

Redesign av hjelpemiddel for bevegelseshemmede

Audun Ask Blaker

Industriell design (2 årig)

Innlevert: Juni 2012

Hovedveileder: Ole Petter Wullum, IPD

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Institutt for produktdesign



Masteroppgave for student Audun Ask Blaker

Redesign av hjelpemiddel for bevegelseshemmede

Redesign of a helping aid for the physically disabled

Masteroppgaven utføres i samarbeid med Made for Movement AS, som driver med utvikling, produksjon og markedsføring av tekniske hjelpemidler for funksjonshemmede.

Resultatet av oppgaven skal være et konsept som beskriver en ny versjon av et eksisterende produkt. Kravspesifikasjon lages på bakgrunn av et eksisterende produkt som per i dag fungerer godt, men er meget kostbart, noe som utelukker det fra potensielle eksportmarkeder. Det nye produktet skal ha samme funksjoner og kvalitet, men skal designes på nytt med hensyn på lav utsalgspris. Eventuelle tilleggsønsker undersøkes og legges også til i kravspesifikasjonen. Det nye produktets visuelle identitet kan enten være helt ny, eller basert helt eller delvis på det eksisterende produktet.

Opgaven vil blant annet omfatte:

- Analyse og utarbeiding av retningslinjer for design og optimalisering med tanke på pris
- Analyse av det eksisterende produktets funksjoner, krav og ønskede tilleggsfunksjoner
- Utarbeidelse og detaljering av konsept

Opgaven utføres etter ”Retningslinjer for masteroppgaver i Industriell design”.

Ansvarlig faglærer: Ole Petter Wullum
Bedriftskontakt: Ånund Olsen, Made for Movement AS

Utleveringsdato: 16. januar 2011
Innleveringsfrist: 11. juni 2011

Trondheim, NTNU, 16. januar 2012

Ole Petter Wullum,
Ansvarlig faglærer

Jon Herman Rismoen,
Instituttleder

Sammendrag

Made for Movement AS er en bedrift som utvikler og selger hjelpemidler for funksjonshemmede. Ett av deres produkter, Innowalk, blir i denne oppgaven gjenstand for en redesign. Innowalk er et motorisert hjelpemiddel som hjelper mennesker til å oppnå mer bevegelse enn de selv er i stand til å utføre. Produktet fungerer bra og får gode tilbakemeldinger fra sine brukere, men har en utfordring i en høy pris som utelukker det fra potensielle markedet i andre land. Denne oppgaven beskriver et forsøk på å designe et konsept som gir de samme helseeffektene som Innowalk, men til en vesentlig lavere pris.

Rapporten inneholder en beskrivelse av veien frem til, og et konsept som beskriver en mulig løsning på oppgaven. Den inneholder også en egen del som tar for seg temaet "design med hensyn på pris".

Summary

Made for Movement AS is a company that develops and sells helping aids for the disabled. One of their products, Innowalk, is subject to a redesign in this thesis. Innowalk is a motorized helping aid that enables people to get more movement than they are able to perform on their own. The product works very well and receives good feedback from its users, but faces a challenge in a high price that keeps it out of potential markets in other countries. This paper describes an attempt to design a concept that provides the same health effects as Innowalk, but at a significantly lower price.

This report contains a description of the way leading to, and a concept that describes a possible solution to the problem. It also contains a separate section that deals with design process with focus on price.

Forord

Denne oppgaven markerer slutten på fem års utdanning, og jeg er glad for at jeg fikk anledning til å samarbeide med en spennende bedrift om et interessant produkt. Jeg vil gjerne takke Made for Movement for måten jeg har blitt mottatt og inkludert på. Jeg har fått delta i møter, diskusjoner, fått hjelp og gode tilbakemeldinger underveis. Spesielt vil jeg rette en takk til Ånund Olsen, André Lindaas og Svein Bjørge. Jeg håper dere får nytte av dette arbeidet fremover - vi snakkes.

En stor takk går også til veileder Ole Petter Wullum for god hjelp og støtte.

God lesning,
Audun Ask Blaker

Innhold

Sammendrag.....	v
Summary.....	vii
Forord.....	ix

Introduksjon

Introduksjon.....	14
-------------------	----

Prosess

Analyse.....	28
Tilbakemeldinger.....	33
Innowalk som varemerke.....	34
Personas.....	35
Funksjonsanalyse.....	36
Innowalk justeringsmuligheter.....	38
Tilpassing og levering av Innowalk.....	39
Kundetilfredshetsfaktorer.....	40
Arbeid med skisser og modeller.....	41
Vurdering og videre arbeid.....	44

Resultat

Designspesifikasjon.....	48
Resultat : Nye Innowalk.....	50

Vedlegg

Om brukernes sykdomsbilder.....	70
Konkurrenter og interessante produkter.....	73
Made for movement manual for grafisk design.....	81
Edwards, K.L., 2006. Towards more strategic product design for manufacture and assembly: priorities for concurrent engineering.....	83
Referanser.....	89

Figurliste

Innowalk med bruker	15
Antall bruksomganger pr. uke.....	16
Minutter brukt per behandling.....	16
Brukslokasjon for Innowalk.....	16
Sammenlikning av sekvensiell og integrert prosess (Wikimedia Commons).....	28
Kostnad og utbytte ved forskjellige stadier i designprosessen (Baxter 1995) Tilsvarende graf finnes også i (Anderson et. al. 2010).....	29
Forholdet mellom investering og utbytte i de forskjellige fasene i designprosessen. (Baxter 1995).....	30
Gammelt design av retikkelfeste (Boothroyd et.al. 2002).....	30
Tidsbesparelse ved hensyn til DFMA metoder i designfasen (Boothroyd et.al. 2002).....	30
Nytt design av retikkelfeste. Vesentlig forenklet ved bruk av DFMA metodikk. (Boothroyd et.al. 2002)	30
Generelle retningslinjer for å vektlegge produksjon og pris i en designprosess	32
Prosentfordeling av kundetilfredshet	33
“Kano-modellen” (Baxter 1992).....	40

“Innowalk er et velfungerende produkt og får gode tilbakemeldinger fra brukere. Dens største problem er en meget høy pris som hindrer mange brukere i å få tak i den.”

Introduksjon

Bakgrunn

Det finnes mange mennesker som har problemer med å få beveget benene nok på grunn av sykdom og lidelser. Innowalk er et apparat som tilbyr bevegelse og dermed vesentlige helsegevinster til disse menneskene. Innowalk er et kostbart produkt, noe som utelukker det fra mange markeder og dermed også mange brukere. Firmaet bak Innowalk - Made for Movement AS - ønsker at flest mulig skal få muligheten til å oppleve helseeffektene Innowalk tilbyr. I dag er det i hovedsak kun brukere fra Norge som får oppleve dette. Det største hinderet på veien mot dette er av en økonomisk art. Prisen på en Innowalk er svært høy og det utelukker den fra mange potensielle markeder rundt om i verden. Målet med dette prosjektet er å lage en ny versjon av Innowalk som er tilpasset til eksport på verdensmarkedet, og da blir pris et viktig fokusområde.

Oppgaven

Redesign av hjelpemiddel for bevegelseshemmede

Oppgaven skal ende opp i et konsept som beskriver en ny versjon av et eksisterende produkt. Kravspesifikasjon lages på bakgrunn av et eksisterende produkt som per i dag fungerer godt, men er meget kostbart, noe som utelukker det fra potensielle eksportmarkeder. Det nye produktet skal ha samme funksjoner og kvalitet, men skal designes på nytt med hensyn på lav utsalgspris. Eventuelle tilleggsønsker undersøkes og legges også til i kravspesifikasjonen. Det nye produktets visuelle identitet kan enten være helt ny, eller basert helt eller delvis på det eksisterende produktet.

Problemdefinisjon

Hvordan kan man redesigne Innowalk slik at det gir de samme helseeffektene, er like enkel å bruke, samtidig som den blir vesentlig rimeligere?

Måldefinisjoner

Resultatmål

Et konsept/produkt som tilbyr minst de samme helsegevinstene og sikkerheten til Innowalk, men til en lavere pris.

Effekt mål

Vesentlig flere mennesker får tilgang på et høykvalitets hjelpemiddel med de samme helsegevinstene som Innowalk på grunnlag av en lavere pris.

Suksesskriterier

For å vurdere prosjektets suksess er følgende kriterier sentrale:

Helsegevinst

For at prosjektet skal regnes som en suksess så må produktet tilby en like stor helsegevinst som Innowalk.

Brukervennlighet

Med brukervennlighet her menes hvor vennlig produktet er mot sine brukere gjennom hele brukskjeden, med fokus på sluttbruker og ledsager. Det blir naturlig å måle konseptet opp mot Innowalk.

Pris

Produktets totalpris er et sterkt vurderingskriterie.

Metode

Arbeidsmetoden som er brukt er designprosess basert på diverse litteratur bl.a. (Baxter 1995) og (Liem 2006). Prosessen er nærmere beskrevet i prosessdelen av rapporten.

Tidsramme

Oppstart: 16.01.2012
Innlevering: 11.06.2012
Presentasjon: 18.06.2012

Om Innowalk

Innowalk har tre hovedfunksjoner. Opp og ned-reisning, styrt og korrigert bevegelse og vektbæring. Innowalk er et motorisert hjelpemiddel som gir assistert bevegelse - i alle stillinger mellom helt sittende og helt stående - til barn/små mennesker med nedsatt bevegelse. Innowalk kan tilpasses individuelt i forhold til høyde, bevegelsesbehov og personlig motivasjon.

