejer mellem 1,6 og 3,5 kg. og kan have et iltindhold med 1,5 og 5,5 timer med iltflow på 3.

Behandlingsformen anvendes af meget mobile patienter, da der er større bevægelsesfrihed for brugeren i og med de selv kan fylde deres flasker fra den store tank. Dog kan brugerne der bor i etageejendomme uden elevator ikke benytte sig af denne behandlingsform, fordi det er for svært for leverandøren at få den tunge beholder frem til brugeren (Ringbæk, 2020). Brugeren skal også have en styrke og

forståelse af hvordan man fylder de mindre beholdere, da det er en besværlig procedure.

Fordele

- Afgiver ingen støj
- Brugeren kan gå ud fra sit hjem uden at skifte mellem hjælpemiddel

Ulemper

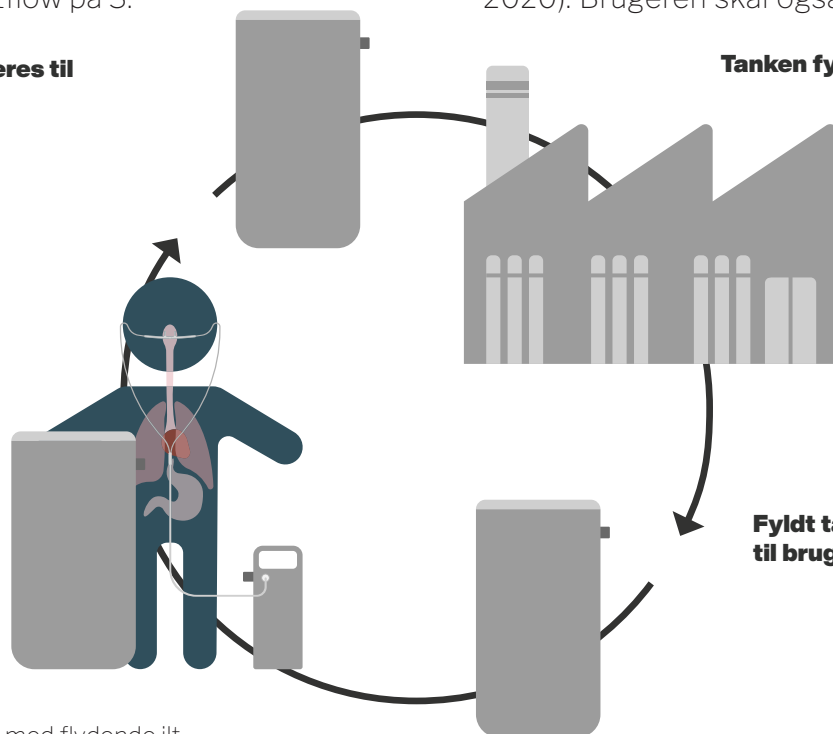
- Ingen mulighed for brugere der bor i etageejendomme.
- Ikke mulig for brugere der har et højt iltflow og ofte skal have leverancer
- Besværlig påfyldning fra stor tank til mindre flasker
- Der sker mange skader ved påfyldninger.

Tanken transporteres til påfyldning

Tanken fyldes med flydende O₂

Brugeren påfylder mindre flasker fra stor tank

Fyldt tank transporteres ud til brugeren



Figur 15: En bruger med flydende ilt.

Når man sammenligner behandlingsformerne, er der nogle ulemper og fordele som vi mener er relevante at overveje for vores løsning. Der er fordele i at have en bærbar flaske med brugeren ud af huset som giver dem frihed fordi den er lydløs. Koncentratoren giver frihed til brugeren fordi der er færre leveringer, og de ikke skal bære på noget når de er i hjemmet. Det har vi taget med videre i vores undersøgelser.

Internet of Things

I og med at vi gerne vil lave en automatisk regulering af iltflowet i stedet for det nuværende statiske iltflow har vi undersøgt hvilke teknologiske muligheder der findes. Internet of Things; IoT er et bredt begreb som betegner ideen om at alle elektroniske enheder har forbindelse til internettet (**Figur 16**).

Med udtrykket Smart Cities er alt fra vores biler til byens lygtepæle forbundet til internettet. Man kan ved hjælp af IoT følge med i hvornår eksempelvis en bil har kørt et vist antal kilometer, og derfor bør komme til service, eller have nyt olie. Denne information kan formidles

via en app inden der opstår en problematisk situation. Hensigten er at forbedre og optimere vores tid og forbrug i hverdagen, og bagsiden er at alt hvad vi gør og hvor vi gør det, lagres i som data (Bach, 2019).

Med en kombination af bredbåndets udbredelse, lavere priser for internetforbindelse, flere enheder med indbygget wifi funktioner og sensorer, lavere priser på teknologi og smartphonens udbredelse er der de perfekte forhold for IoT (Morgan, 2014). Som en del af 5G netværket medfølger en ny netværksløsning kaldet Narrowband (NB-IoT). NB-IoT har en

større rækkevidde og benytter en lavere frekvens, som gør at det er mere relevant at bruge til små dataoverførsler i faste intervaller, som f.eks. ved overvågning af demente (Acubit, 2019, Otiom) og landbrugsdyr eller forsynings løsninger til vand-og el måling (Bach, 2019). NB-IoT muliggør også at batterilevetiden bliver forlænget markant. (TDC, 2019, Narrowband IoT). NB-IoT er udbredt globalt, og er den oplagte løsning for monitorerings modulet, da det data der skal indsamles og behandles er småt.



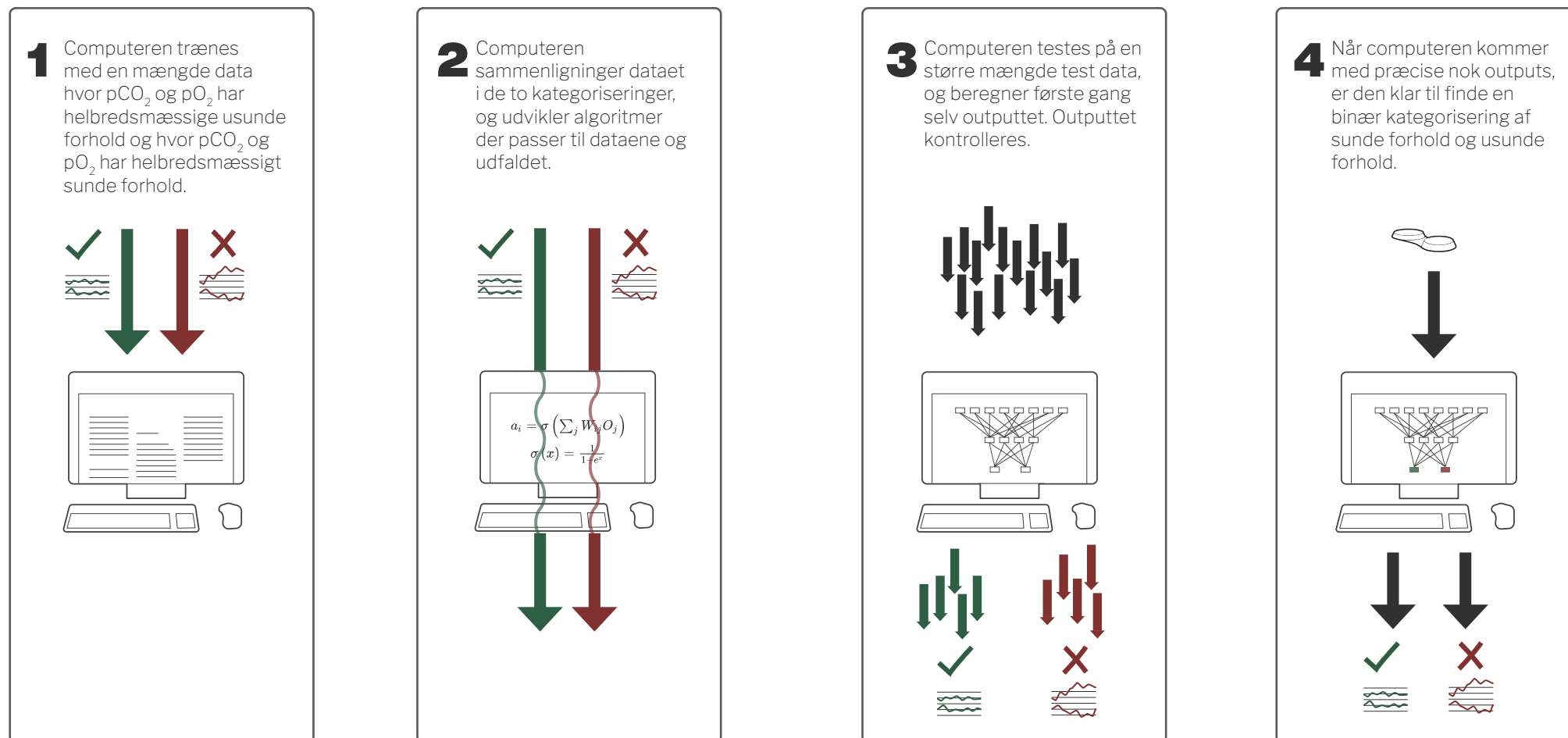
Figur 16: Eksempler på objekter der har forbindelse til internettet (Dreamstime, 2021).

Machine learning

Machine learning er en kategori under betegnelsen kunstig intelligens og fungerer ved at en computer kan lære af sine behandlinger

(**Bilag 2**). En computer programmeres til at lagre hvad den har beregnet og er så i stand til at tilpasse sine algoritmer ved at finde

sammenhæng i dataet og her efter udvikle algoritmer ud fra den lagrede mængde algoritmer (**Figur 17**).



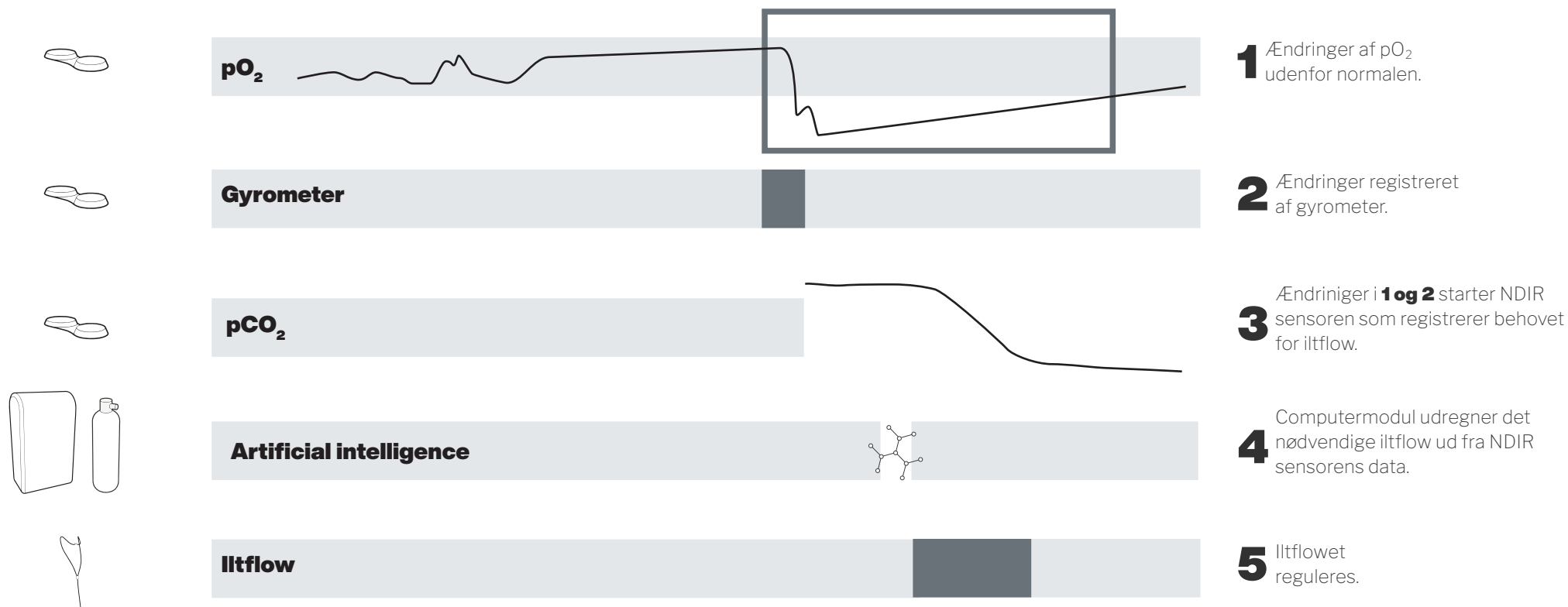
Figur 17: Forenklet princip af teknologien bag machine learning.

Intelligent monitorering af pCO₂

For at forbedre selve behandlingen hos brugerne har vi valgt at inkorporere mulighederne som machine learning og IoT kan give. Systemet skal altså ikke kun bestå af en itlkilde til brugeren som hidtil, men systemet skal i stedet være trænet til at regulerer iltflowet efter brugernes behov. På den måde

kan de få et iltflow tilført som passer både til en gåtur og det at sidde stille. Systemet fungerer ved at der sidder en monitoreringsenhed på brugerens krop. Når et gyrometer opfanger ændringer i positionen og der registreres ændringer i O₂, starter sensoren med at varme op og måler pCO₂ i en kort periode. På den

måde spares der batteri på CO₂ målingen, og monitoreringsenheden skal ikke flyttes rundt på kroppen fordi den kun er 42 °C i korte intervaller. Ved registrering af en ændret aktivitet, reguleres tilførslen af iltflowet automatisk, så det passer brugerens data (**Figur 18**).



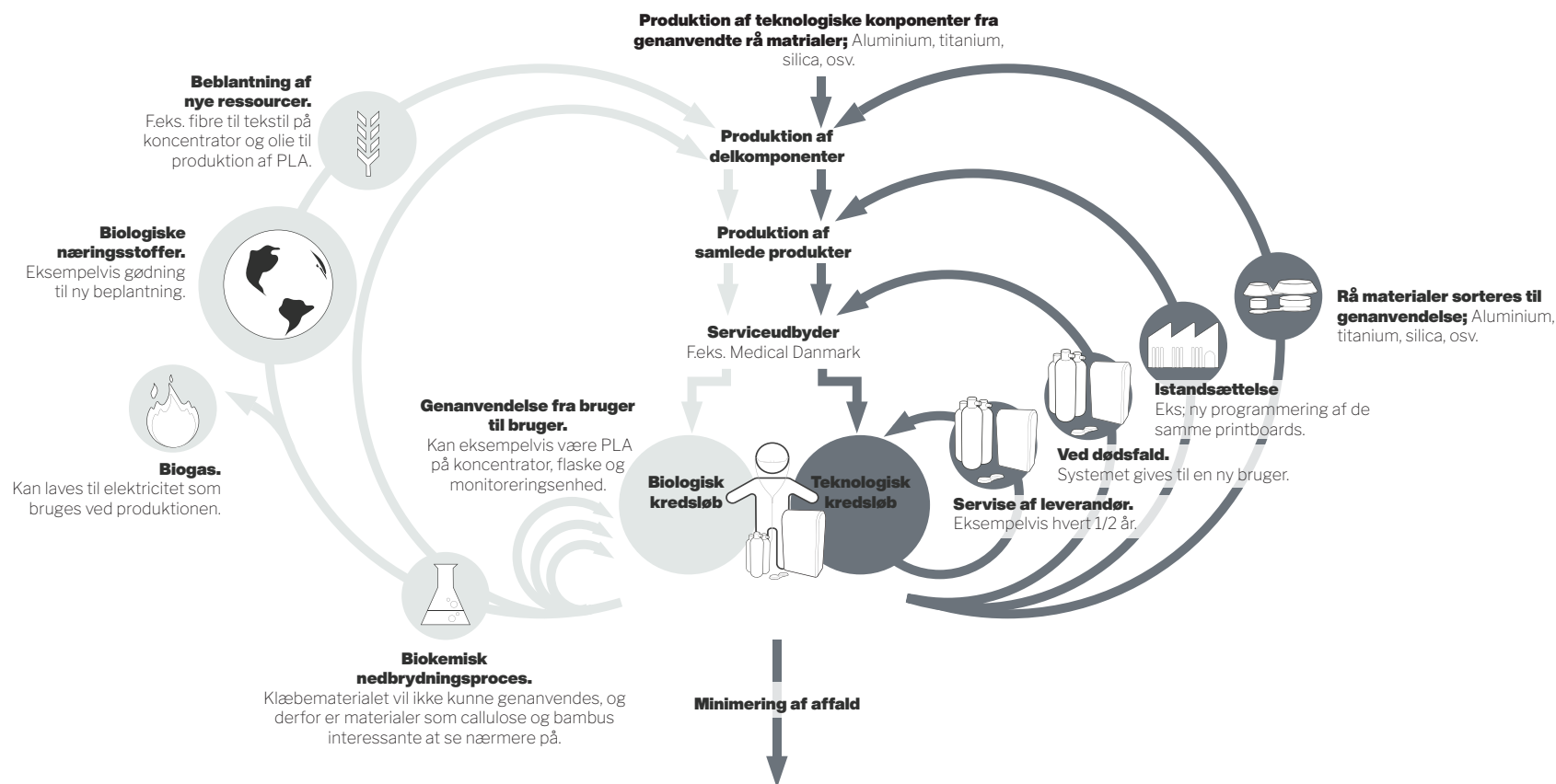
Figur 18: Når systemet registrerer ændringer starter pCO₂ målingen, og iltflowet reguleres efter den samlede data.

Cirkulært brugersystem

I gennem vores produktudvikling har vi løbende set på de forskellige komponenters muligheder for materialeoptimering. Som udgangspunkt

har vi været inspireret af cradle to cradle design modellen, som første gang blev udviklet af en tysk kemiker; Michael Braungart og amerikansk

arkitekt; William McDonough, og anvendt den til vores design (**Figur 19**).



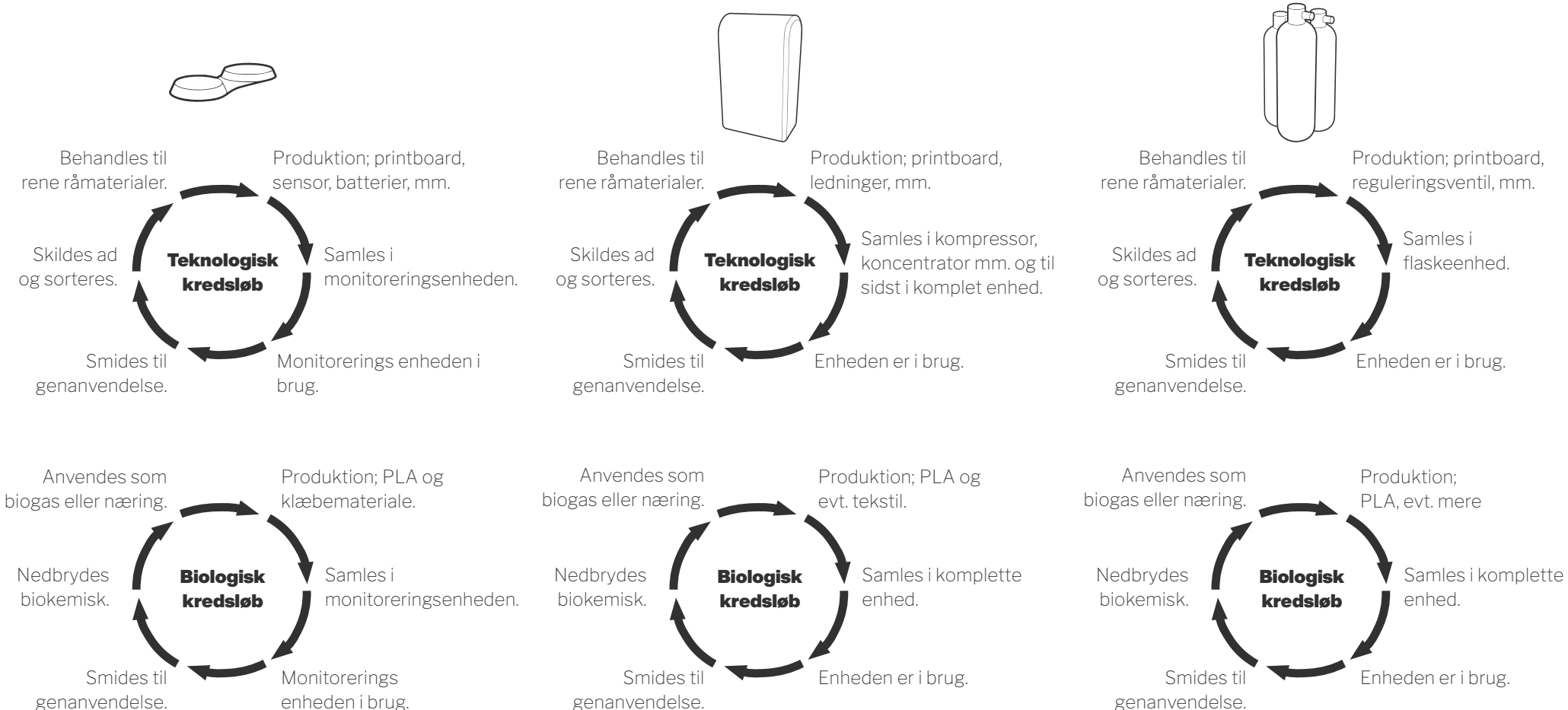
Figur 19: Systemets cirkulære strategi, med nogle komponenter tilhørende det tekniske kredsløb og andre det biologiske kredsløb.

Cirkulært kredsløb

Især har vi haft en intention om at efterleve Cradle to Cradles vision om at bidrage til; “en verden, hvor forbrug og produktion har en positiv effekt både på økonomi, miljø og

mennesker” (vugge til vugge, 2021). Vores løsning består af forskellige dele der skal fungere hver for sig, og vi har derfor også anvendt modellen selve koncentratoren/

kompressoren (**Figur 20**), på monitorering enheden for sig (**Figur 21**) og flaskerne for sig (**Figur 22**).



Figur 20-22: De tre produkter med komponenter fordelt på det tilhørende det tekniske kredsløb og andre det biologiske kredsløb.

Bæredygtighed og funktion

Da vi benytter os af materialer der indgår i både det bionedbrydelige og det teknologiske kredsløb, vil vi i samlinger og overgange mellem komponenter designe let tilgængelighed til adskillelse af komponenterne. På den måde sikre vi at materialerne har muligheder for genanvendelse. Det er vigtigt at de rå metaller og de teknologiske komponenter komposteres korrekt, da de ved almindelig forbrænding

udleder meget CO₂. Disse komponenter skal derfor indgå i en omsmelting til nye materialer, som vi er med til at opnå det fælles samfundsmål om at mindske udvindingen af nye råmaterialer, og bruger i stedet de eksisterende.

Komponenterne der indgår i det teknologiske kredsløb, ser vi et potentiale i at optimere så de kan holde i mange år. Eksempelvis vil flasken

være så bestandig at den vil kunne holde i mindst 15 år som for eksempel Acecare Carbon Fiber Cylinder (Acecare, 2021). I og med at vi indtænker mulighederne for at producere de teknologiske komponenter fra genanvendte materialer, håber vi at kunne være en del af forandringerne som er beskrevet i en nyere pagt udarbejdet af Europa Kommissionen; the European Green Deal.

Brugerundersøgelser

I løbet af vores arbejde har vi hele tiden haft brugeren i centrum, i alle de valg vi har truffet gennem produktudviklingen. Som udgangspunkt har vi arbejdet med at finde det mest universelle design som samtidigt løser brugerens behov. Det er derfor også ret spændende at arbejde med at udvide et system med en monitorerings enhed og et flaskesystem, der overordnet gør systemet

mere avanceret, da vi som regel arbejder med gøre designs mere enkle. Vi har derfor lagt meget arbejde i at gøre det samlede system mere enkelt, selvom det består af flere elementer, som til gengæld muliggør en mere akkurat behandling, der kan skabe trykthed for brugeren. Vores målgruppe har vi kategoriseret ud fra helbredstilstand, og

vi arbejder dermed med en divers gruppe når det gælder parametre som køn, alder og økonomiske muligheder. I vores undersøgelser er vi blevet klar over at brugere som har de samme behandlingsmæssige behov, spænder helt fra start 40'erne til en meget høj alder. Derfor ser vi på helbredstilstanden som faktor for hvilken gruppe vi designer til (**Figur 23**).

Velfungerende helbred

Brugeren lever et liv uden smerter og besvær.

Overvejende godt helbred

Små helbredsmæssige udfordringer hvor brugeren endnu kan leve et normalt liv med arbejde og daglige aktiviteter. Skal træne lungerne for at have det godt, bruger ilt på flyrejser og medicineres med inhalator.

Nedsat funktion

Bruger ilttapperat mindst 16 timer i døgnet. Brugeren har bærbart ilt med når vedkommende er ude af sit hus.

Alvorligt nedsat helbred

Brugeren er sengeliggende og er evt. indlagt på lungemedicinsk afdeling eller på plejehjem.



Figur 23: Brugerne som vi især har fokuseret på at forbedre livet for.

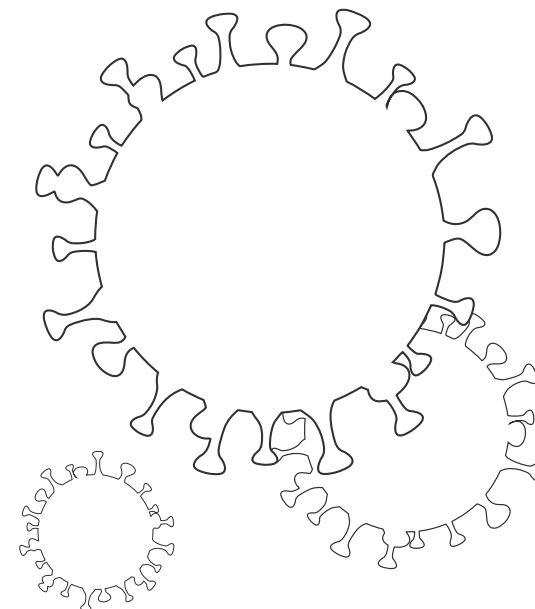
Interviews

Et interview i brugerens hjem, hvor vi med åbenhed får et indblik i brugerens dagligdag er at foretrække. Det er som hovedregel vores førsteprioritet, men grundet Covid 19 har vi brugt spørgeskema, talt med pårørende, forskellige faggrupper som arbejder tæt med brugerne og haft kontakt med brugere via Facebook. Medical Danmark gav os mulighed for at tage med på en af deres leverandørers daglige ruter og besøge borgerne, men da vi ser os som smittefare overfor en risikogruppe har valgt ikke at sætte nogen i en risiko.

Observation via lukkede Facebook grupper

I lukkede grupper på Facebook har vi kunnet observere kommunikationen mellem forskellige KOL borgere. Her har brugerne et trykt online miljø hvor brugerne hjælpe hinanden med forskellige daglige problemer vedrørende KOL. For eksempel er der lange snakke om frygten for at gå i bad og hvilke koncentratorer der giver færrest støjgener. Derudover er der

korrespondancer omkring placeringen af deres apparater, angst og muligheder for alternative løsninger for deres problemer. Brugere deler også meget personlige ting og har en opbyggende og støttende tone (**Bilag 3**), og vi mener derfor at der er en troværdighed over deres udlæg, som vi har kunnet tage med i vores arbejde.



Figur 21: Covid 19 har dannet en anderledes proces for vores projekt.

Interaktions og brugergrænseflade

Først i vores proces undersøge vi brugernes behov i forhold til interaktion og brugergrænseflade på deres produkter. Der er, for nogle, en værdi i at kunne holde øje med systemets registreringer, hvor det for andre virker mere trygt ikke at forholde sig til det tekniske aspekt af behandlingen. I de nuværende tilfælde hvor brugerne gerne vil have overblik over deres helbred køber de, ved siden af deres nuværende iltssystem, et pulsoximeter (**Billede 6**).