Tilleggsfunksjonalitet

Innowalk har noen ekstrafunksjoner som sørger for økt komfort og et mere anvendelig produkt. Et svingbart og justerbart bord kan kobles på slik at brukeren kan drive med andre aktiviteter samtidig som han mottar behandling. Oppreisningen fra sittende til stående posisjon er motorisert og drives av en elektrisk aktuator. Bakbena har trillende hjul for enkel forflytning. Ryggsøylen kan slås sammen for forenklet transport.

Pris

Utsalgspris: ca. 120 000kr

Medisinsk effekt

- ▶ Forbedrer og opprettholder funksjon og fleksibilitet i leddene
- ▶ Øker puls, respirasjon og sirkulasjon, og gir samtidig bedre mage- og tarmfunksjon
- ▶ Forebygger smertefulle spasmer
- ▶ Forbedrer søvnmønster – som gir bedre humør og overskudd
- ▶ Gir bruker og ledsager mulighet for god sosial kontakt

Sluttbruker

Høyde : 80 - 150cm

Vekt: < 50kg

Alle som trenger mer bevegelse (og oppreisning) enn de selv har muligheten til å utføre.

Innowalk tilpasses individuelt til den enkelte bruker og skal kun brukes av den personen det er tilpasset til. Med hensyn til brukerens vekst og evt. funksjonsforandringer er det behov for regelmessig oppfølging av Innowalk.

Medbrukere

Foresatte

Mor og/eller far er viktige brukere av produktet da det ofte er dem som skal bruke produktet i den daglige oppfølgingen sammen med barnet. Det som kjennetegner disse er at de har svært varierte bakgrunner og ofte ingen kompetanse utover den de får fra Made for Movement.

Profesjonell terapeut

Ofte fysioterapeut eller liknende med kompetanse på bevegelsessystem, men ikke nødvendigvis tekniske systemer. Bruker Innowalk som arbeidsredskap.

Førskolelærer e.l.

Ledere i sammenhenger som ikke nødvendigvis har noe med barnets rehabilitering og behandling og gjøre, men som har ansvaret for barnet i andre sammenhenger som f.eks. skole. Har begrenset med kunnskap innen mekaniske systemer og fysiologi.

Om bruk av Innowalk



Fig. 1.1: Innowalk med bruker

Omgivelser

Innowalk blir benyttet hovedsaklig tre steder:

- ▶ Hjemme (72%)
- ▶ Barnehage / skole (37%)
- ▶ Annen institusjon (8%)

Brukshyppighet og varighet

Som vist på figuren er det vanligst å bruke Innowalk 5 ganger i uken, og de fleste bruker den 3-4 ganger i uken. De fleste brukerne bruker Innowalk i over tretti minutter hver behandling, men 25% bruker den så kort som 16-30 minutter pr. behandling.

Marked

Innowalk blir solgt som et hjelpemiddel via NAV i Norge, mye grunnet Norges velståendehet. Den nye Innowalkeren skal selges til hele verden via Made for Movements distributører.

Produksjon og sammenstilling

Underleverandører leverer komponenter som blir sammenstilt på Rødmyr. All montering er manuell. Innowalk har deler fra mange forskjellige produksjonsprosesser. Blant annet sandstøpt jern, ekstrudering av aluminium, sprøytstøpt plast, vakuumformet plast, platearbeid. Produksjonen er lite tilpasset masseproduksjon.

Svakheter / utfordringer

En av utfordringene ved Innowalkeren er brukergruppen. Ingen to menneskekropper er like og derfor må Innowalk ha vesentlige muligheter for justering og tilpassing. Brukerne har også svært alvorlige feilstillinger og kroppslige problemer som gjør at de utøver stor kraft mot apparatet og dermed må Innowalkeren være svært sterk.

Styrker

Meget godt og veltestet funksjonsprinsipp. Gode tilbakemeldinger fra brukere

Brukernes sykdomsbilder

Brukerne av Innowalk har funksjonsnivå i alle områder mellom frisk og svært dårlig. Noen bruker Innowalk som rehabiliteringsverktøy etter for eksempel skade og da vil de bruke den frem til de ikke har behov for den lenger. I den andre enden av skalaen finner vi de som har vesentlige svekkelser, både fysiske og kognitive. Disse bruker Innowalk som et verktøy for å forbedre livskvalitet. Typiske diagnoser er cerebral parese, muskelsykdommer, ryggmargsbrokk, hjerneskade/traume osv. Dette inkluderer symptomer som spasmer, atetose, tremor o.l.

Virkeprinsipp

Innowalk er i utgangspunktet i nedslått/sittende posisjon. Man løfter brukeren opp i Innowalken og spenner den fast med stropper i forhold til behov for posisjonering. Via en fjernkontroll aktiverer en ledsager den elektriske oppreisingfunksjonen og brukeren føres over i stående posisjon. (Eventuelt i enhver posisjon mellom sittende og stående, men det er mest vanlig at den brukes i stående posisjon.) Via fjernkontrollen starter ledsageren den motoriserte og korrigerende bevegelsen på bena. Stroppene rundt leggene hindrer brukeren å falle sammen og gjør at brukeren støtter sin egen kroppsvekt. Ved bruk av maskinen oppnås fleksjon og ekstensjon av hofter, kne og ankelledd, som ved vanlig gange. Når

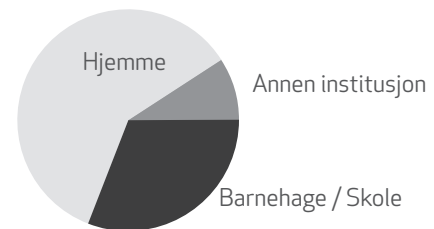


Fig. 1.2: Brukslokasjon for Innowalk

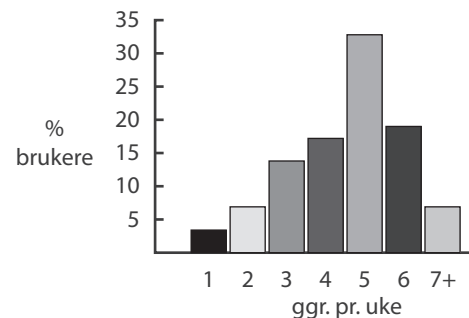


Fig. 1.3: Antall bruksomganger pr. uke

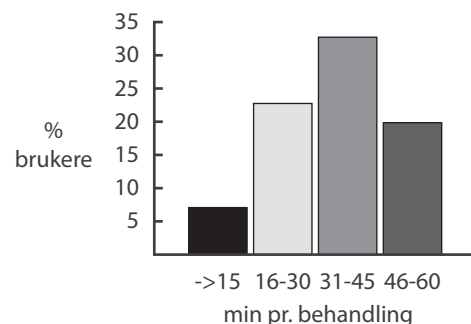
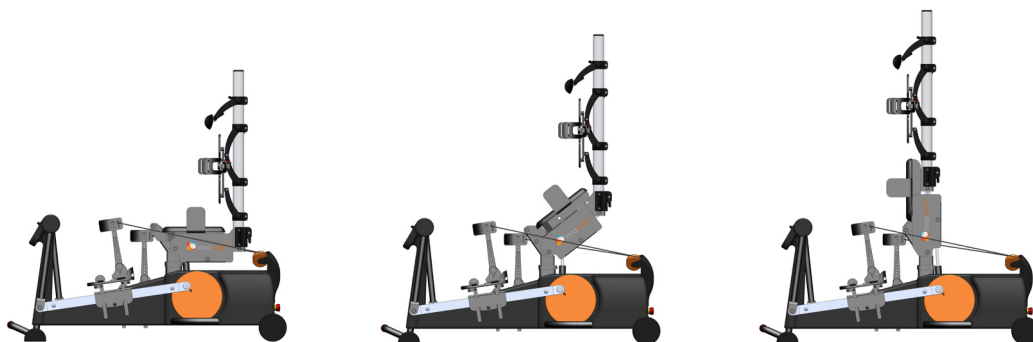


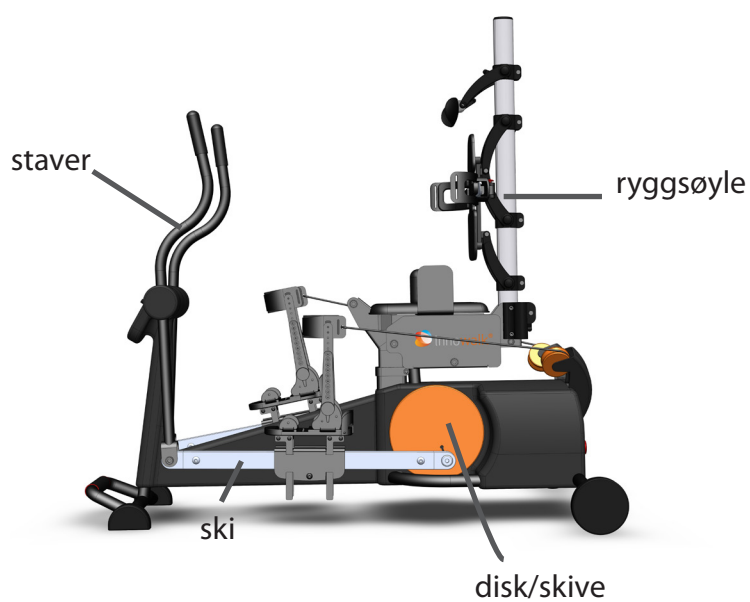
Fig. 1.4: Minutter brukt per behandling

ønsket brukstid er oppnådd stoppes driften på bena, brukeren senkes ned og er klar til å bli fjernet fra maskinen.