Pulsoximeteret kan lave en grov måling af hæmoglobinet's oxygenmætning i blodet, og outputtet gives i procent. Pulsoximeteret måler altså ikke indholdet af kuldioxid i blodet, ligesom de NDIR sensoren og den transkutane sensor. De brugere der anvender et pulsoximeter anbefales at indgå et samarbejde med deres læge, fordi tallene ofte ikke helt er præcise, og der skal en lægefaglig til at kunne vurdere tallene (Ringbæk, 2020). Dette samarbejde

kan ske telemedicinsk, som betegner forskellige sundhedsydelser der understøttes digitalt. Hos borgere med KOL fungerer det telemedicinske samarbejde ved at brugerne får et TeleKit (**Billede 7**), som er en kasse med forskellige apparater i. Her angiver borgeren sine måleresultater som vedkommende selv har foretaget i løbet af dagen, og en læge vurderer så borgerens tilstand. (Region Nordjylland, 2020).



Billede 6: Eksempel på pulsoximeter, som giver brugeren mulighed for at følge med i oxygen saturationen i blodet (Hendricks, n. d.).



Billede 7: Et teleKit, som sætter bugeren i stand til at tage forskellige målinger der sendes ind til lægen, hvorefter der kan tages en vurdering af helbredet (Sundhed, 2015).

Interaktions og brugergrænseflade

For nogle borgere virker et TeleKit ikke beroligende, og det er mere trygt for dem med en hverdag uden at skulle foretage målinger selv. Det er derfor meget individuelt hvor meget borgere med KOL ønsker at registrere, notere og få oplyst omkring deres tilstand. I følge René Theilgaard, som ofte er i tæt kontakt med borgere der får iltbehandling, mener han at mange fra den ældre generation kan tage lidt afstand fra den teknologiske udvikling. Det er med til at nogle borgere ikke har tiltro til informationerne og i nogle tilfælde kan det virke angstfremkaldende at blive konfronteret med sundhedsfaglig information via teknologiske apparater. Vi har derfor taget højde for de individuelle behov for

oplysninger på brugergrænsefladen, og valgt at arbejde med at den digitale grænseflade sættes op af leverandøren, og tilpasses efter brugeren behov for information. På den måde imødekommer designet brugere der;

- 1. gerne vil have reel info omkring systemets målinger og reguleringer, og**
- 2. brugere der ikke har behov for information via systemet.**

Man kan forestille sig at der med tiden også sker en forandring af disse behov, hvor mange i dag anvender digitale apparater som smarte motions ure, der kan oplyse om alt fra indkomne e-mails, tweets, puls, gps, vejrforhold til kalorieforbrænding. Der sker måske derfor en forandring af tiltroen til teknologiske apparater og behovet for information og kontrol via dem, over de kommende år, hos de den nye gruppe der bliver en del af den ældre generation.

Angst

Sygeplejerske Jenny Villadsen og Marie Lavesen arbejder på lunge ambulatorisk afdeling på Nordsjællands Hospital og kommer tæt på borgere i iltbehandling. I et interview med dem fortæller de at stort set alle lungepatienter lider af angst og mange får derfor udskrevet antidepressiv medicin. Angsten kommer som et resultat af frygten for at blive kvalt, hvilket også beskrives af Lungeforeningen der tilbyder angst nedsættende rådgivning og online videoer med åndedrætsøvelser (Lungeforeningen, 2020). Åndedrættet er et væsentligt sted at sætte

ind, fordi angst ofte fører til hyperventilation, som betyder at brugeren får en hurtig og dyb vejrtrækning der i værste tilfælde kan munde ud i at brugeren besvimer (Straszek, 2018). Her findes der også forskning der påviser at man kan aktivere det parasympatiske nervesystem; der genopbygger kroppen, igennem forskellige vejrtræknings metoder (Russo, 2017). Disse vejrtræknings metoder får kroppen i ro og mindsker et kommende angstanfald og hyperventileringen (Russo, 2017), og hos Lungeforeningen har man i øvelsesvideoerne fokus på at brugerne laver

en så lang og langsom udånding som muligt. Det er interessant i forhold til produktudviklingen fordi man ved hjælp af fokus på åndedrættet kan afhjælpe en hyperventilering og i værste tilfælde besvimelse. Vi har derfor undersøgt metoder der anvendes for at nedbringe angst og arbejdet med det i vores formgivning af systemet. Vi har derfor arbejdet med at skabe tryghed i udviklingen af vores formgivning, hvor vi har fokuseret på at systemet skal stå og anvendes i brugerens hjem, uden at virke skræmmende ved at have et udtryk medicinsk udstyr.

Støj

Borgere der skal have iltbehandling modtager ikke de samme tilbud for valg af behandlingsform. René Theilgaard kom ind på emnet ved et besøg vi havde hos Medical Danmark hvor han er regionschef. Flydende ilt og komprimeret ilt tilbydes mest i storbyområder, hvor leverandøren ofte kommer forbi. Men borgere der lever nogle etager oppe eller ude på landet får som regel altid en iltkoncentrator, der ikke kræver meget kørsel, arbejde og mange besøg fra leverandøren.

Dertil får de tilbudt den lille bærbare koncentrator som kan bruge batteri. Borgere har derfor ikke de samme rettigheder i forhold til at modtage en lydløs behandling, som også kommer til udtryk på KOL-gruppens Facebook side. Her er der eksempelvis en borger der lever i en etværelses ældrebolig, som ikke kan stille koncentratoren ud på toiletter da dens specifikationer ikke tåler høj fugtighed. Vi ser netop den ulighed som et vigtigt element vi gerne vil ændre, sådan at alle får mulighed

for at tilvælge en stille behandlingsform. Det vil give brugere adgang til teaterbesøg, biografbesøg, restaurantbesøg og andet socialt samvær uden et støjende apparat. Vi har derfor valgt at arbejde videre med at den stationære koncentrator som står i hjemmet og som også indeholder en kompressor der kan fylde flasker. På den måde kan brugeren have et liv derhjemme med kun et næsekateter monteret, og tage ud af hjemmet med en lydløs flaske. Samtidigt bliver brugeren mere selvstændige fordi de ikke skal modtage leverancer.

Spørgeskema

Vi udarbejdede spørgsmål som var relevante for vores design; og hele skemaet findes i **(Bilag 3)**. Fordelen ved spørgeskemaet var at det gav os mulighed for at spørge en større gruppe af mennesker om deres dagligdag, uden blot at besøge få borgere og generalisere lidt ud fra vores observationer. Vi blev klar over at brugerne spænder over en bred aldersgruppe og at alle lever meget forskellige liv. Vi balancerede mængden af spørgsmål sådan, at der ikke var for mange til at det, for nogle, kunne virke som et uoverskueligt projekt at svare på. Samtidigt gav vi mulighed for nogle åbne svar hvilket mange benyttede sig af. Vi modtog svar fra 31 brugere der får iltbehandling i hjemmet.

Herefter vi fik nogle kommentarer, som åbnede op for nogle lukkede korrespondancer med et par af brugerne. De væsentligste pointer fra undersøgelsen var:

- Mange fandt det ikke stigmatiserende at modtage iltbehandling
- Mange er aktive i deres dagligdag, på trods af begrænsninger
- Aldersgruppen er meget bred
- Mange oplever støjgener uden for hjemmet med en bærbar koncentrator
- Vægt mindsker mobilitet for brugeren
- Størstedelen af brugerne er uden for hjemmet flere gange ugentligt
- Mobile flasker bliver oftest brugt uden for hjemmet
- Stationær koncentrator bliver ofte brugt i hjemmet
- Den bærbare koncentrator kan ikke tåle høj luftfugtighed eller regn

Brugernes svar og inputs var ret givende i og med det gav os et samlet billede af mange brugeres hverdag. Det tog vi med videre i vores proces.

Mobilitet

Via spørgeskemaet fandt vi at brugerne gennemsnitligt forlader deres hjem, hver eller hveranden dag. I de observationer vi har gjort os på Facebook, kan vi se at de situationer hvor de bruger en mobil behandlingsform ofte er på små ture. De mobile enheder bruger de også til sociale sammenhæng, og her fortæller de at de føler sig forhindret af deres behandlingsform i form af støj og begrænset mængde ilt, som er afgørende for hvor længe de kan deltage i de sociale sammenhænge. Der er også

mange der er forhindret af at de ikke kan løfte ret meget mere end dem selv. Vi tog fat på vægtproblemet og arbejdede på at udvikle en flaske med et indhold 3 liter ilt, og på den måde vil brugeren have ilt til mellem 6 og 12 timer. Brugeren vil derfor ikke være så tidsbegrænset, men dette vil resultere i, at objektet ville veje omkring 5,7 kg, som er alt for tungt. For at muliggøre at brugerne kan tage til længere arrangementer har vi derfor valgt at lave tre mindre flasker der hver har et iltindhold på 1

liter. På den måde kan vi få hver enhed til at veje 2,7 kg. og brugeren kan komme lettere omkring når de er på deres daglige ture. Når brugere skal deltage i længere aktiviteter udenfor hjemmet, kan de tage en eller to flasker med som de kan skifte til. Vi har derfor arbejdet på at udvikle et produkt som både er lydløst og samtidigt tager højde for at brugere har behov for at være væk af varierende perioder tidsmæssigt. Ved at anvende små flasker er det mere overskueligt at tage på kortere ture uden for hjemmet som er dem der er flest af.

Ergonomi

For at brugeren bliver udsat for så lidt fysisk belastning som muligt, har vi forskellige ergonomiske principper med i vores overvejelser i vores produktudvikling. Ved at benytte os af disse principper sikrer vi at produktet stemmer overens med brugerens fysiske egenskaber uden at belaste kroppen.

Håndgrebets højde - Hvis håndgrebet er placeres i en forkert højde vil det belaste skuldrene ved eksempelvis træk og skub. Det er essentielt at et greb er placeret omkring kroppens tyngdepunkt.

Håndgreb - Hvis grib barheden er nedsat kan det forværre belastningen.

Bevægelse - Asymmetrisk belastning eller vrid overanstrenger ryggen.

Løft - for at brugeren ikke overanstrenger ryg og knæ er det vigtigt at at have produktet tæt til kroppen.

(Brodersen, 2020)

Principperne har været med i vores design-proces, så vi har kunnet udvikle et produkt, der ikke unødigt overbelaster brugeren.

Produktanalyse af eksisterende produkt

For at undersøge de problemer der måtte være ved den nuværende mest brugte koncentrator lavede vi en produktanalyse. Koncentratoren er godkendt af det offentlige i Danmark og den anvendes derfor ofte. René Theilgaard har fortalt os om sine tanker og problemer med koncentratoren og vi har derfor lavet en analyse der er baseret på hans erfaring, brugernes meninger og vores egne opdagelser af form og funktion på produktet (**Billede 8**).

Everflo - OPI

Ergonomi

René Theilgaard har ofte hørt fra brugerne at de har svært ved aflæse deres iltflow, fordi det er placeret så langt nede på produktet, at de skal bukke sig langt ned for at aflæse det (**1**). Produktet har 4 hjul med en diameter på 49 mm. (**2**) Den lille størrelse gør at brugeren bliver nødt til at løfte produktet over eventuelle dørtrin, når produktet skal flyttes rundt. Produktets håndtag er placeret 560 mm. over jorden (**3**), som gør at brugeren skal bukke sig ned for at løfte apparatet.

Interaktion

Når produktet skal placeres i et lokale, er der et afstandskrav om at risten skal være placeret 75 mm fra væggen, så koncentratoren kan trække nok ilt ind. Dette kan dog være



Billede 8: EverFlo koncentrator udviklet af Philips (Direct Home Medical, 2020).

svært at overholde, da produktet har flade sider og hjulene ikke kan låses. Derfor bliver koncentratoren nemt skubbet ind til væggen, som kan resultere i at koncentratoren ikke kan omdanne nok ilt til oxygen til brugeren. Iltflowet kan indstilles via en fingerskrue (**4**), hvilket kun skal gøres af den leverandør som kommer med produktet. Fordi fingerskruen er så let at indstille, sker det ind imellem at brugere og pårørende begynder at indstille iltflowet, da de tror de får det bedre af at få mere ilt. Produktet skal ca. hvert andet år have skiftet seive beds; som er filtre der frasortere nitrogen fra ilt. Det bliver gjort af leverandøren og der åbnes med en skruetrækker for at skille produktet ad, hvilket er en lidt langsommelig procedure for leverandøren. Der er to indgange med den samme diameter på 7 mm. (**5**), hvor den ene er en studs, som brugeren skal tilkoble næsekateteret, og den anden er en indgang hvor man kan tilkoble koncentratoren til en kompressor.

Produktanalyse af eksisterende produkt

Disse kan på grund af den samme diameter blive forvekslet med hinanden og brugeren kan derfor få den forkerte ilt hvis næsekateteret ikke bliver koblet tilbage til den rigtige indgang igen. Koncentratoren har en tænd/sluk knap (6) og når produktet tændes lyser tre dioder; i grøn, gul og rød. Herefter lyder en høj hyletone i en tid hvorefter den gule og røde diode slukkes. Den grønne diode er herefter tændt alene, for at indikere at systemet kører. Den samme hyletone lyder hvis der er fejl på produktet hvormed den røde diode lyser. Sker det, skal brugeren straks kontakte ilt leverandøren. René Theilgaard fortalte at hyle lyden skaber panik og angst hos mange brugere, hvilket kan forværre deres tilstand til hyperventilering. Der er derfor flere ting at tage fat på og undersøge og forbedre. Vi har samlet vores konklusioner ud fra vores analyse og research i en række krav til vores design (Figur 23).

Psykiske tilstand: Produktet skal stemme overens med brugerens psykiske tilstand, og derfor må objektet ikke indeholde forstyrrende elementer, som kan distrahere brugeren fra objektets formål.

Fysisk tilstand: Der må ikke være forhindringer i produktets formgivning som kan være med til at skabe barriere for den ønskede interaktion med produktet.

Stigmatisering: Produktet skal mindske den stigmatisering som brugeren føler ved sin lungesygdom.

Selvstændighed: Produktet skal bidrage til at brugeren føler sig mere selvstændig i sin iltbehandling, og mindre afhængig af leverancer.

Socialt liv: Produktet skal minimere komplikationer ved at have et socialt liv.

Mobilitet: Produktet skal ikke forhindre brugeren i at have et aktivt liv uden for hjemmet.

Tryghed: Produktet skal være troværdigt og skabe tryghed hos brugeren, og i mindre grad føre til angst som det ses nu.

Brugerflade: Brugeren skal blandt andet let kunne aflæse hvor meget ilt der er tilbage i den bærbare enhed.

Lyd: Iltbehandling skal i højere grad kunne fungere lydløst, så det ikke er til gene for brugeren og pårørende.

Urbant miljø: Der skal tages højde for at produktets funktion skal fungere i urbane miljøer.

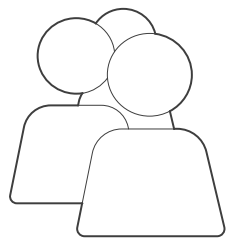
Materialer: Produktet skal kunne benyttes ude såvel som inde og det skal afspejles i materialevalget. Samtidig skal materialerne være godkendt til iltbehandling.

Levetid: Produktets holdbarhed skal være lang, da produktet bliver brugt over mange år. Det skal være en del af et cirkulært udlejningssystem.

Vægt: Det bærbare produkt, må ikke veje mere end tre kilo.

Brandfare: Der skal tages højde for at det er et brandfarligt produkt, og der skal derfor tages højde for hvordan man minimere den risikofaktor.

Figur 23: Krav til, hvad vi mener, kan blive en bedre løsning for brugere i iltbehandling.



3

| | |
|----|-------------------------------------|
| 44 | Spice |
| 25 | Stakeholders i vores afgang |
| 46 | Aktuelle stakeholders kategoriseret |

Stakeholders

SPICE

I vores arbejde har vi fået viden fra informanter fra forskellige områder der berører iltbehandling. Vi har fundet inspiration i en klassisk stakeholder model SPICE, som beskrives i bogen Firms of Endearment (2014). Bogen er baseret på analyser af en række veletablerede og succesfulde virksomheder. De tre forfattere; Raj Sisodia, Jag Sheth og David Wolfe sammenstiller og kategoriserer

de stakeholders som virksomhederne har i den førnævnte model; SPICE (Sistodia og Stelth, 2014) (Figur 24). Desuden beskriver de i bogen at det er vigtigt for virksomhederne at opretholde et respektfuldt og nært forhold til deres stakeholders, og på den måde også skabe værdi for de samarbejdende parter. Værdien kan skabes på flere måde, enten; følelsesmæssigt, oplevelsesmæssigt, socialt

og økonomisk. De beskriver også i bogen at når en virksomhed har skabt værdier for deres stakeholders, sætter virksomheden automatisk sig selv i favorabel og konkurrencedygtig position på markedet, fordi alle samarbejdende parter vil virksomheden det bedste.

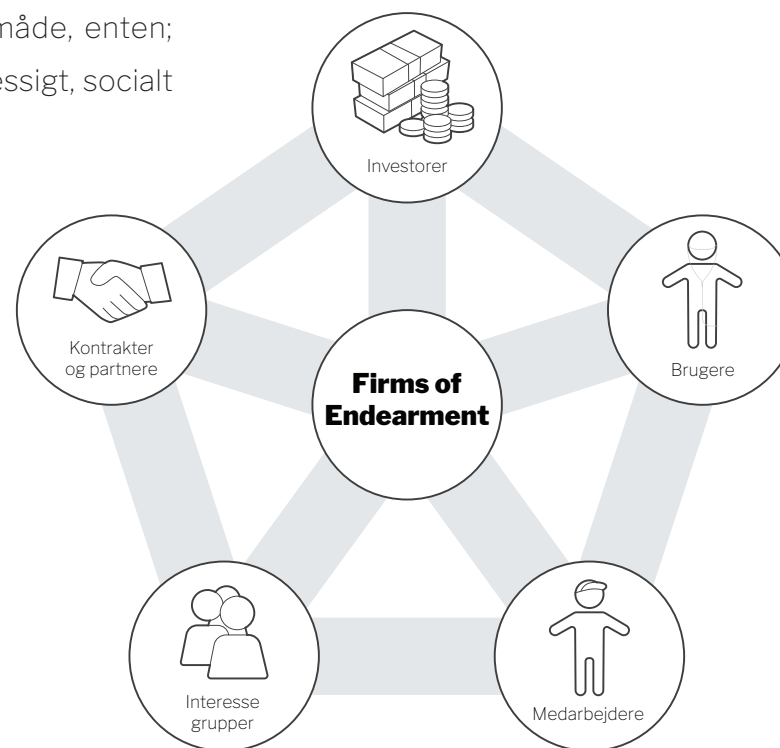


Each of these relationships is an essential piece of the puzzle, and each must be managed in the following ways:

There is a two-way flow of value between both parties to the relationship.

The interests of all parties are aligned.

It is what all corporations should strive for. It is the way to maximize the returns to society of all the investments that flow into every organization. It is the Firms of Endearment way.



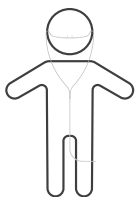
Figur 24: SPICE modellen over stakeholders i succesfulde virksomheder (Sistodia og Stelth, 2014).

Stakeholders i vores afgang

Vores afgangprojekt kan ikke 100% defineres som en virksomhed, da vi i stedet for at have økonomisk overskud som mål, vægter produktudvikling på en specifik problemstilling. Derfor har vi ud fra SPICE modellen tilføjet stakeholder kategorier, og præget modellen i en retning der stemmer bedre med vores

produktudvikling og problemløsning (**Figur 25**). Vi ser dog stadig en værdi i at skabe gode samarbejder, som eventuelt vil kunne forbedre vores muligheder for langsigtede relationer. Stakeholders har igennem vores arbejde været med til at forme hvilken vej vi har bevæget os i, i projektet. Vi er gennem processen blevet

klar over at elementer som at brugeren føler sig stigmatiseret ikke vægter som et problem i forhold til effektiviteten af behandlingen, angst, støjgener og vægt af de transportable flasker. Der er derfor løbende kommet opdagelser som har dannet et solidt grundlag for vores løsning, og i og med at vi har talt



Bruger

Vedkommende som har brug for apparatet.



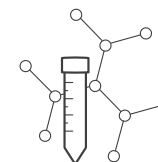
Pårørende

Partnere, søskende, børn, børnebørn, nære venner oa..



Fagpersoner

Sygeplejerske, leverandører, læger oa. fagfolk som berører apparatet.



Viden og forskning

Nyeste viden og opdagelser indenfor emnet.



Bæredygtighed

Cirkulært system som tager højde for funktion og materialer.



Kontrakter

Producenter af interne parter, leverandører af endeligt produktet og evt. partnere.



PR

Eksponering af designet til den relevante målgruppe.



Standarder

Regulativer der sikre ordnede og sikre forhold indenfor medico design.



Investorer

Interessenter der økonomisk investerer i projektet.



Interessegrupper

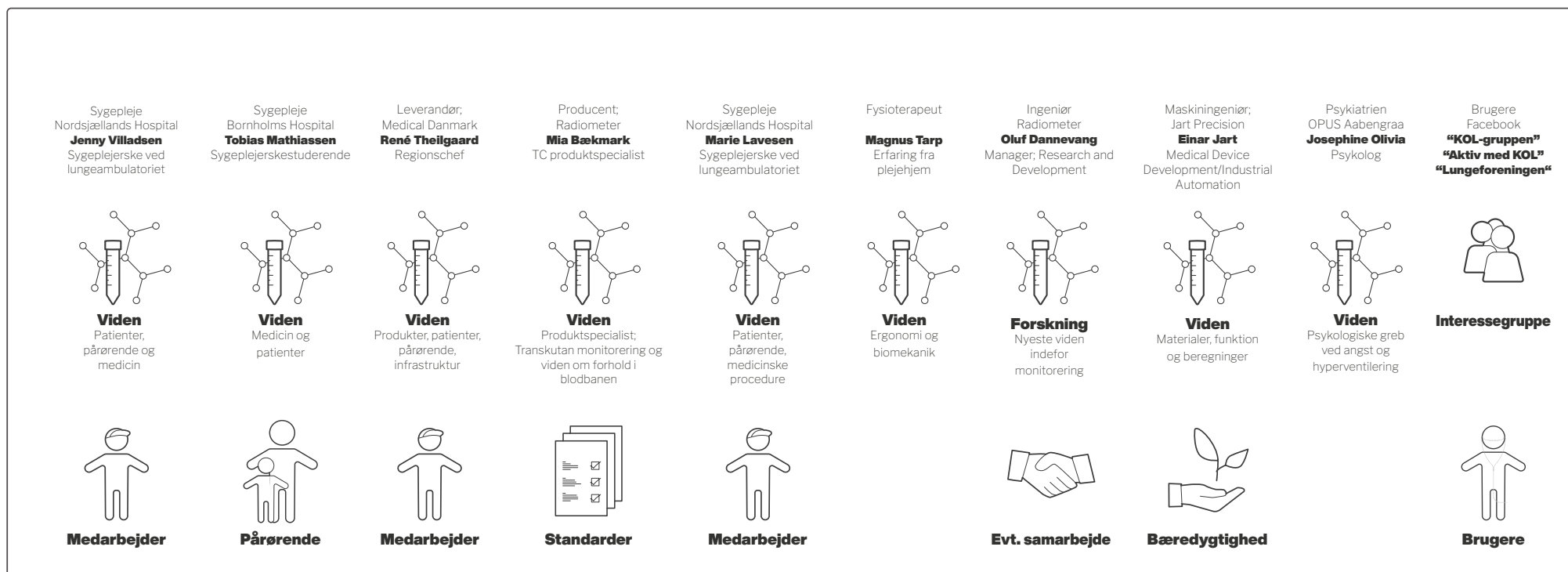
Eksempelvis lungeforeningen og KOL grupper på sociale medier.

Figur 25: Stakeholders og samarbejder vi har set som vigtige områder at få viden indenfor.

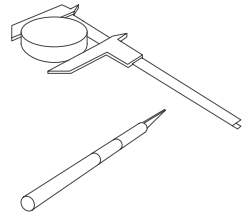
Aktuelle stakeholders kategoriseret

med forskellige mennesker, har vi udarbejdet et skema over hvilke stakeholders der har bidraget indenfor de kategorier vi mener har været relevante i forløbet. Ved at skematisere

hvilke stakeholders der falder under bestemte kategorier har vi kunnet se hvilke områder vi har manglet eller skulle der skulle arbejdes mere med (**Figur 26**).



Figur 26: Stakeholders og samarbejder i vores projekt.



4

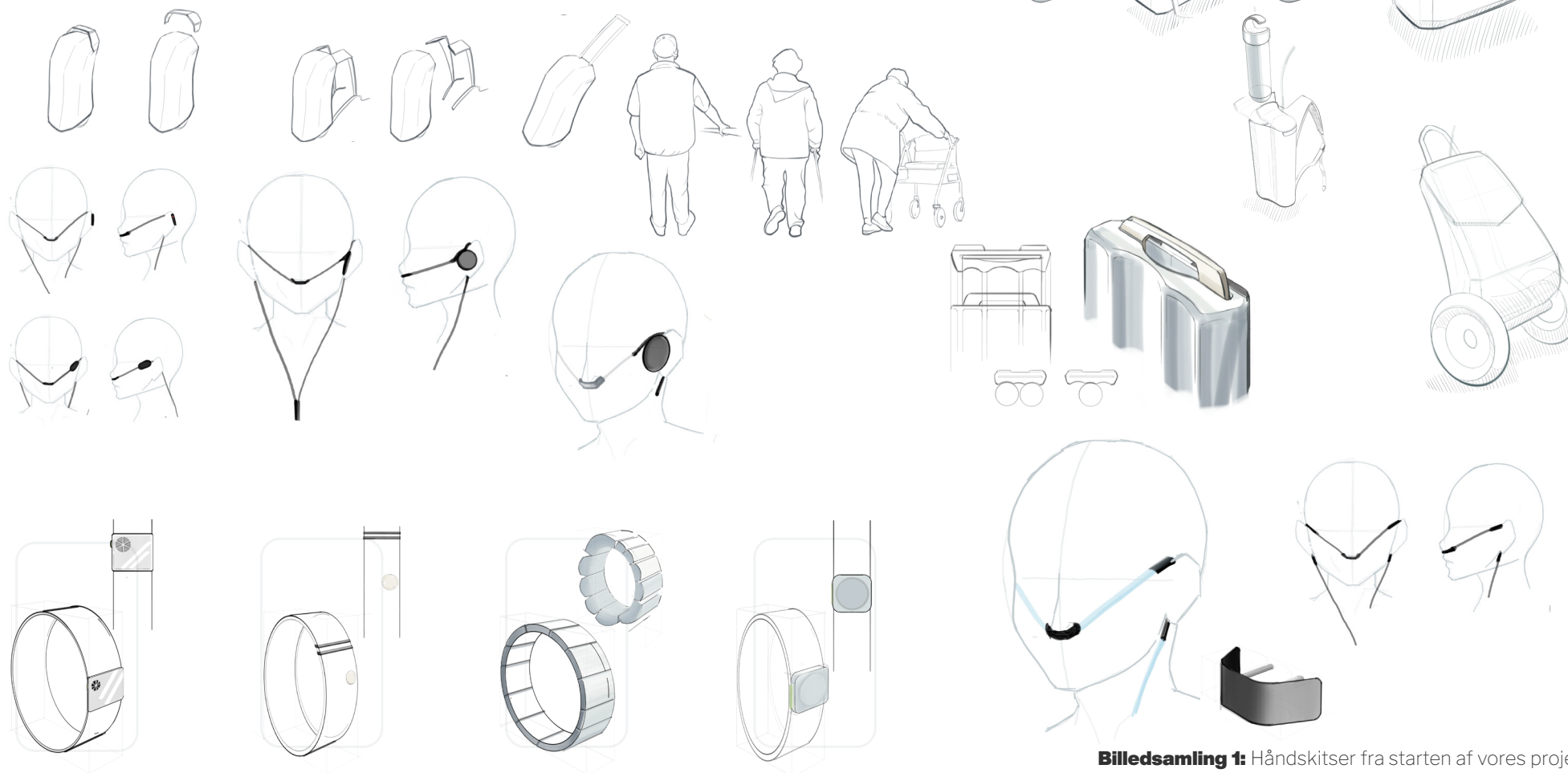
Koncept- og Produktudvikling

| | |
|-----------|--|
| 48 | Første koncepter |
| 49 | Monitoreringsenhed |
| 50 | Prototyper |
| 51 | Koncepter |
| 53 | Fæstning på huden |
| 54 | Længde mellem batteri og sensor |
| 55 | Synlighed uden på tøj |
| 56 | Komponenter |
| 57 | Iltflaske |
| 58 | Størrelser og proportioner |
| 59 | Koncepter på greb |
| 60 | Formgivning i 3D og 3D printede overflader |
| 61 | Koncentrator |
| 62 | Tidlige koncepter i 3D |
| 63 | Ergonomi |
| 64 | Håndtag og greb |
| 65 | Formgivning i 3D efter prototypetest |

Første koncepter

I starten brainstormede vi på produkter fra tasker, armbånd, trækvogne til næsekatetere, men i løbet af processen blev vi mere konkret omkring vores prioriteter, og vi fandt at vi kunne løse de vigtigste problemer med de tre

komponenter; monitoreringen, koncentrationen og iltflasken. Vi har udviklet alle tre produkter løbende for at sikre at de har det samme formmæssige udtryk, men de er her i kapitlet delt op for at skabe overblik.