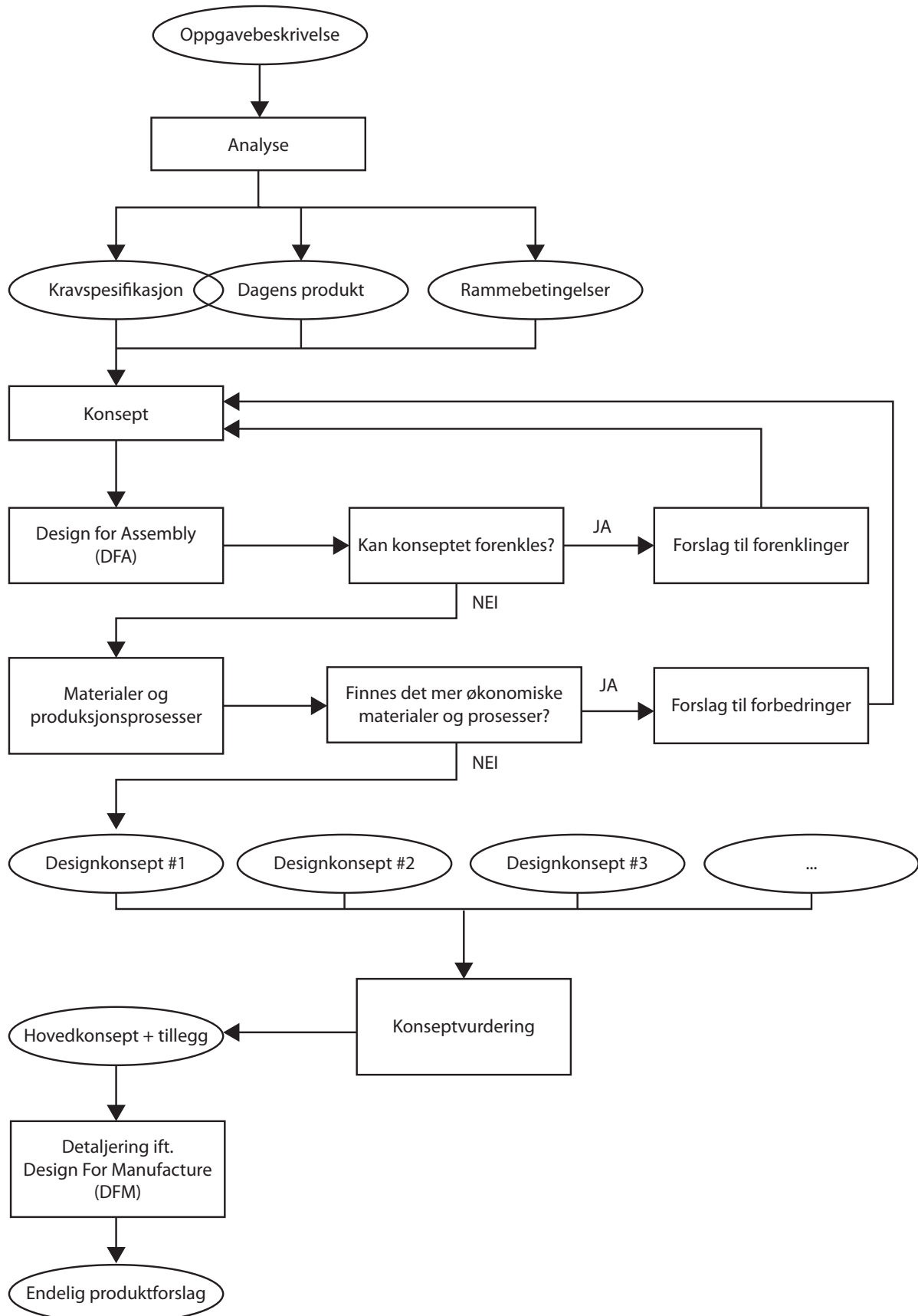
Terminologi

I utviklingen av Innowalk kom jeg over flere "spesialuttrykk" som er spesifikke for Innowalk sin produktverden.



*“Hva er design med hensyn på pris,
hvordan vektlegger man det og hvilke
implikasjoner fører det til?”*

Design med tanke på pris har vært et sentralt aspekt i prosessen, noe jeg forsøkte å inkorporere allerede på prosessnivå. Jeg lagde meg et flytdiagram som hjalp meg å vurdere konseptene og ideene ved hjelp av et spesialisert flytdiagram. Diagrammet er laget på bakgrunn av et liknende skjema fra (Boothroyd et.al. 2002).



Sammendrag av prosessen

Under "Prosessoversikt" på side 26 finnes et diagram som viser på en oversiktlig måte hvordan prosessen har vært i dette prosjektet. Det vil være lurt å bruke det som referanse under gjennomlesning av denne delen. I avsnittene nedenfor dette kommer en beskrivelse av arbeidsprosessen i prosjektet, med relevante avgjørelser og begrunnelser for valgene som er tatt underveis. Hvis det skulle være ønskelig å se på resultatet først, så finnes det under "Resultat" på side 47.

Analysefase

Prosjektet startet todelt. På den ene siden måtte jeg gjøre en vanlig analyse av produktet Innowalk, på den andre måtte jeg definere og få bedre kunnskap om "design med hensyn på pris".

Analyse av Innowalk

I denne delen av prosjektet fant jeg ut mye om hvorfor Innowalk er som den er og hvilke begrensninger og muligheter som ligger i produktet. Den første endringen jeg innførte i det nye konseptet var mindre avstand mellom de oransje diskene. Denne nye løsningen førte det til at det var mulig å bruke rette "ski" på den nye Innowalken i forhold til den gamle hvor skiene måtte bøyes til med en innsving.

Design med hensyn på pris

Det finnes mange strategier for hvordan man skal fokusere på pris. Jeg startet med å se på outsourcing, men bestemte meg for at det var langt utenfor denne oppgavens fokus, og jeg lette videre etter noen mer relevante (for mitt fagfelt) angrepsvinkler. Resultatet ble Design For Manufacture and Assembly (DFMA) og Concurrent Engineering (integreert utvikling). Det står mer om dette senere i rapporten, men det gav meg noen retningslinjer og rettetråder når det gjaldt videre utvikling av konsepter.

Videre utvikling og beslutninger

Veien videre var grovt pekt ut og var en kombinasjon av de to retningene. Jeg jobbet videre og særlig vektleggingen av bruk av standarddeler førte meg i retning av det endelige konseptet. Jeg lette etter bransjer, systemer eller enkeltkomponenter som kunne passe til Innowalk og fant noe jeg syntes passet perfekt - sykkel- og scooterverdenene.



799,-



6990,-

Konseptverden: sykkel og scooter

Desto mer jeg analyserte sykkelens verden viste det seg at det var en god scene for Innowalk. Typen bruk og belastning som de blir utsatt for er veldig like. Jeg valgte å inkludere scootere også i Innowalk sitt definisjonsområde for det gir tilgang til elementer som deksler og motorer. Disse to produktkategoriene inneholder omfattende nettverk av under- og sluttleverandører som kan levere både ferdige standardkomponenter og spesiallagede komponenter i store serier til lave priser. I den nye Innowalkeren er det brukt et standard kranklager og lett modifiserte krankarmer som utgangspunkt for gåfunksjonen. Dette er komponenter som passer perfekt til den type bruk og som også passer godt i et rørrammedesign. Som en del av argumentasjonen for denne retningen er biltema-sykkelen ovenfor med 21 gir til åtte hundre kroner, og en 50 kubikk FM 50 E-1 scooteren som koster syv tusen kroner. Det gir meg god grunn til å tro at med teknikker fra disse to områdene kan utsalgsprisen på en ny Innowalk (i dag ca. 120 000kr) reduseres betraktelig.

Kun en modell

Blant valgene jeg måtte gjøre i analysefasen var et valg mellom å ha flere modeller med mindre spenn på brukerstørrelse, eller en modell som har store justeringsmonn. Jeg vurderte det slik at slik som dagens Innowalk er, så er det ikke vesentlige besparelser å hente på å innskrenke justeringsmonnet, så derfor valgte jeg å beholde det slik som det er i dag. En ting å se på i fremtidig arbeid derimot, er om det er mulig å lage en oppskalert versjon som klarer enda større brukere.