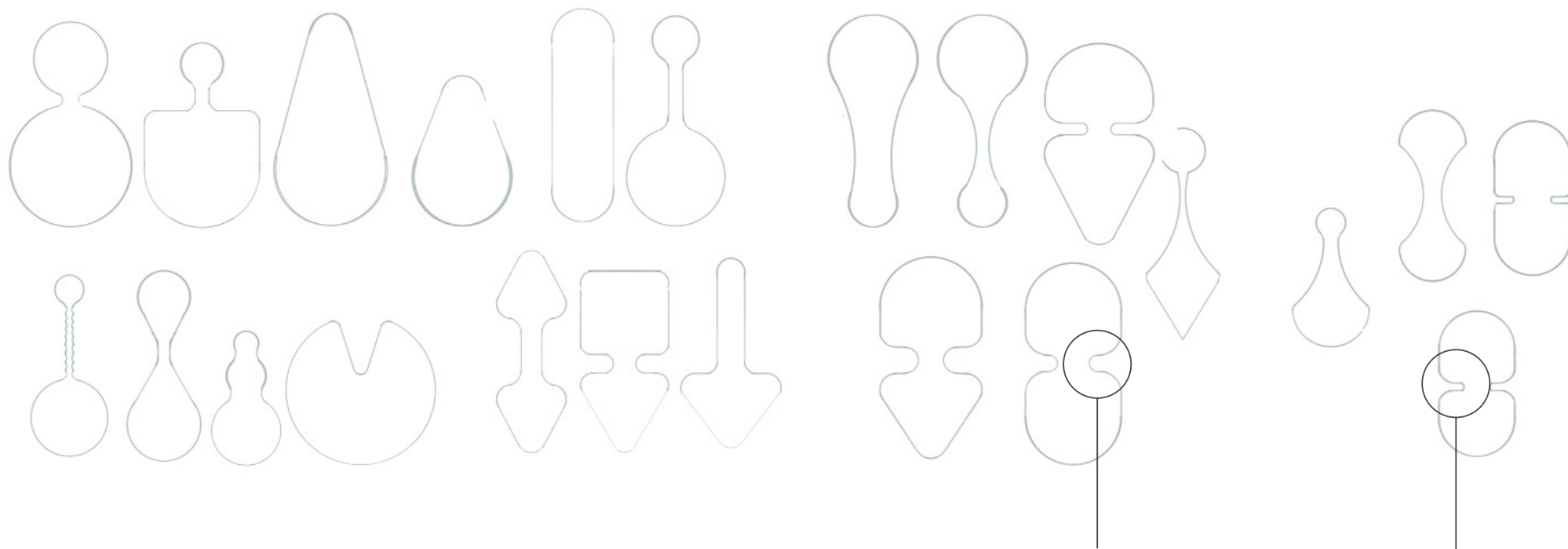


Billedsamling 1: Håndskitser fra starten af vores projekt.

Monitoreringsenhed

Med de første håndskitser blev vi klar over at vi skulle lægge fokus på at tøjet og fingre ikke kunne fanges i kanter på enheden.

Formgivning af top view af monitoreringsenheden:

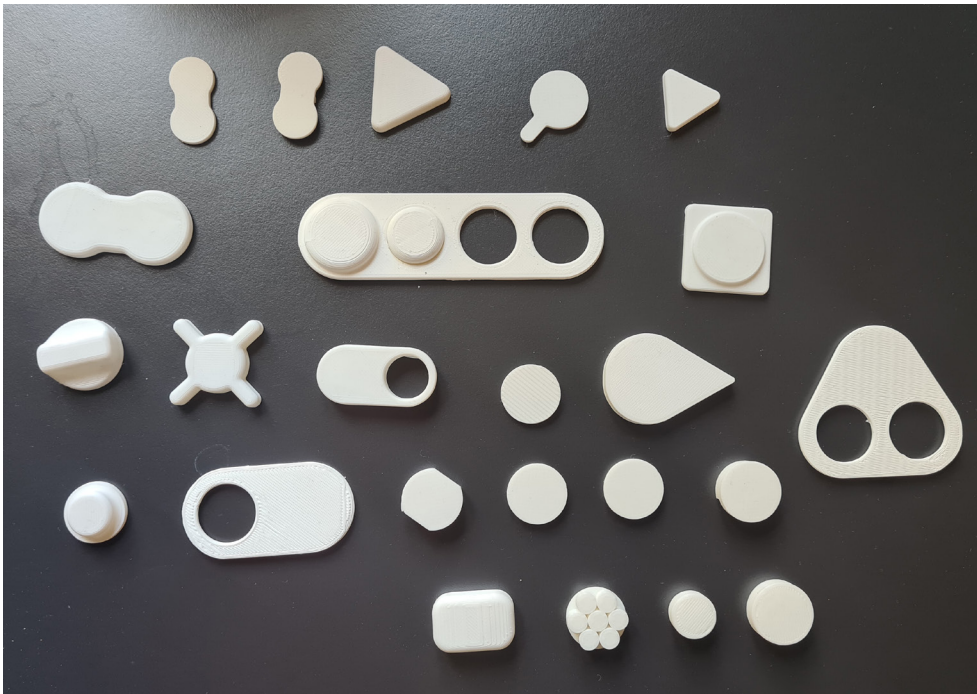


Eksempler på kanter hvor tøj og skidt kan samle sig.

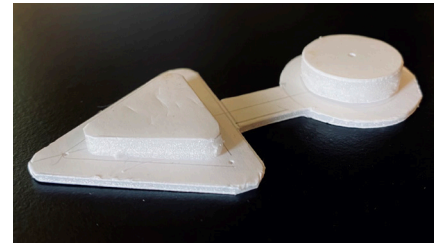
Prototyper

Vi udviklede herefter prototyper af enheden for at undersøge formen yderligere og kom frem til at der er fordele i at dele batteri og sensor op i to fordi det skaber en fleksibilitet der er rar på kroppen, i stedet for en større klods.

Første 3D printede prototyper



Batteri: 2 døgn



Batteri: 4 døgn



Billedsamling 3: Prototyper af monitoreringsenhed.

Koncepter

Herefter udviklede vi 5 koncepter:

1 Består af 3 delelementer



Beskyttelsesark fjernes



Klæbepude 1 påføres på sensor



Klæbepude 2 påføres sensoren:



Sensoren påføres huden:



2 Består af 2 delelementer



Beskyttelsesark fjernes



Klæbepude påføres huden




Sensoren påføres klæbepuden




3 Består af 2 delelementer




Beskyttelsesark fjernes



Klæbepude påføres sensoren



Sensoren påføres huden:



4 Består af 2 delelementer



Beskyttelsesark 1 fjernes:



Klæbepude påføres sensoren:



Beskyttelsesark 2 fjernes:



Sensoren påføres huden:



5 Består af 2 delelementer



Beskyttelsesark 1 fjernes:



Beskyttelsesark 2 fjernes:



Sensoren er klar til påføring:



Sensoren påføres huden:



Billedsamling 4: Konceptudvikling af monitoreringsenhed.

Koncepter

Vi analyserede os så frem til de konkrete fordele:

1 Består af 3 delelementer



Fordele

- Sensoren er lille
- Stor fleksibilitet

Ulemper

- Mange interaktioner
- Fingrene har meget kontakt med de klæbne flader.

Sensoren på huden:



2 Består af 2 delelementer



Fordele

- Nem at påføre
- Få interaktioner

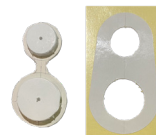
Ulemper

- Mange kanter
- Kan hurtig bliver uhygiansik.

Sensoren på huden:



3 Består af 2 delelementer



Fordele

- Nem at påføre
- Få interaktioner

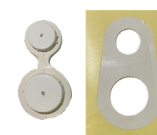
Ulemper

Fingrene har meget kontakt med de klæbne flader.

Sensoren på huden:



4 Består af 2 delelementer



Fordele

- Nem at påføre
- Få interaktioner

Ulemper

- De store klæbepuder minsker fleksibiliteten.

Sensoren på huden:



5 Består af 2 delelementer



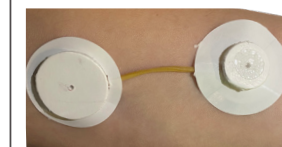
Fordele

- Stor fleksibilitet

Ulemper

- Mange interaktioner
- De store klæbepuder minsker fleksibiliteten.

Sensoren på huden:



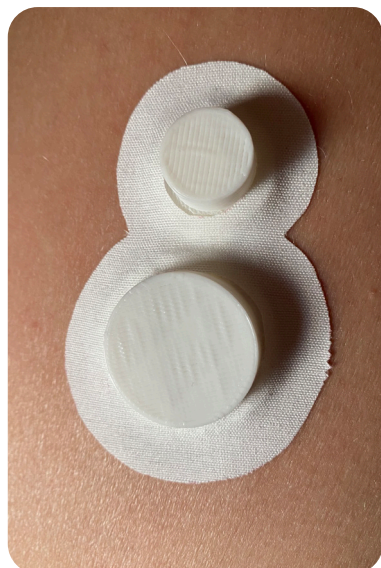
Fæstning på huden

I og med at monitoreringen er afhængig af at sidde på kroppen, testede vi forskellige former for klæbestørrelser. Her fungerede det godt at formen ikke havde kanter der kunne trække i fæstningen.

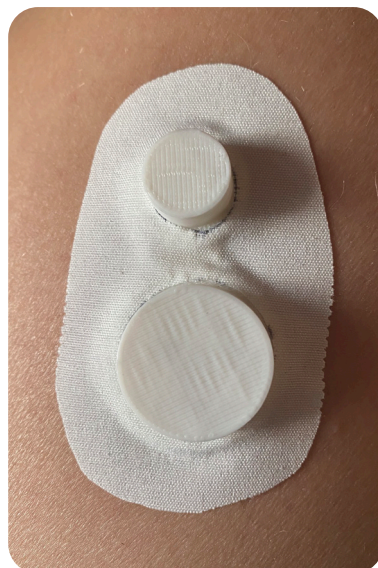
Test af form på fæstning på huden. Måler var at finde en god fæstning, med så lidt klæbemateriale som muligt.



Fæstning ● ● ● ● ○



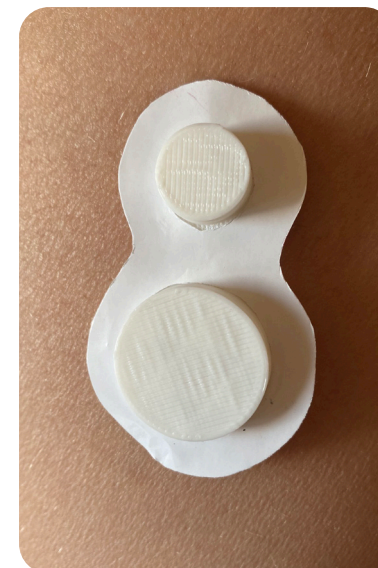
Fæstning ● ● ● ○ ○



Fæstning ● ● ● ● ○



Fæstning ● ● ● ○ ○



Fæstning ● ○ ○ ○ ○

Længde mellem batteri og sensor

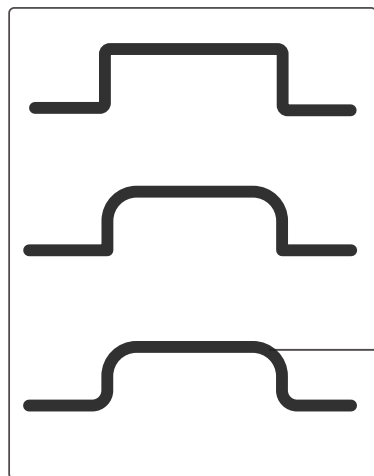
Vi undersøgte så længden mellem de to delkomponenter og fleksibiliteten derved.



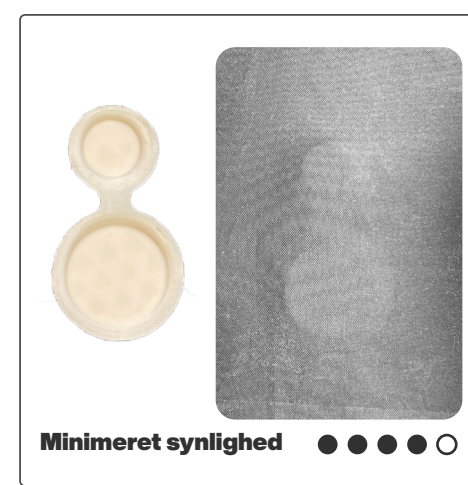
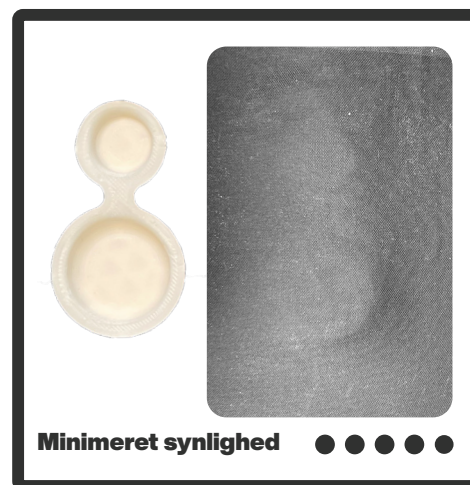
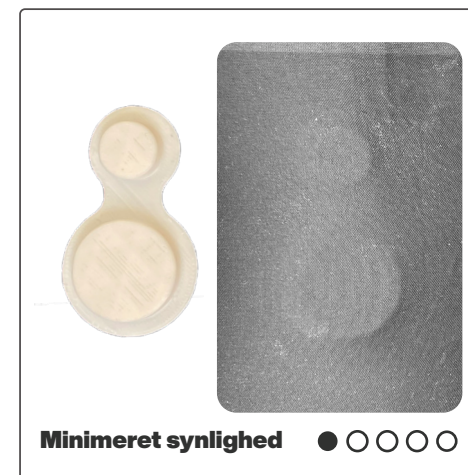
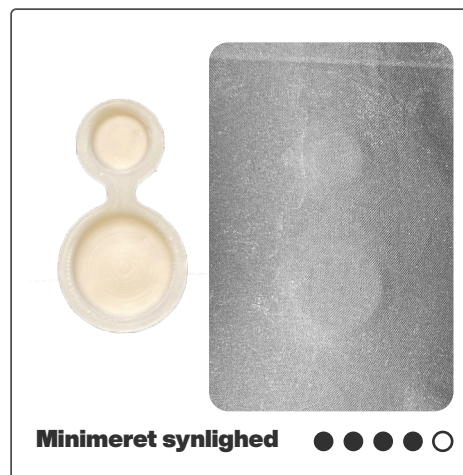
Billedsamling 7: Koncepter på længde af enhed.

Synlighed uden på tøj

Herefter har vi lavet test på hvor store kurver der skal være på formen for at give den mindste synlighed gennem tøjet.



Radiusen på kanterne får tøjet til at falde og glide bedre.

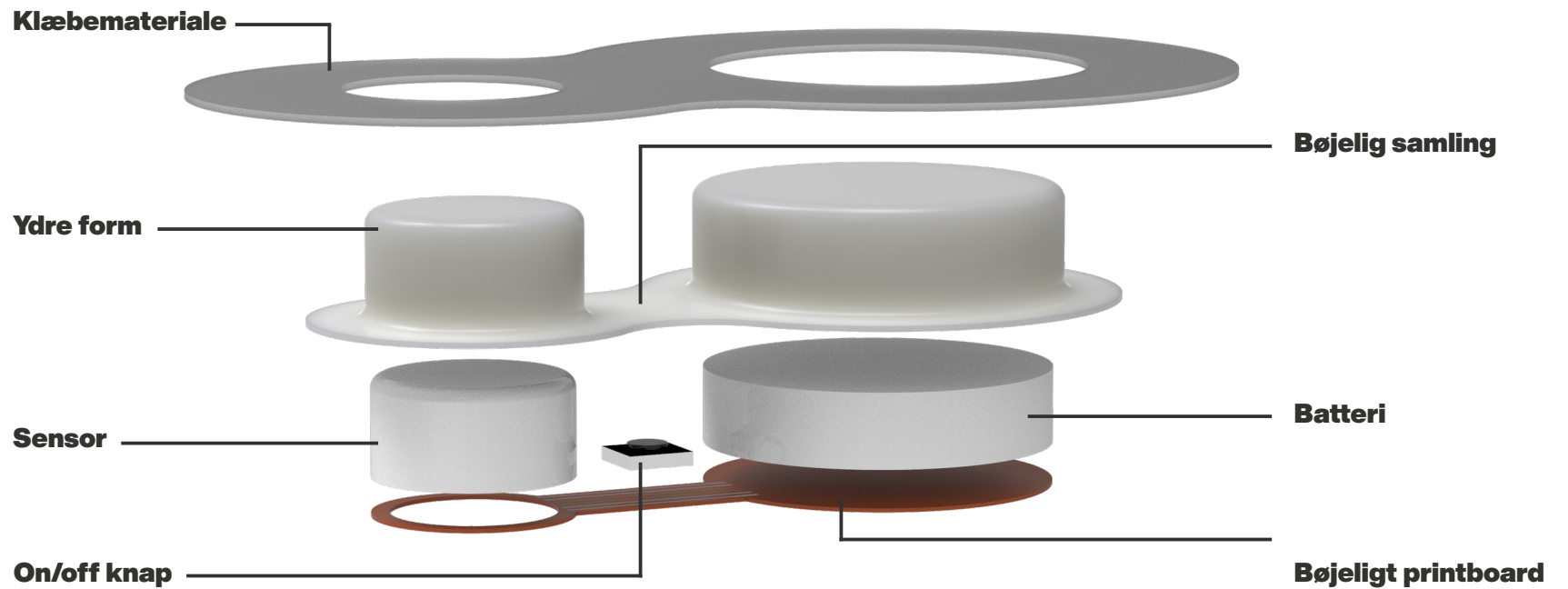


Billedsamling 8: Undersøgelse af synlighed og glideevne på tøj.

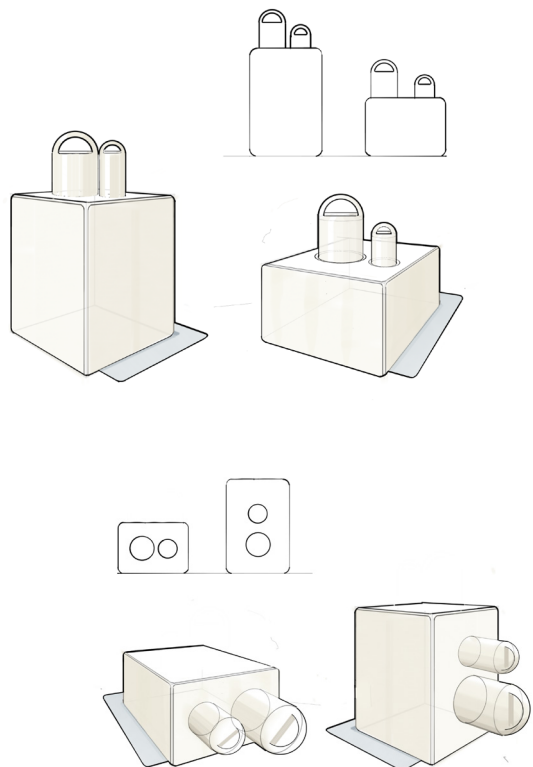
Komponenter

Forløbig skitse over hvilke komponenter vi skal have i sensoren. Frem til eksamen arbejder vi videre på:

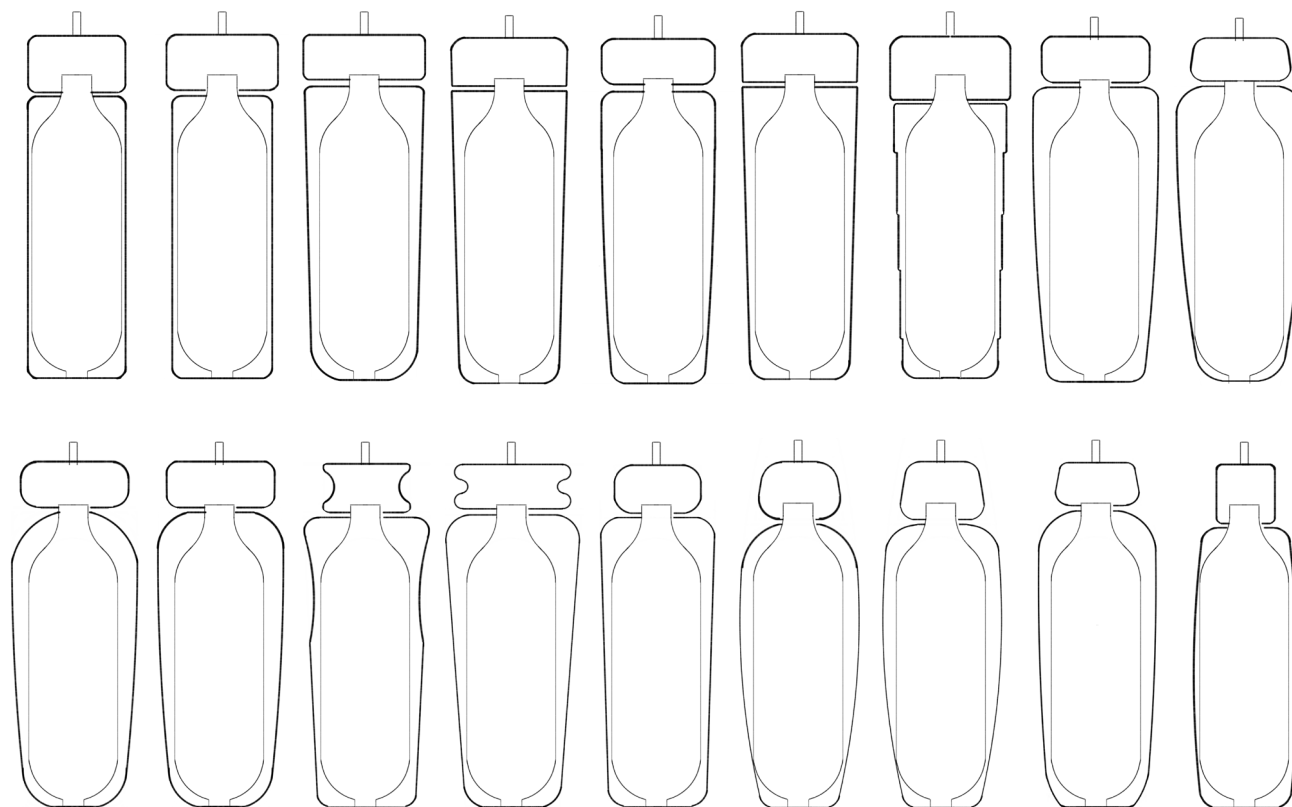
- Form
- Samlinger
- Materialevalg
- Farveskala



Forskellige flaskeplaceringer i koncentratoren



Formstudier af flaskens snit.



Størrelser og proportioner

Her testede vi hvilken diameter og form der var fordele i. Det er vigtigt at brugeren kan holde

om flasken fordi den ofte skal sættes i koncentrator, hives eller puttes ned i en taske.



Billedsamling 11: Prototyper på størrelse af iltflaske.

Koncepter; greb

Her indtænkte vi at brugerne har forskellig håndstørrelser og nogle har meget få kræfter.

1

Fordele

God gribbarhed.

Ulempe

Øger størrelsen på flasken markant.



2

Fordele

Minimere flaskens højde.

Ulempe

Man kan ikke få ordentligt fat med fingrene.



3

Fordele

Let aflæselig interaktion.

Ulempe

Da der ikke er noget "stop" på grebet, glider fingrene let.



4

Fordele

Grebet fungerer til mange håndstørrelser der er god plads til fingrene

Ulemper

Kan være lidt stor diameter til meget små hænder.



5

Fordele

Ikke nogen.

Ulempe

Det er svært at få fingrene ind til håndtaget



Billedsamling 12: Koncepter på greb af litflaske.

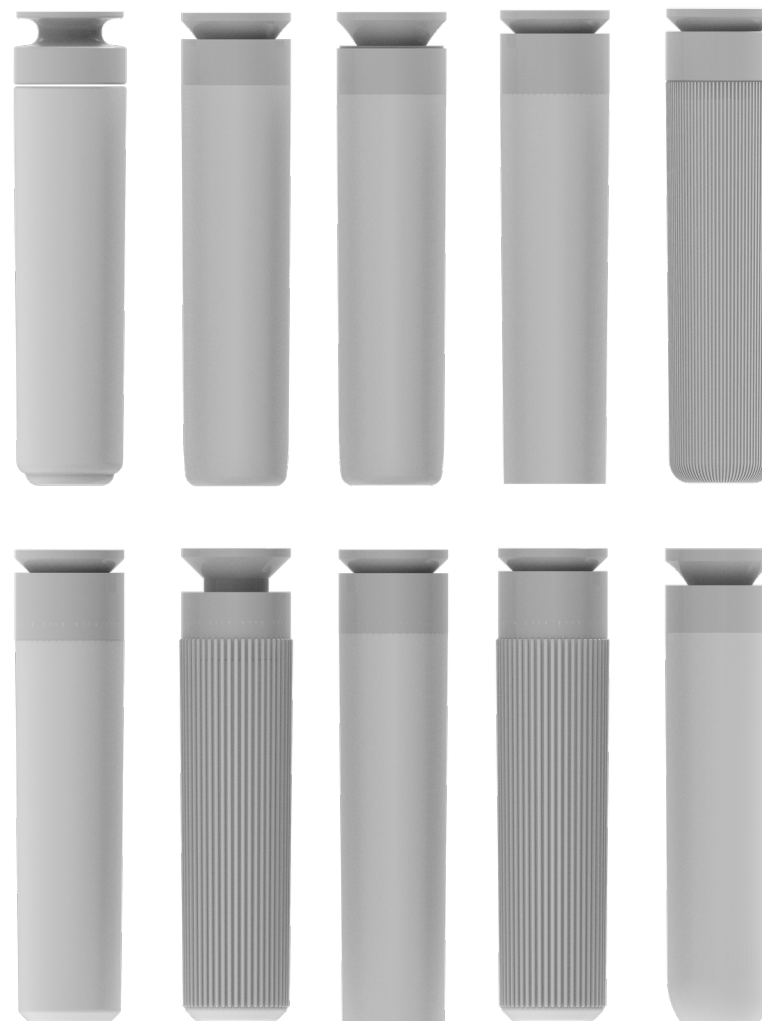
Formgivning i 3D og 3D printede overflader

Ud fra vores undersøgelser er vi gået igang med den mere endelige formgivningen i 3D.

3D Print af overflader, som er med til at forme vores valg af overflade på den endelige flaske. Vi ønsker at arbejde med en mere skridsikker overflade, som gør det nemmere at holde og gribe om flaske.