Uendret oppreisningsfunksjon

Det finnes mange måter å konstruere en oppreisningsfunksjon på, og dette var noe som kostet meg mye tankebry. Det som i hovedsak skiller de forskjellige oppreisningsmetodene fra hverandre er hvor korrekte de er i forhold til kroppens bevegelsesmønstre. Jo nærmere apparatets rotasjonspunkter er kroppens egne (knær, hofter, etc.) jo mindre bevegelse får man mellom apparat og kropp og jo bedre er det. Dette er grunnen til at det står et omdreiningspunkt opp mellom bena på brukeren på både den nye og den gamle Innowalkeren. Et alternativ er å flytte dette punktet på utsiden av stolen (og brukeren), enten på en eller begge sider, men da blir apparatet seende helt annerledes ut og blir enten vesentlig større, vanskeligere å komme seg inn og ut av eller asymmetrisk og mister noe stabilitet. I denne oppgaven var mitt mål at stolen ikke skulle være noe dårligere, og kombinert med begrenset tid valgte jeg å bevare dagens oppreisningsprinsipp likt som dagens Innowalk. For å senke prisen på Innowalk enda lavere vil det være grunn til å se mer på oppreisningsløsningen hvorvidt man kan ofre litt på "korrekthet" og få igjen på pris. Dette må undersøkes nærmere og testes med brukere for å se hvorvidt man virkelig kan fire på dette.

Manuell fremdrift

Jeg vurderte lenge å ha manuell drift på flere av funksjonene. Jeg var inne på tanken om å erstatte hele driftssystemet med manuell drift fra for eksempel pedaler, slik at behandleren kunne drive brukeren rundt. Men det gikk jeg bort i fra av to grunner. Det er litt i overkant mye å be om av noen å tråkke på den måten i mange minutter, og det kan fort bli for rykkete og ujevnt. En vesentlig grunn til Innowalks gode effekt er den jevne driften og spasmekontrollen. Disse funksjonene er bare oppnåelige gjennom en elektrisk motor og et styringssystem.

Manuell oppreisning

Oppreisningsfunksjonen i den nye Innowalken var lenge tegnet inn som manuell, drevet av en gassdemper lik den man finner i f.eks. kontorstoler. Den største utfordringen med dette er den svært varierende vekten på brukere og det at Innowalkeren sin oppbygning gjorde det svært vanskelig å lage en brukervennlig og holdbar løsning på utløsningen av demperen. Derfor gikk jeg tilbake til elektrisk aktuator også her.

Inkludere armbevegelse

Jeg tok beslutningene om å endre funksjonsprinsipp på gåfunksjonen fra glideføringer til pendeloverføring. Arbeid med funksjonsprinsippene og DFMA i forhold til funksjonsprinsipp førte til at det var den beste veien å gå. Forenkling av gåbevegelsesprinsippet førte til at det uansett ble laget et opplegg som var lett å tilpasse til bruk med staver. Disse grunnene talt overbevisende for at dette var den beste løsningen.

Konseptfase

I denne fasen prøvde jeg også i flere retninger samtidig. Jeg prøvde å integrere alle ønskene som hadde dukket opp i analysefasen i det nye konseptet, samtidig som jeg prøvde meg frem i forhold til estetisk retning. Nye funksjoner som jeg valgte å integrere er:

Kombinert høyderegulering og bærehåndtak

Dagens Innowalk har en litt tungvint løsning for å justere apparatets stigning mot grunnplanet. De to forreste bena må skrues ut med en nøkkel slik at de blir lenger. På den nye Innowalk er denne funksjonen erstattet med en forbensammenstilling som justeres i en enkelt operasjon. Vinkel justeres med en settskrue som bremser forbena som går inn i rammen med en teleskoperende glideføring. På forbena er det tegnet inn et integrert håndtak. Dette er slik at man da kan trille Innowalken enkelt etter seg. Det er også et tydelig tegn til brukeren om hvordan Innowalkeren skal forflyttes, slik at det ikke oppstår noen tvil om det.

Skjerm

Jeg leste tilbakemeldinger om at det var mange som savnet feedback fra Innowalken når de brukte den. Jeg vurderte en stund å lage forskjellige utstyrsnivåer og ekstrautstyr, slik at skjermen kan følge med en dyrere utstyrs pakke slik som i bilverdenen, men jeg vurderte det slik at en ekstra skjerm er svært rimelig i innkjøp, og det vil være mere økonomisk totalt å inkludere skjerm på alle modellene.

Brukergrensesnitt/integrert fjernkontroll

Dagens fjernkontroll fremstår som unødvendig komplisert, og jeg har foreslått å droppe hele fjernkontrollen og heller plassere en kontrollenhet integrert i frontdekslet. Den vil da være tilgjengelig hele tiden og i nærheten av brukeren. Slik jeg analyserte brukerbehovet så trenger en kontrollenhet bare å styre to funksjoner: Opp/Ned med stolen og justering av gåfunksjonens hastighet mellom ingen og full fart. Grensesnittet er lagt opp slik at det skal være selvforklarende ut i fra bryternes affordance, men det er også lagt til dekaleringer som forklarer dersom mer informasjon skulle være nødvendig.

Annen motor

Motoren som står på den gamle Innowalken er på 80W og koster ca 2500kr. Den har også fått tilbakemeldinger på å ikke være så sterk som ønskelig, og at den støyer forholdsvis mye. I henhold til det nye konseptet trengte jeg en motor som var tilpasset kjededrift og som gjerne var sterkere enn den eksisterende. Jeg valgte å bruke en trike-motor fra golden-motor (BLT-500). Den yter 600w, koster ca 550kr, er tilpasset kjededrift og kan kjøre på vesentlig lavere turtall, noe som vil være positivt med tanke på støy. Den eneste ulempen med denne motoren er at den tar opp forholdsvis mye plass, og setter dermed en kraftig rammebetingelse for den nye Innowalkens volum og dermed dens estetikk. Jeg vurderte det slik at gevinsten veide godt opp for offeret og bestemte meg for å holde på dette valget.

Skohøydejustering

Den nye løsningen for skohøydejustering er et godt eksempel på DFMA-metodikk. Målet mitt var å redusere antall deler, og å gjøre det lettest mulig å bruke den. Den nye versjonen har 7 deler mot den gamles 16. I tillegg er den nye trinnløs. Mer om denne står under resultat.

Begrensning

Konseptfasen i dette prosjektet gikk mye ut på å prøve å lage nye effektive løsninger i henhold til DFMA-metoder. Dette var uvant, men også spennende og lærerikt. Det er tidkrevende og det viste seg raskt at jeg ikke ville rekke å gå gjennom hele produktet på denne måten, og derfor tok jeg fatt på de områdene der jeg anså at jeg ville rekke mest på kortest mulig tid, og på dette tidspunktet var det på tide å begynne å detaljere.

Materialisering

3d-modellering

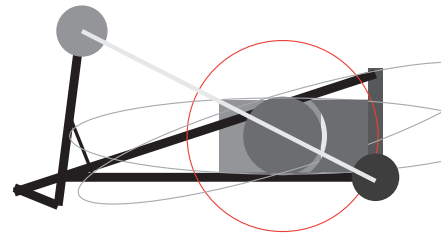
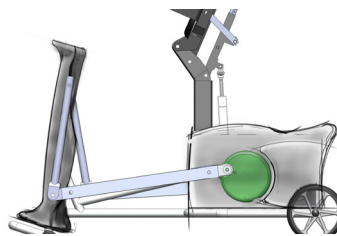
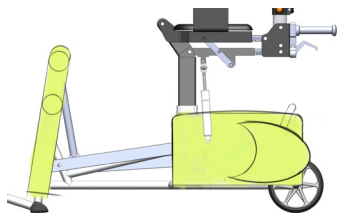
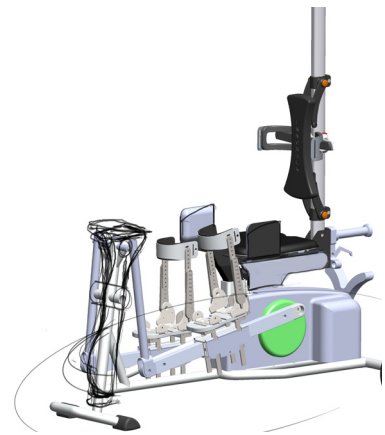
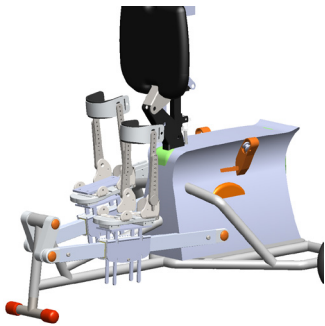
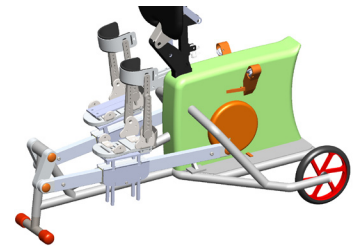
Det var ikke noe tydelig skille mellom materialiseringsfasen og konseptfasen, og jeg vekslet hele tiden mellom dem ettersom jeg fikk nye ideer og innfall. Det ble en kamp mot tiden ettersom det gjennom hele prosjektet var viktig for meg at jeg fikk verifisert ideene i 3d-modellen.

Designretning

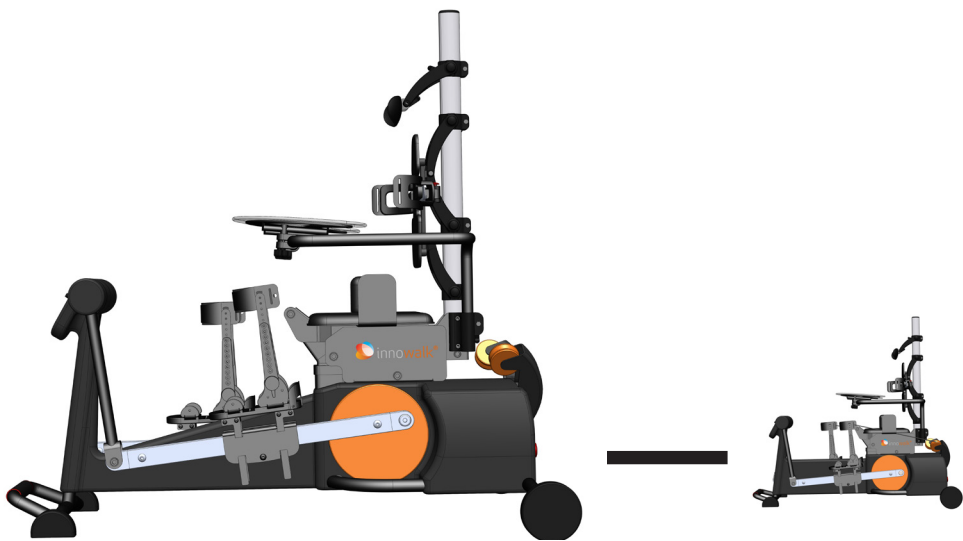
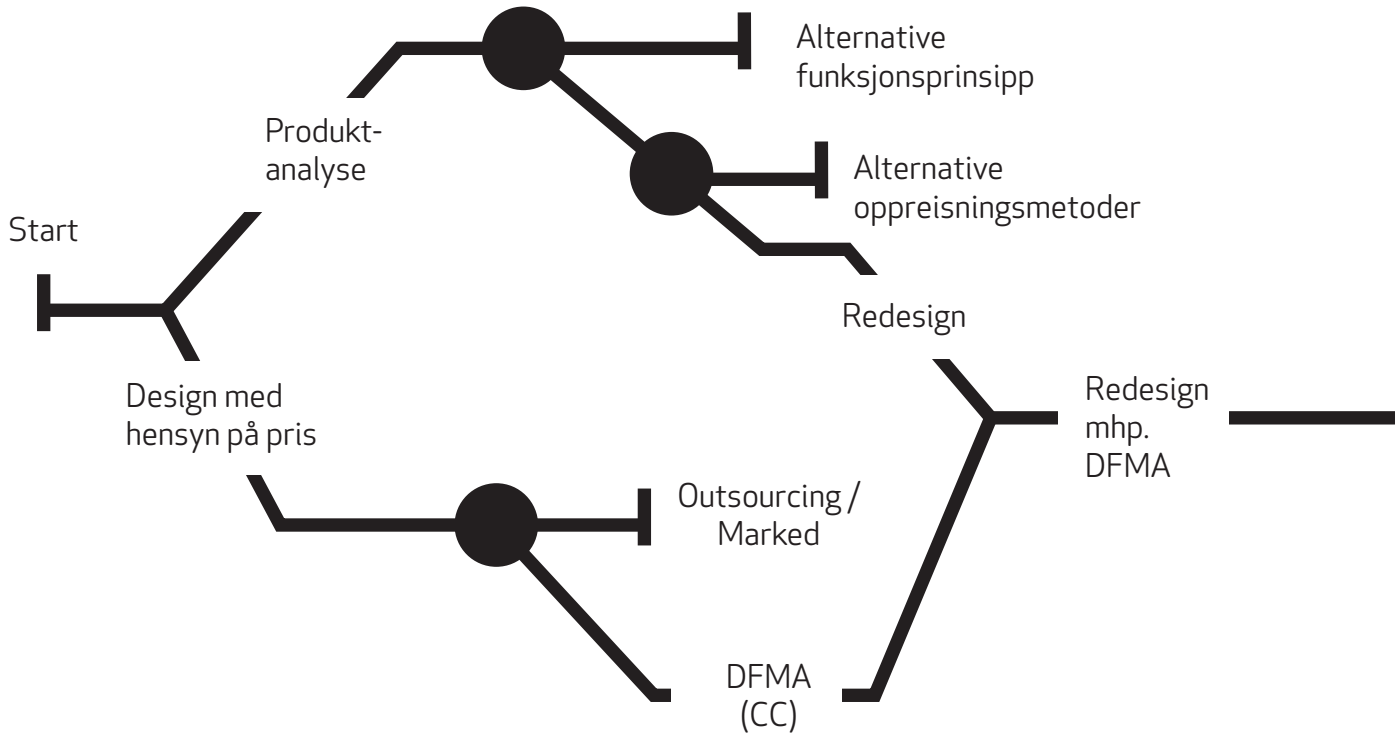
Jeg var innom flere designretninger, men hovedtemaet å underbygge Made for Movements verdier bevegelse og dynamikk i designet. Men det viste seg etter hvert at det ble en overvekt av linjer og forskjellige inntrykk som kjempet om oppmerksomhet, og det hele fremstod som uoversiktlig. Jeg endret designtilnærming mer mot forenkling og gikk over til å prøve å roe ned designet og bruke enkelt formspråk. Jeg falt på en gestalttilnærming som jeg syntes gav den riktige følelsen. Den opprinnelige skissen kan sees nederst til høyre på neste side. Tanken bak er å sette Innowalk-funksjonen i senter for produktet, og la runde former signalisere rotasjon, og bruke enkle geometriske former for å få produktet til å fremstå enkelt.

Detaljering

Siste del av materialiseringsfasen med tanke på produktutviklingen var å gå over former og hele produktet og verifisere at det var mulig å produsere. Det var også viktig å detaljere apparatets enkeltdele i sammenheng med hverandre for å sikre harmoni mellom dem.