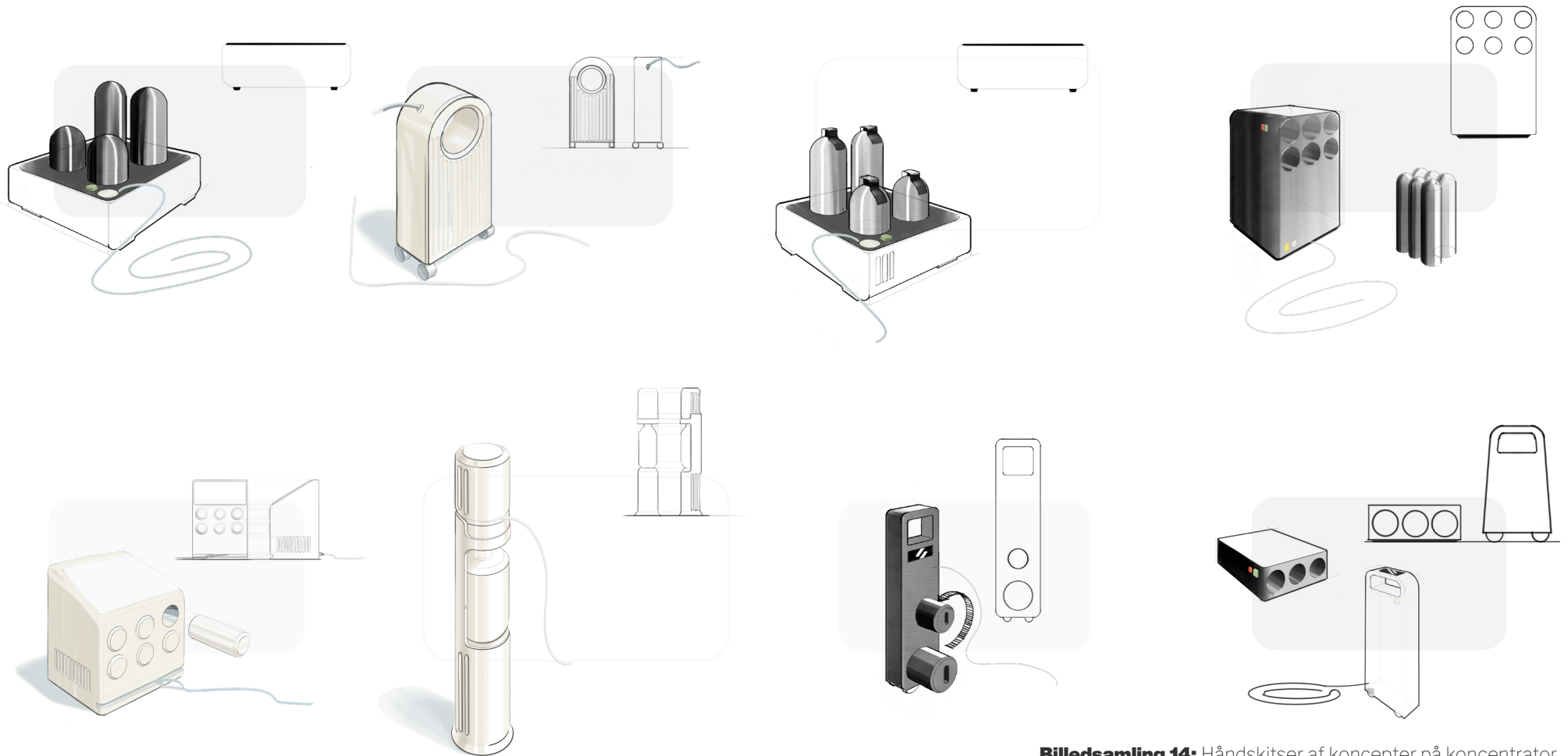
Foreløbige designs i 3D.



Billedsamling 13: 3D print af overflade koncepter på flaske og 3D skitser på flaskeform.

Koncentrator

Vi konceptualiserede på flasker og koncentrator som en formmæssig helhed fordi flaskerne oftest sidder i koncentrationen når brugeren er hjemme og ser på den.



Billedsamling 14: Håndskitser af koncepter på koncentrator.

Tidlige koncepter i 3D

Vi gik så ind en proces hvor vi lavede nogle 3D koncepter ud fra ideen om at ergonomien vil være bedst hvis interaktionen foregår i 90 cm. højde.

Da koncentratoren synes tung og der var mulighed for at minimere størrelsen, gik vi videre med at udvikle ben og stativer til produktet.



Ergonomi

Fysiske undersøgelser af højden på produktet og udtræknings retningen.



Billedsamling 16: Test af ergonomi; højde og flaske interaktion.

Håndtag og greb

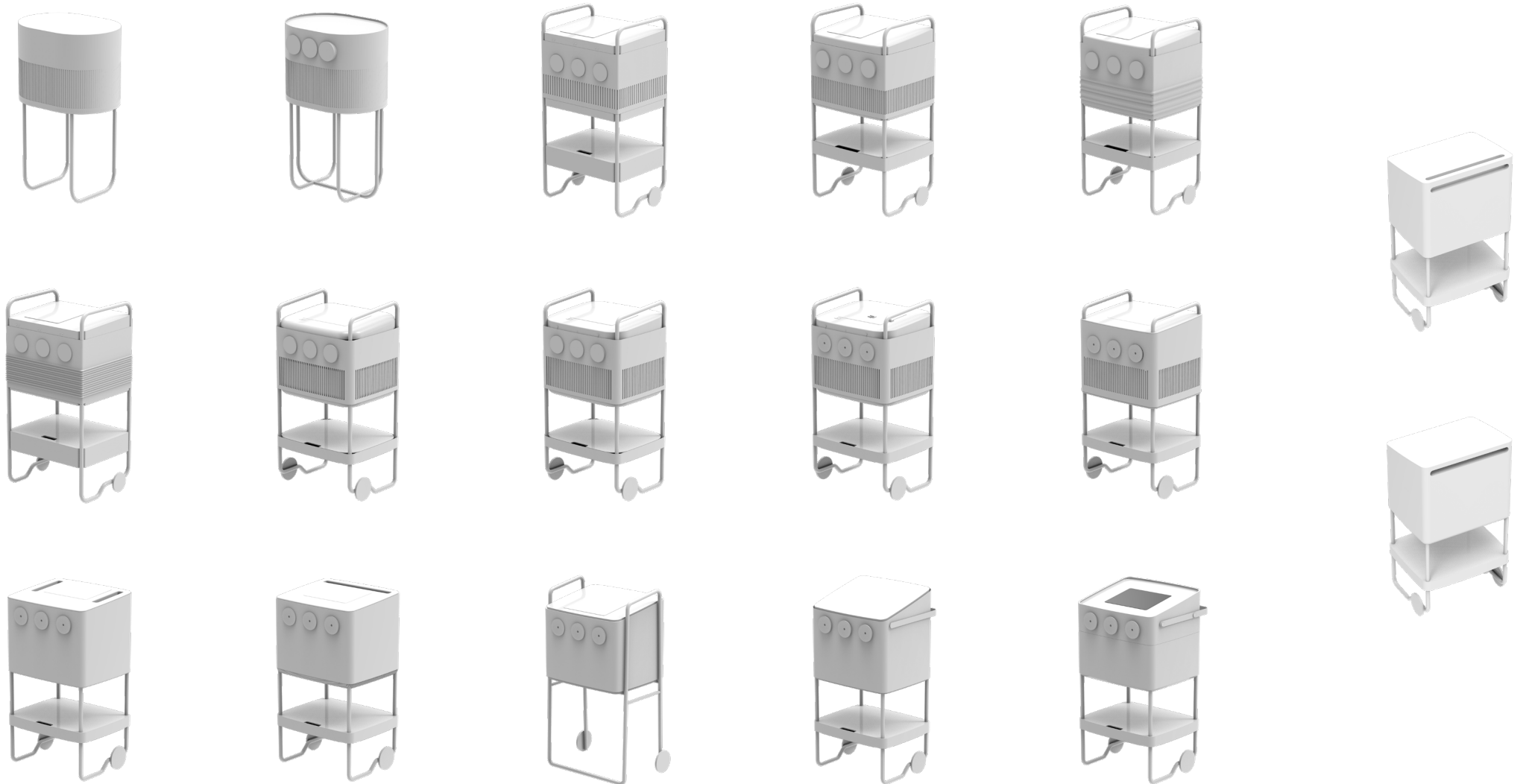
Da nogle brugeren ønsker at flytte rundt på produktet har vi givet produktet to hjul. Her tester vi greb.

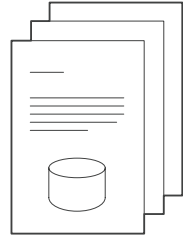


Billedsamling 17: Test af ergonomi; håndtag og greb.

Formgivning i 3D efter prototype tests

Med vores undersøgelser er vi nu igang med den endelige formgivning i 3D inden eksamen d. 9 juni.





5

| | |
|----|------------|
| 67 | Konklusion |
| 68 | Reflesion |
| 69 | Næste fase |

Konklusion

Konklusion

Ved at udnytte moderne teknologier kan individuelle patienter PCO_2 monitoreres og via machine learning og IoT kan målingerne bruges til justering af den dosis ilt der løbende er behov for. Ved at formidle løsningen igennem et design hvor brugeren er i centrum, kan teknologierne benyttes i de relevante situationer og der vil løses et stort problem der vil være stærkt livskvalitetsforbedrende for mange mennesker. Det endelige produkt skal overordnet kunne tre ting: monitorere data via en sensor på kroppen, regulere mængden af ilt patienten får tildelt og

komprimere ilt i flasker som brugeren kan tage med ud af sit hjem. I stedet for at brugerne er låst til et statiske iltflow, får de mulighed for at være mere aktive idet de kan mærke og registrere at den tildelte ilt passer til kroppens behov og de fysiske udfald som skitseret i Fig. 10 vil kunne holdes på et minimum. Denne løsning vil både forbedre deres fysiske helbred samt deres psykiske velbefindende. I kraft af at disse teknologier kan løse et stort problem, er brugerfladens intuitive design essentiel for at produktet kan anvendes af flest mulige og virke

troværdigt uden at være skræmmende mht. lyd og et teknologisk formudtryk. Formstudier er med til at redegøre for hvordan vi har udviklet brugerfladen og materialerne på produktet, sådan at løsningen passer ind i et hjem og samtidigt er troværdigt. Ved at have undersøgt og afprøvet materialer, former, størrelser, knapper og greb på brugerfladen har vi et stabilt fundament for det endelige produkt. Den endelige løsning bliver altså en sammenfatning af mange forskellige elementer, som får en enkel, rolig og intuitiv brugergrænseflade.

Refleksion

Det har været særdeles brugbart for processen at have en kombination af udsagn fra fagpersoner, brugers egne erfaringer samt sparring fra relevante eksperter omkring forskning og innovation på området. Kombinationen har givet en god forståelse for de overvejelser brugere oplever med deres produkter hver eneste dag og det har givet os en forståelse for at produkterne kan have stor indvirkning på brugernes psykiske helbred. Det er et problem at leverandøren ikke kan tilbyde brugerne de samme løsningsmuligheder, fordi produkterne er faciliteret af staten og leverandøren derfor kun har en hvis mængde

midler til rådighed. Det vil derfor også være interessant at se på hvordan det strategiske designet vil kunne forbedres. Et andet aspekt som er vigtigt i et design hvor der inkorporeres elementer som artificial intelligence og datalagring er etikken omkring brugernes helbredsdata. Vi har diskuteret emnet og indset at det er et projekt i sig selv at løse. Vi ser en mulighed i at beskytte brugerne ved at fjerne sammenhængen mellem data og person registrerede oplysninger, inspireret af metoden i vores Smittestop app. Den psykiske velvære hos brugerne er et aspekt som vi med vores undersøgelser gradvist opdagede

var et enormt problem på området. Det var overraskende at brugerne må acceptere at angst er en følgevirkning af deres situation. Det er desuden paradoksalt at der ikke var nogen i vores brugerundersøgelse der mente at iltbehandling er stigmatiserende. Det gav os en forståelse af at brugerne er så livsafhengige og angste ved tanken om at undvære behandlingen at de psykisk indstilles på at behandlingen er en del af deres identitet. Denne respons understreger virkelig hvor bange og angste hele brugergruppen er i deres hverdag og at her er et stort behov for en løsning der vil være til gavn for både patienter og pårørende.

Næste fase

Vi skal udvikle den endelige form af de tre produkter og bygge dem, så der er en skuemodel af dem alle til eksamen.

Vi kommer konkret til at arbejde på:

Kortlægge produktions muligheder

Valg af materialer

Endeligt formgivning

Posters

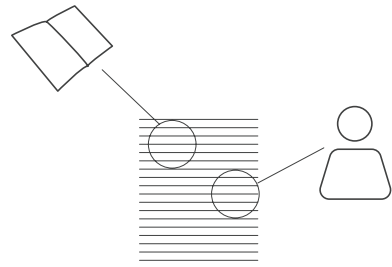
Slideshow

Farveskala

Samlinger

Renderinger og tegninger

Video



6

| | | |
|----|--|--------------------|
| 71 | | Litteratur |
| 74 | | Illustrationsliste |

Referencer

Litteratur

Acecare. (2021). CE 2L 300 bar high pressure gas cylinder for diving. Lokaliseret 29. april 2021 på: <https://syacecare.com/product/2l-300-bar-high-pressure-gas-cylinder-for-diving/>

Acubit. (2019). Sporningsenhed til personer med demens. Lokaliseret den 15. april. 2021 på: <https://acubit.dk/otiom/>

AudioNova. (2019). Lydstyrke og decibel. Lokaliseret d. 10. maj 2021 på: <https://www.audionova.dk/blog/hoerevaern/lydstyrke-og-decibel/>

Bach, Kirstine. (2019). *Digitalt stetoskop til detektering af pneumoni*. BA, KADK.