Prosessoversikt





Konstruksjons
prinsipper

sandstøp

platemetall

sprøytstøp

! Sykkel /
moped

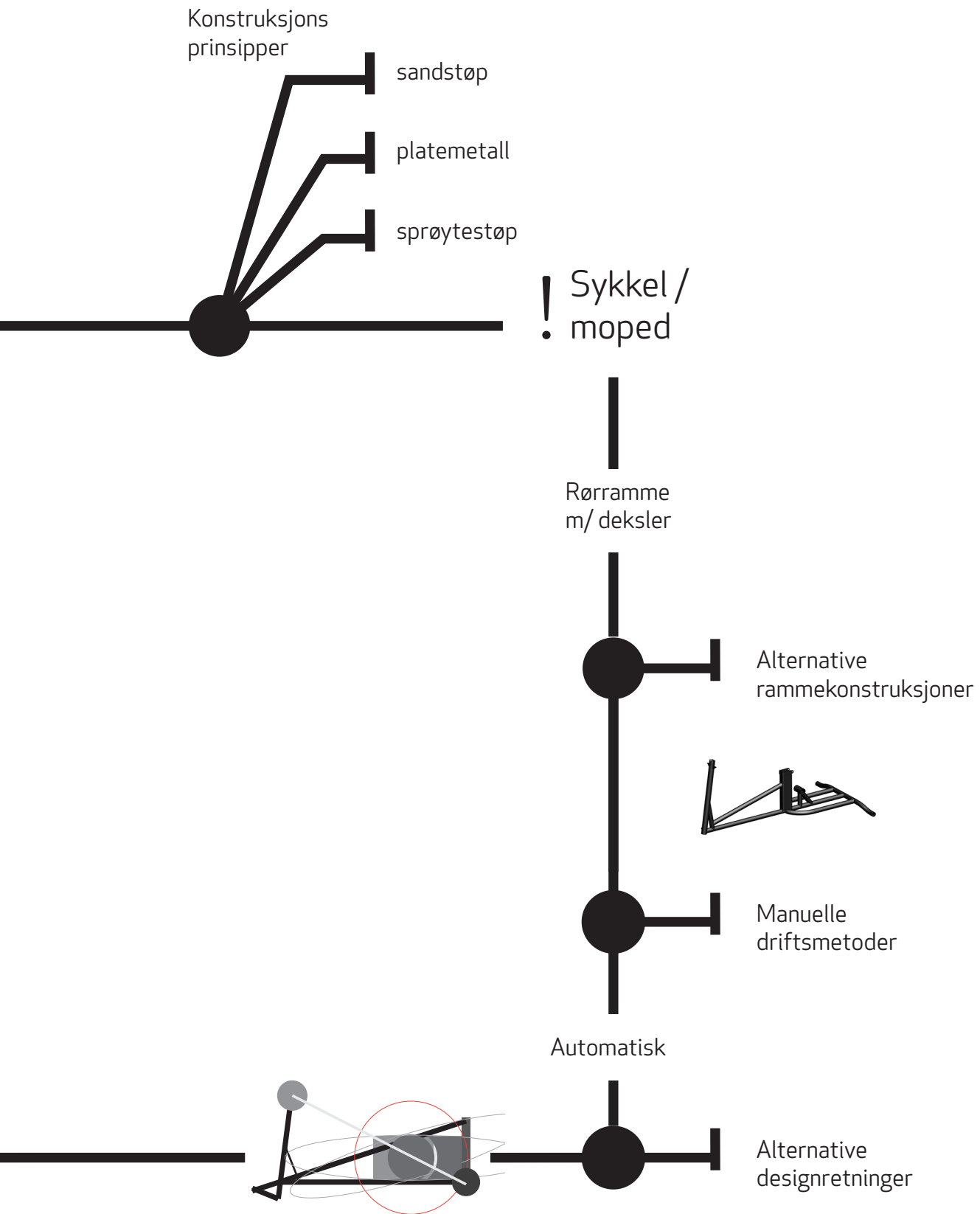
Rørramme
m/ deksler

Alternative
rammekonstruksjoner

Manuelle
driftsmetoder

Automatisk

Alternative
designretninger



Analyse

Design med hensyn på pris

Design med hensyn på pris er nevnt av flere forfattere innen designprosess, blant annet som "Design for produksjon" og "Design for riktig pris" (Farstad 2008) og "Design integration" (Baxter 1995), men også utenfor designverdenen finnes det gode kilder til metodikk. Denne seksjonen er et forsøk på å koke ned disse metodikkene til enkle og oversiktlige guidelines. Her beskrives metoder og retningslinjer som hjelper til med å utvikle et produkt med de riktige egenskapene i forhold til kravspesifikasjon til en riktig pris. Hovedpoenget med metodikkene er tverrfaglig samarbeid og metodisk arbeid for å utnytte produksjonsprosesser og forenkle sammenstilling. Som utgangspunkt for denne oppgavens fokus på pris har jeg laget noen retningslinjer som brukes for å tilføre designprosessen et konkret preg av pris som målsetning. Et produkts pris er et resultat av mange variable, men for å oppnå en lavest mulig pris faller det ned på en fellesnevner, og det er å unngå sløsing av ressurser. Et produkts pris blir i hovedsak designet inn og bestemt allerede i konseptfasen, men også utgifter som påbeløpes i utviklingsprosessen må bakes inn i sluttprisen. For å inkludere begge disse besparelsene har jeg beskrevet design med hensyn på pris i to deler. En del som handler om optimalisering av prosessen som et designprosjekt drives i, og en del som handler om konkret optimalisering av produktet som utvikles i prosessen.

Systemperspektiv : Concurrent Engineering (Integrert prosess)

Mange problemer kan oppstå på grenselinjene mellom fasene i en designprosess på samme måte som mellom de forskjellige fagretningene som prosessen involverer. Concurrent engineering er en arbeidsmetodikk som har som mål å unngå dette ved å drive alle utviklingsaktivitetene samtidig, i motsetning til sekvensielt, slik det er vanligst i andre tilfeller.

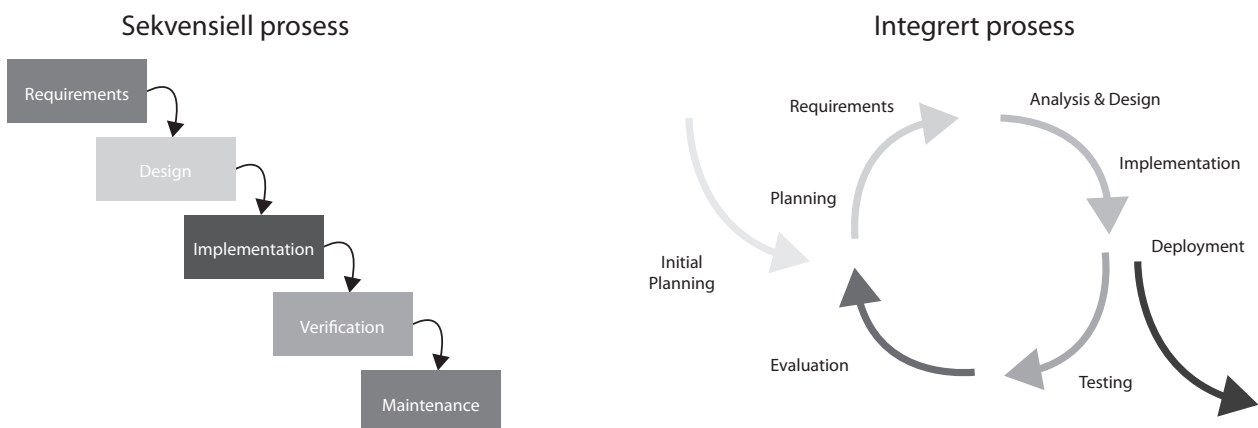


Fig. 1.5: Sammenlikning av sekvensiell og integrert prosess (Wikimedia Commons)

Nivå 1

Grunntanken er at alle elementene i et produkts livssyklus skal vurderes i de tidlige designfasene. Dette inkluderer funksjonalitet, produksjonsvennlighet, sammenstillingsvennlighet, testbarhet, tilgang til vedlikehold, miljøpåvirkning og til slutt avhending og resirkulering.

Nivå 2

Det andre nivået innen integrert prosess er at alle de aktivitetene som etterfølger hverandre i en klassisk designprosess skjer samtidig ved bruk av concurrent engineering. Teorien er at når disse aktivitetene kjøres samtidig oppnås en signifikant økning innen produktivitet og produkt-kvalitet på grunn av at feil og behov for endringer lettere blir oppdaget tidlig i designprosessen. I tillegg vil de forskjellige fagretningene kunne spille på hverandres kompetanse og skape nye konsepter. (http://en.wikipedia.org/wiki/Concurrent_engineering)

Produktperspektiv : Design For Manufacture and Assembly

Design For Manufacture (DFM) er en systematisk metode for å maksimere bruk av (og hensyn til) produksjonsprosesser i en produktutviklingsprosess. Design For Assembly (DFA) er en systematisk metode i en produktutviklingsprosess for å maksimere bruk av (og hensyn til) et produkts

komponenter slik at det blir enkelt å sammenstille. For effektiv produktutvikling benyttes ofte disse to metodikkene sammen i det som kalles Design For Manufacture and Assembly og forkortes DFMA. Artikkelen denne forklaringen er fritt oversatt fra og som oppsummerer DFMA på en god måte, følger i sin helhet med som vedlegg. (Edwards 2006)

Noen beskrivende sitater

“The engineering group’s adoption of DFMA was essential to helping Hypertherm close in on its aggressive targets of 50 percent reductions in both part count and production costs.” Videre siteres det: “David Vranson, advanced manufacturing engineer for ITT’s Aerospace Controls: “Nine times out of 10, waste is designed right into the product - it’s not something that occurs when the design gets to the other side. That’s the benefit of DFMA - you look at a design before it’s released (to manufacturing) and get rid of a lot of waste.” (Stackpole 2010)

“Consultant with Neoteric Product Development and an MIT lecturer on mechanical engineering: “75 percent to 90 percent of the final cost of a product is locked in after only 5 percent to 10 percent of the initial design process is done. You lock in a lot of the cost even though you haven’t done much of the design work.” (Stackpole 2011)

“The normal result of DFMA, as an integral part of the design process, is simpler and more reliable products that are less expensive to manufacture and assemble.” (Edwards 2002)

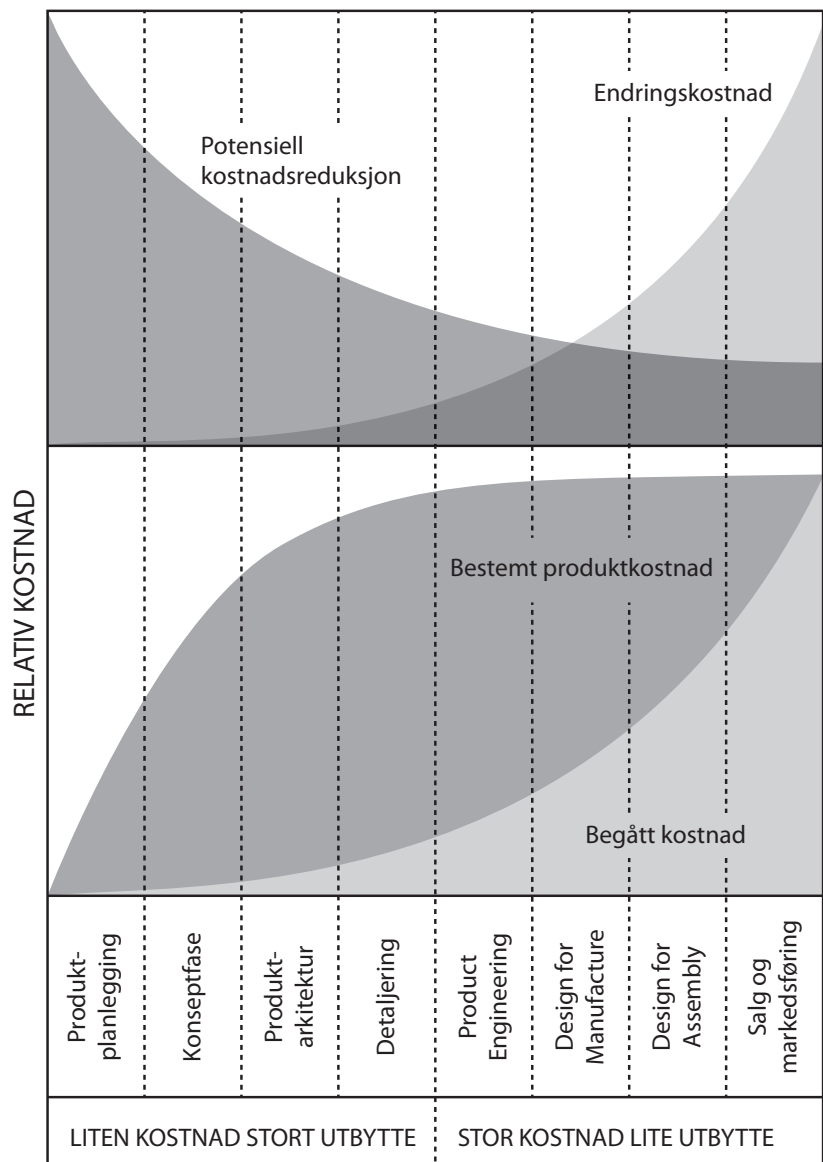


Fig. 1.6: Kostnad og utbytte ved forskjellige stadier i designprosessen (Baxter 1995) Tilsvarende graf finnes også i (Anderson et. al. 2010)

Et godt eksempel på forenkling på konseptnivå. PC vs. Mac



Forenkling ved å fokusere på enkle konseptløsninger og reduksjon av antall deler er den beste måten å oppnå ekte reliabilitet på.

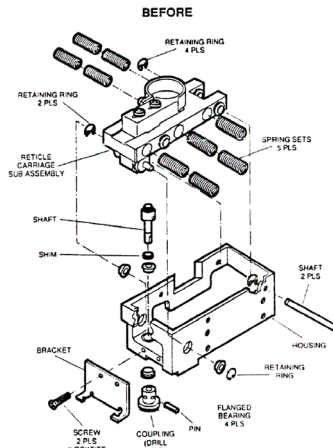


Fig. 1.7: Gammelt design av retikkelfeste (Boothroyd et.al. 2002)

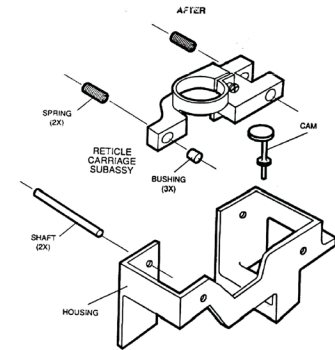


Fig. 1.8: Nytt design av retikkelfeste. Vesentlig forenklet ved bruk av DFMA metodikk. (Boothroyd et.al. 2002)

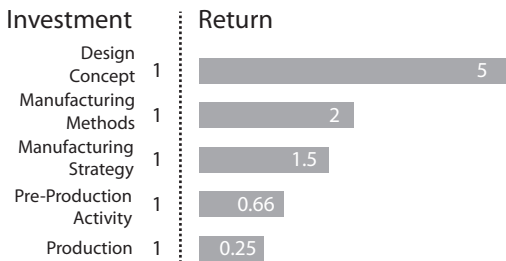


Fig. 1.9: Forholdet mellom investering og utbytte i de forskjellige fasene i designprosessen. (Baxter 1995)

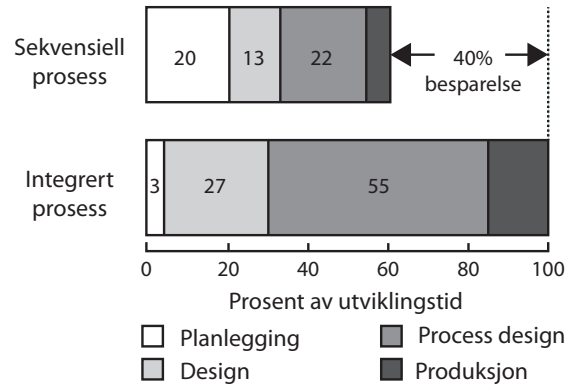


Fig. 1.10: Tidsbesparelse ved hensyn til DFMA metoder i designfasen (Boothroyd et.al. 2002)

Som vist på Fig. 1.6 på forrige side er allerede i konseptfasen over 60 % av kostnaden bestemt. Kostnad blir designet inn i produktet, særlig ved de tidlige konseptavgjørelsene, og er vanskelig å kvitte seg med senere. Effektive kostnadsbestemmelser må derfor innføres i starten av prosjektet fordi når produktet er ute av designfasen er størstparten av kostnadene bestemt.

Man ser på Fig. 1.10 at det vil lønne seg å øke den relative tidsbruken i konseptfasen. Det resulterer i at man må bruke mindre tid på designendringer og man får en kortere total designprosess.

På Fig. 1.9 ser vi en oppstilling av investering mot utbytte som viser at investeringer i konseptfasen er de mest lønnsomme.

DFMA retningslinjer - et lite utvalg

DFMA metodologi blir oftest formidlet gjennom et stort antall retningslinjer som både overlapper og komplimenterer hverandre. Det er vanskelig å trekke ut noen eksempler uten at noe går tapt fra den opprinnelige sammenhengen. Et eksempel på en mer omfattende liste følger vedlagt (Edwards 2002), men jeg har allikevel i denne delen prøvd å trekke ut noen generelle linjer. Fig. 1.11 viser en oversikt over disse generelle hovedreglene. Nedenfor følger en mer spesifikk liste.

Integrering av deler

For å vurdere om en del trenger å være uavhengig / individuell kan man bruke denne tre-spørsmålstesten:

- ▶ Beveger delen seg uavhengig av omliggende deler?
- ▶ Må delen være av et annet materiale (elektrisk isolering, vibrasjon etc.)?
- ▶ Må delen være separat for å muliggjøre montering/demontering?

Hvis svaret er nei på alle tre, så burde det undersøkes nøye hvorvidt delen kan integreres med en annen del.

Design av enkeltdeler

- ▶ Prøv først å bruke en standarddel.
- ▶ Design deler slik at de ikke kommer i klem med hverandre (som pappkrus), eller flettes inn i hverandre.

Tilpass deler for montering

- ▶ Prøv å lage orienteringsnøtyrale deler, det vil si symmetriske om så mange akser som mulig.
- ▶ Dersom deler må være asymmetriske, så prøv å overdrive det.
- ▶ Design deler slik at de kan enkelt bli plukket opp plassert og festet. Dette betyr gjerne flate parallelle flater som kan enkelt plukkes opp og fikseres. Deler som er tilpasset automatisk montering er enkle å sette sammen manuelt også.
- ▶ Hvis flere liknende deler brukes, prøv å fargekode dem.
- ▶ Hvis det er skjulte egenskaper som krever en spesiell orientering så burde den synlige delen designes slik at den hjelper til med å orientere. (Via form eller overflate)
- ▶ Unngå deler med skarpe kanter eller spisser, noe som gir unødvendig komplisert produksjon og slitasje på maskineri.
- ▶ Unngå deler som er lette å ødelegge.
- ▶ Design den største og mest rigide delen som base for montering. Sammenstilling bør kunne gjøres lagvis fra bunn og opp.
- ▶ Unngå at man må flytte og reposisjonere produktet under montering.
- ▶ Tilpass for åpen og lett tilgjengelig montering og service, ikke steng inne viktige komponenter.
- ▶ Unngå bruk av festemidler
- ▶ Design systemer assemblyer og under-assemblyer slik at man har tilgang til festemidlene med verktøy.
- ▶ Design modulære deler som kan monteres separat og monteres som moduler.

Se på produktet og resten av firmaets portefølje som et system

- ▶ Prøv å utforme produktporteføljer med synergieffekter som bl.a. delte moduler.

1



Design for bruker

Design produktet slik at det har de rette funksjonene, og den rette ytelsen til den rette prisen med fokus på hva brukeren virkelig trenger.

2



Spesifiser for pris

Kravspesifikasjonen er den mest vesentlige påvirkningskraften når det kommer til pris. Begrensninger og målsetninger i forhold til pris må komme allerede her.

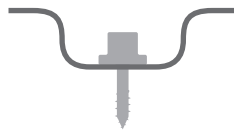
3



Forenkle

Et produkts enkelhet er nøkkelen til pålitelighet og riktig pris. Unødvendig kompleksitet er sløseri med ressurser.

4



Design for sammenstilling

Design systemet og dets deler med tanke på enkel montering, demontering og service. (Design for Assembly).

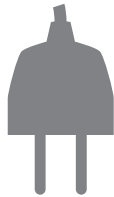
5



Reduser antall deler

Eliminer eller slå sammen deler for å øke produktets pålitelighet samtidig som totalprisen reduseres. Feste- midler står for en liten del av delekostnad, men en vesentlig del av arbeidskostnaden.

6



Bruk standardiserte deler, koblinger materialer og prosesser

Deler, materialer og produksjonspartnere blir lettere å skifte ut og skalere.

7



Finn de rette produksjonsprosessene til det aktuelle produksjonsantallet

Vurder hvilke produksjonsprosesser som er tilgjengelige i forhold til pris og produksjonsantall

8



Tenk system og moduler

Et komplekst produkt er et system. Det kan være fordelaktig å vurdere undersystemer og modularisering. Det kan også gi synergieffekter for resten av produktporteføljen.

Fig. 1.11: Generelle retningslinjer for å vektlegge produksjon og pris i en designprosess

Tilbakemeldinger

En av produktets største utfordringer er pris, men i tillegg ønsket jeg å finne ut om det fantes noen andre utfordringer. Informasjonen i dette avsnittet er hentet fra generelle tilbakemeldinger fra Made for Movement samt to kundeundersøkelser utført av Made for Movement i 2009 og 2011. Nedenfor har jeg skissert resultatene fra disse. Punktene er ønsker til forandring på Innowalk, og enkelte kommer direkte fra brukere og er derfor meget "muntlige" i formen.