Bartlett, Richard., Somauroo, Adam., Zerbi, Christian. (2021). How the medtech industry can capture value from digital health. Pharmaceuticals & Medical Products Practice. McKinsey and Company. Lokaliseret d 11. maj 2021 på: https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/industries/pharmaceuticals%20and%20medical%20products/our%20insights/how%20the%20medtech%20industry%20can%20capture%20value%20from%20digital%20health/how-the-medtech-industry-can-capture-value-from-digital-health_vf.pdf?shouldIndex=false

Brodersen, Charlotte. (2020). Principper for Forflytning. Lokaliseret 2. maj 2021 på: <https://slideplayer.dk/slide/1923728/>

Cradle to cradle. (2021) Rethinking products. Lokaliseret 17. maj 2021 på: <https://epea.com/en/about-us/cradle-to-cradle>

Direct Home Medical. (2020). Philips Respironics EverFlo Oxygen Concentrator Bundle with OPI - 5 LPM. Lokaliseret den 15. april. 2021 på: <https://www.directhomemedical.com/everflo-q-oxygen-concentrator-philips-respironics.html>

Dreamstime. (2021) Simple internet of things icon set. Symbols for IOT with flat design. Lokaliseret d. 1 juni 2021 på <https://www.dreamstime.com/stock-illustration-simple-internet-things-icon-set-symbols-iot-flat-design-image55741563>

Eanatimi. (u.d.). Kronisk Obstruktiv Lungesygdom (KOL). Lokaliseret 11. Februar 2021 på: <https://www.eanatomi.dk/p/plakat-om-kronisk-obstruktiv-lungesygdom-kol-lamineret-engelsk-1832>

Europa Kommissionen. (2021) En europæisk grøn pagt. Lokaliseret d. 8 maj 2021 på https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_da

Hendricks, Sarah. (n. d.). USA TODAY TECH. Lokaliseret 10. april 2021 på: <https://eu.usatoday.com/story/tech/reviewedcom/2020/08/07/pulse-oximeters-back-stock-heres-why-you-may-want-one/3319003001/>

Lavesen, Marie & Ringbæk, Thomas (2012). Iltbehandling i dagligdagen. En patientvejledning fra Lungeforeningen. Broholm & Network. Lokaliseret d. 2. feb. 2021 på: https://www.lunge.dk/sites/default/files/Iltpjece_2018.pdf

Lungeforeningen. (2021). It og iltmangel. Lokaliseret 10. februar 2020 på: <https://www.lunge.dk/aandedraet/viden-ilt-og-iltmangel>

Lungeforeningen. (2020). Øvelser: Træn dit åndedræt med åndedrætsøvelser. Lokaliseret 15. april. 2021 på: <https://www.lunge.dk/aandedraet/sektion-oevelser-traen-dit-aandedraet-med-aandedraetsoevelser>

Litteratur

Løkke, Anders. (2016). Meget svær KOL. Lokaliseret d 2. maj. 2021 på: <https://www.netdoktor.dk/KOL/rygerlunger/terminalstadie.htm>

Morgan, Jacob. (2014). A Simple Explanation Of 'The Internet Of Things'. Forbes. Lokaliseret den 19. april 2021 på: <https://www.forbes.com/sites/jacobmorgan/2014/05/13/simple-explanation-internet-things-that-anyone-can-understand/?sh=3e2d404c1d09>

Nenvitech. (n. d.). Infrared absorption bands of all major trace gases. Lokaliseret d. 10. maj 2021 på: <https://www.nenvitech.com/ir-sensor/ir-technologies/>

Obaidullah, Md. (2016) Formation, measurement and analysis of emissions from stack gas. Lokaliseret d. 10. maj 2021 på: https://www.researchgate.net/figure/Working-principle-of-NDIR-gas-analyzer_fig2_329058488

O2matic. (2021). Danske sygehuse bruger ilt dosering efter samme metodik som i 1920. Lokaliseret den 28. marts 2021 på: <https://o2matic.com/da/>

Philips. (2021). Træk vejret nemmere. Lokaliseret 5. april 2021 på: <https://www.philips.dk/c-e/breathe-easier.html>

R. Murphy, P. Driscoll, R. O'Driscoll. (2001). Emergency oxygen therapy for the COPD patient. *Emerg Med J* 2001;18:333-339. Lokaliseret 21 april 2021 på: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11559601/>

Radiometer (2021). Transcutaneous vital signs monitor TCM5 FLEX. Lokaliseret d. 15. april 2021 på: <https://www.medicalexpo.com/prod/radiometer-medical/product-77112-793290.html>

Region Nordjylland. (2020). Til patienter og pårørende - KOL. Lokaliseret d. 10. april 2021 på: <https://rn.dk/da/Sundhed/Til-sundhedsfaglige-og-samarbejdspartnere/TeleCare-Nord/Telemedicin-KOL/Patienter-og-paaroerende>

Rogders, Poul., Milton, Alex. (2011). *Product Design*. Laurance King Publishing, United Kingdom, London.

Russo, Marc A., Santarelli, Danielle M., O'Rourke, Dean. (2017). The physiological effects of slow breathing in the healthy human. Lokaliseret d. 10. maj 2021 på: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5709795/>

Rose, Doug. (2018). Artificial Intelligence Foundations: Machine Learning. Lokaliseret den 1. maj 2021 på: <https://www.lynda.com/Data-Science-tutorials/Decision-trees/601797/729789-4.html?autoplay=true>

Sisodia, Rajendra og Stelth, Jagdish N. (2014) *Firms of Endearment: How World-Class Companies Profit from Passion and Purpose* (2nd edition) Pearson FT Press. New Jersey, United States of America.

Sundhed. (2015). Telemedicin giver kommunale besparelser. Lokaliseret 15. april 2021 på: <https://kommunalsundhed.dk/telemedicin-giver-kommunale-besparelser/>

Sundhedsstyrelsen. (2017, April). Anbefalinger for tværsektorielle forløb for mennesker med KOL (2). Lokaliseret 4. april 2021 [https://www.sst.dk/~media/8365DCEC9BB240A0BD6387A81CBDBB49.ashx](https://www.sst.dk/~/media/8365DCEC9BB240A0BD6387A81CBDBB49.ashx)

Straszek, Sune. (2018). Hyperventilation. Lokaliseret 2. maj 2021 på: <https://www.sundhed.dk/borger/patienthaandbogen/psyke/sygdomme/angsttilstande/hyperventilation/>

Litteratur

Topsøe-Jensen, Johanne, Wainø. (2021) Ingeniøren. Global mangel på microchips fortsætter: Producenter melder om 'alvorlig ubalance'. Lokaliseret 2. maj 2021 på: <https://ing.dk/artikel/global-mangel-paa-microchips-fortsætter-producenter-melder-alvorlig-ubalance-244977>

The global goals (2021). For Sustainable Development. Lokaliseret 10. februar 2021 på: <https://www.globalgoals.org/>

The Guardian. (2021). Global silicon chip shortage hits supply of phones, TVs, cars and Australia's NBN. Lokaliseret 2. maj. 2021 på: <https://www.theguardian.com/technology/2021/apr/04/global-silicon-chip-shortage-hits-supply-of-phones-tvs-cars-and-australias-nbn>

USGS Science for a changing world. (2020). Silicon. Data in thousand metric tons of silicon content. Lokaliseret 2. maj på: <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2020/mcs2020-silicon.pdf>

Vecchia, Dr. Agustín (2016). How to Make Radial Access Even Safer with Minimum Effort. Lokaliseret 17. maj 2021 på: <https://solaci.org/en/2016/10/14/how-to-make-radial-access-even-safer-with-minimum-effort/>

VitalAir. (2021). LTOT - VitalAire Long-term Home Oxygen Therapy. Lokaliseret 10. februar 2021 på: <https://www.vitalaire.net.cn/en/home-oxygen/vitalaire-long-term-home-oxygen-therapy>

Vugge til vugge - creating a circular future. (2021). Cradle to Cradle. Lokaliseret d. 10 maj. 2021 på: <https://vuggetilvugge.dk/viden-om/cradle-to-cradle/>

World Health Organization. (2020). The top 10 causes of death. Lokaliseret 17. maj 2021 på: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/the-top-10-causes-of-death>

Illustrationsliste

Figur 1: Procesdiagram for vores forløb (Gammelgaard, N. & Bach, K., 2021).

Billede 1: Eksempel på iltbehandling i hjemmet vha. stationær koncentrator (VitalAir, 2021).

Figur 2: Antal KOL dødsfald 2002-2013 i Danmark (Sundhedsstyrelsen, 2017).

Billede 2-3: Eksempler på to brugere der lever et aktivt liv med iltbehandling (Philips, 2021).

Figur 3: Udvalgte citater fra FNs verdensmål (The global goals, 2021) og European Green Deal (Europa Kommissionen, 2021) som vi mener vi kan bidrage til i vores projekt.

Figur 4: De 10 største dødsårsager kategoriseret af WHO, hvor KOL ligger nr. 3 (World Health Organization, 2020).

Figur 5: Konkrete værktøjer og metoder anvendt i vores arbejde (Gammelgaard, N. & Bach, K., 2021).

Figur 6: Kalenderoversigt over vores strategi for processen (Gammelgaard, N. & Bach, K., 2021).

Figur 7: Udveksling af oxygen og kuldioxid i kroppen (Gammelgaard, N. & Bach, K., 2021).

Figur 8: Raske bronkier og syge bronkier med blokeret luftvej på grund af slimdannelse (Eanatimi, u.d.).

Figur 9: Udveksling af oxygen og kuldioxid i kroppen (Eanatimi, u.d.).

Figur 10: Symptomer ved forkert mængde ilttilførsel til kroppen.

Billede 4: Eksempel på en arteriepunktur der lægges i en patients håndled (Vecchia, 2016).

Billede 5: Radiometers transkutane monitorering; TCM5, afhjælper kritiske helbredsundersøgelser hos neonatale, børn og voksne. (Radiometer, 2021).

Figur 11: Absorption af alle større gassers bølgelængder i et infrarødt lysspektrum (Nenvitech, n. d.). Redigeret; (Gammelgaard, N. & Bach, K., 2021).

Figur 12: Princippet ved en NDIR gas analyse (Obaidullah, 2016). Redigeret; (Gammelgaard, N. & Bach, K., 2021).

Figur 13: En bruger af iltkoncentrator (Gammelgaard, N. & Bach, K., 2021).

Figur 14: En bruger af komprimeret ilt på flaske (Gammelgaard, N. & Bach, K., 2021).

Figur 15: En bruger af flydende ilt (Gammelgaard, N. & Bach, K., 2021).

Figur 16: Eksempler på objekter der har forbindelse til internettet (Dreamstime, 2021).

Figur 17: Forenklet princip over teknologien bag machine learning (Gammelgaard, N. & Bach, K., 2021).

Figur 18: Når systemet registrerer ændringer starter pCO₂ målingen, og iltflowet reguleres herefter (Gammelgaard, N. & Bach, K., 2021).

Figur 19: Systemets cirkulære strategi, med nogle komponenter tilhørende den tekniske cirkel og andre den biologiske cirkel (Gammelgaard, N. & Bach, K., 2021).

Figur 20-22: De tre produkter med komponenter fordelt på det tilhørende det tekniske kredsløb og andre det biologiske kredsløb.

Figur 23: Brugere som vi især har fokuseret på at forbedre livet for (Gammelgaard, N. & Bach, K., 2021).

Billede 6: Eksempel på pulsoximeter, som giver brugeren mulighed for at følge med i oxygen saturationen i blodet (Hendricks, n. d.).

Billede 7: Et teleKit, som sætter brugeren i stand til at tage forskellige målinger der sendes ind til lægen, hvorefter der kan tages en vurdering af helbredet (Sundhed, 2015).

Billede 8: EverFlo koncentrator udviklet af Philips (Direct Home Medical, 2020).

Figur 23: Krav til, hvad vi mener, kan blive en bedre løsning for brugere i ilt behandling.

Figur 24: SPICE modellen over stakeholders i succesfulde virksomheder (Sistodia og Stelth, 2014).

Figur 25: Stakeholders og samarbejder vi har set som vigtige områder at få viden indenfor (Gammelgaard, N. & Bach, K., 2021).

Figur 26: Stakeholders og samarbejder i vores projekt (Gammelgaard, N. & Bach, K., 2021).

Illustrationsliste

- Billedsamling 1:** Håndskitser fra starten af vores projekt (Gammelgaard, N. & Bach, K., 2021).
- Billedsamling 2:** Håndskitser af monitorerings enhed (Gammelgaard, N. & Bach, K., 2021).
- Billedsamling 3:** Prototyper af monitoreringsenhed (Gammelgaard, N. & Bach, K., 2021)
- Billedsamling 4:** Konzeptudvikling af monitoreringsenhed. (Gammelgaard, N. & Bach, K., 2021).
- Billedsamling 5:** Fordele/ulemper ved koncepter (Gammelgaard, N. & Bach, K., 2021).
- Billedsamling 6:** Undersøgelser af klæbeform (Gammelgaard, N. & Bach, K., 2021).
- Billedsamling 7:** Koncepter på længde af enhed (Gammelgaard, N. & Bach, K., 2021).
- Billedsamling 8:** Undersøgelse af synlighed og glideevne på tøj (Gammelgaard, N. & Bach, K., 2021).
- Billedsamling 9:** Foreløbige komponenter i monitoreringsenheden. (Gammelgaard, N. & Bach, K., 2021).
- Billedsamling 10:** Håndskitser af iltflaske (Gammelgaard, N. & Bach, K., 2021).
- Billedsamling 11:** Prototyper på størrelse af iltflaske (Gammelgaard, N. & Bach, K., 2021).
- Billedsamling 12:** Koncepter på greb af iltflaske (Gammelgaard, N. & Bach, K., 2021).
- Billedsamling 13:** 3D print af overflade koncepter på flaske og 3D skitser på flaskeform (Gammelgaard, N. & Bach, K., 2021).
- Billedsamling 14:** Håndskitser af koncepter på koncentrator (Gammelgaard, N. & Bach, K., 2021).
- Billedsamling 15:** 3D koncepter på form af koncentrator (Gammelgaard, N. & Bach, K., 2021).
- Billedsamling 16:** Test af ergonomi; højde og flaske interaktion (Gammelgaard, N. & Bach, K., 2021).



Vejleder
Semester
Rapport
Eksamen
Institut
Institution
Anslag

Intelligent iltbehandling til borgere i hjemmet

**Nanna Gammelgaard Andersen &
Kirstine Bach**

**Karina Mose
Kandidat, 4. sem.
26.06.2021
09.06.2021
Bygningskunst og Design
Det Kongelige Akademi
50.526**