Forflytning

- ▶ Gjøre den lettere å flytte innendørs, slik at den kan benyttes flere steder i hjemmet. Lengre og tvunnet kabel.
- ▶ Den kunne vært litt lettere å forflytte på gulvet.
- ▶ Sko/kryssvest/bedre hjul under transport/pannebånd støtte/kraftig reimer ved fotfesteordningen og ikke minst ett lite håndtak bak under transport
- ▶ Flytting mellom hjem og barnehage er komplisert og vanskelig. Skulle helst hatt to stykker.

Brukes uten strøm

- ▶ Batteri, slik at den blir mer fleksibel i bruksområder.

Tilpasning til barn

- ▶ Mykare kanter på bordet.
- ▶ Øke motivasjon til å trene utholdenhet: f.eks. Klokke som ringer. Dataspill for bevisstgjøring. Skritteller eller en måler som viser tilbakelagt distanse
- ▶ Sidestøttene er for skarpe i kantene

Staver

- ▶ Mulighet til å trene armene samtidig

Gi feedback

- ▶ At en kunne se på fjernkontroll hvor mange ganger en har trykket for å øke hastighet og vite hvilken hastighet som er best
 - ▶ Vise trinn og hastighet
 - ▶ Vise treningstid
 - ▶ Puls
 - ▶ Angi hvilke nivåer som er oppvarming osv.
- ▶ Måle forbedring, distanse opp mot tid.

Teknisk

- ▶ Økt styrke: Lag den i et sterkere materiale (legg litt mindre vekt på design)) føler at det fort blir litt slark skruer som bør settes till.
- ▶ Det hadde vært bra med enklere justering for skrittlengden, slik at vi kan gjøre det selv og uten å måtte gjøre avtale med en av deres ansatte. Det tar ofte lang tid å få gjort slike avtaler.
- ▶ Låseknappene til hjulene er små og veldig harde og låse.
- ▶ Motoren støyer for mye
- ▶ Bord bør kunne brukes både sittende, stående og under oppreisning

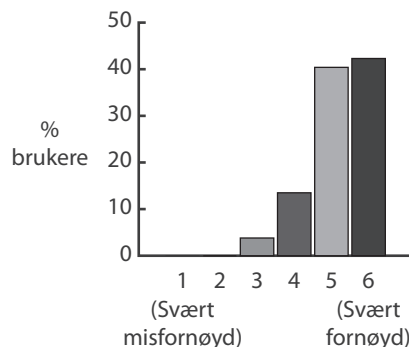


Fig. 1.12: Prosentfordeling av kundetilfredshet

Om Made for Movement

Forretningsfilosofien til Made for Movement er å utvikle, produsere og selge egne patenterte hjelpemidler. Målsetningen til firmaet er å gi så mange barn som mulig muligheten til å få bruke deres produkter, samtidig som Made for Movement består som en økonomisk lønnsom bedrift.

Innowalk som varemerke

Innowalk er et registrert varemerke og er et unikt produkt på verdensbasis. Jeg mener at det er noe som burde spilles på og brukes i stor grad og styrt bevegelse med vektbæring burde være synonymt med Innowalk. Det prøver jeg å fange opp og gjør noen bevisste grep i forhold til merkevarebygging. Made for Movement har også en stor versjon samt en instutisjonsversjon av Innowalk. Disse bærer med seg flere av kjennetegnene som jeg beskriver her. Det finnes allerede to produkter i serien Innowalk, hvor begge inkorporerer den røde/oransje sirkelen. Dette medvirket til at jeg valgte å fokusere det endelige designet rundt disse karakteristikene.

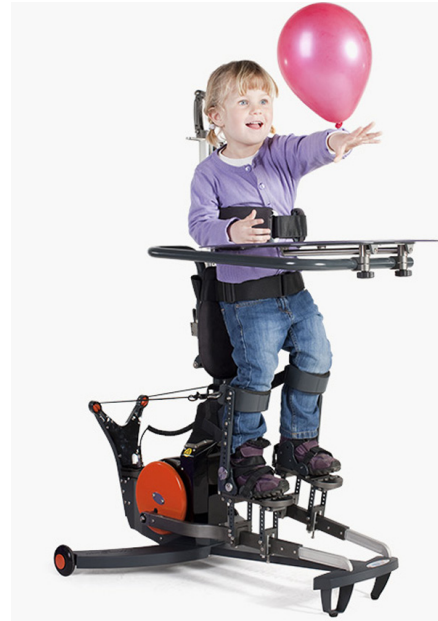
Innowalk arketype

Innowalk kjennes fra før som varemerke på den oransje sirkelen og den sølvgrå skien som går ut fra den på samme måte som fremdriftssystemet på et tog. Dette har jeg valgt å tydeliggjøre og bringe videre i det nye konseptet. Oransje (Pantone 158 EC) Har blitt beskrevet i Made for Movement sin designguide for grafikk og den har jeg også brukt som fargevalg.





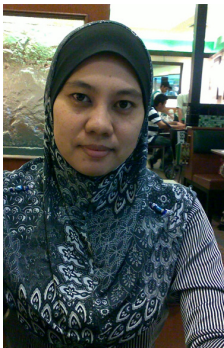
Innowalk Pro



Innowalk

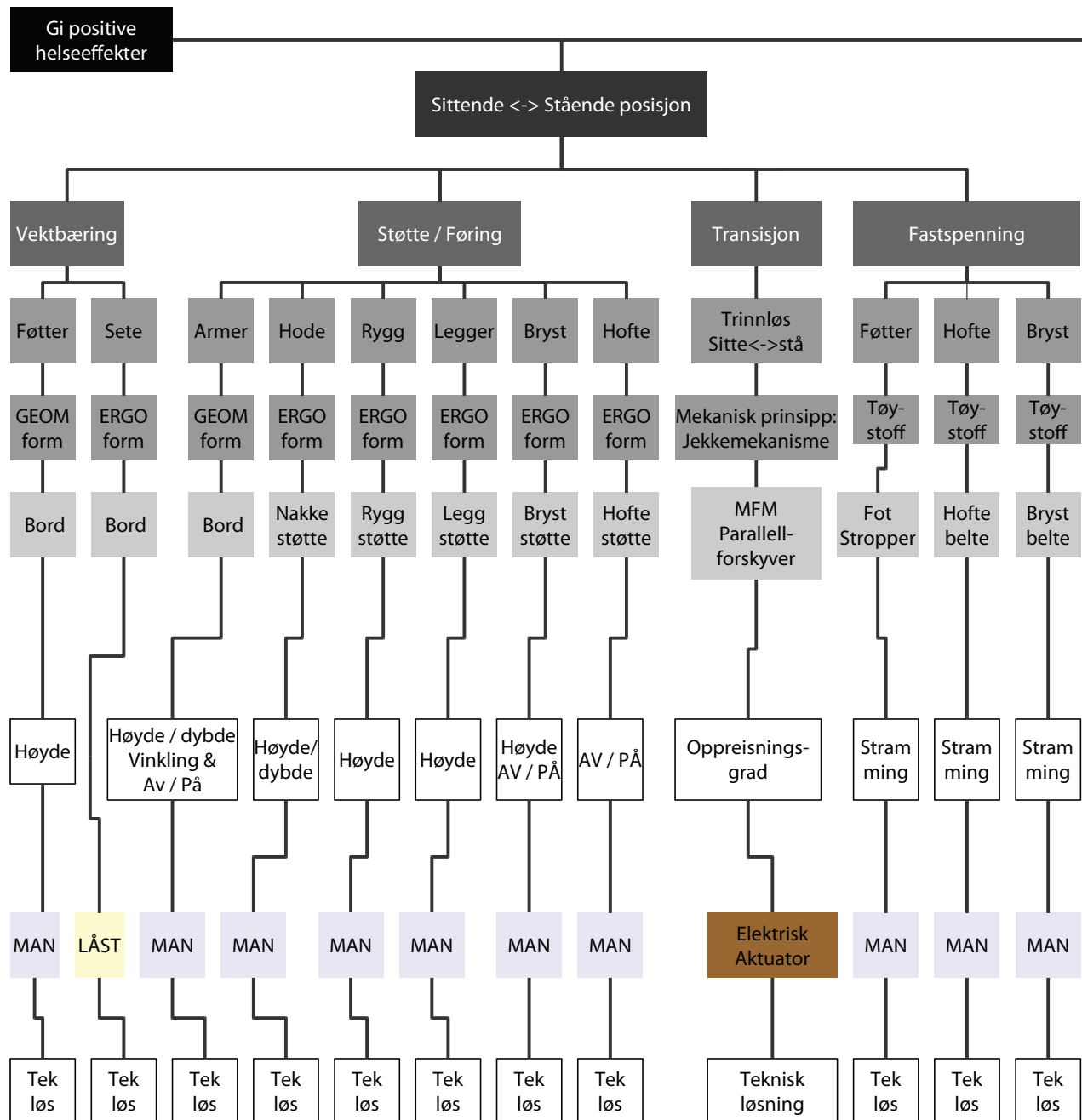
Personas

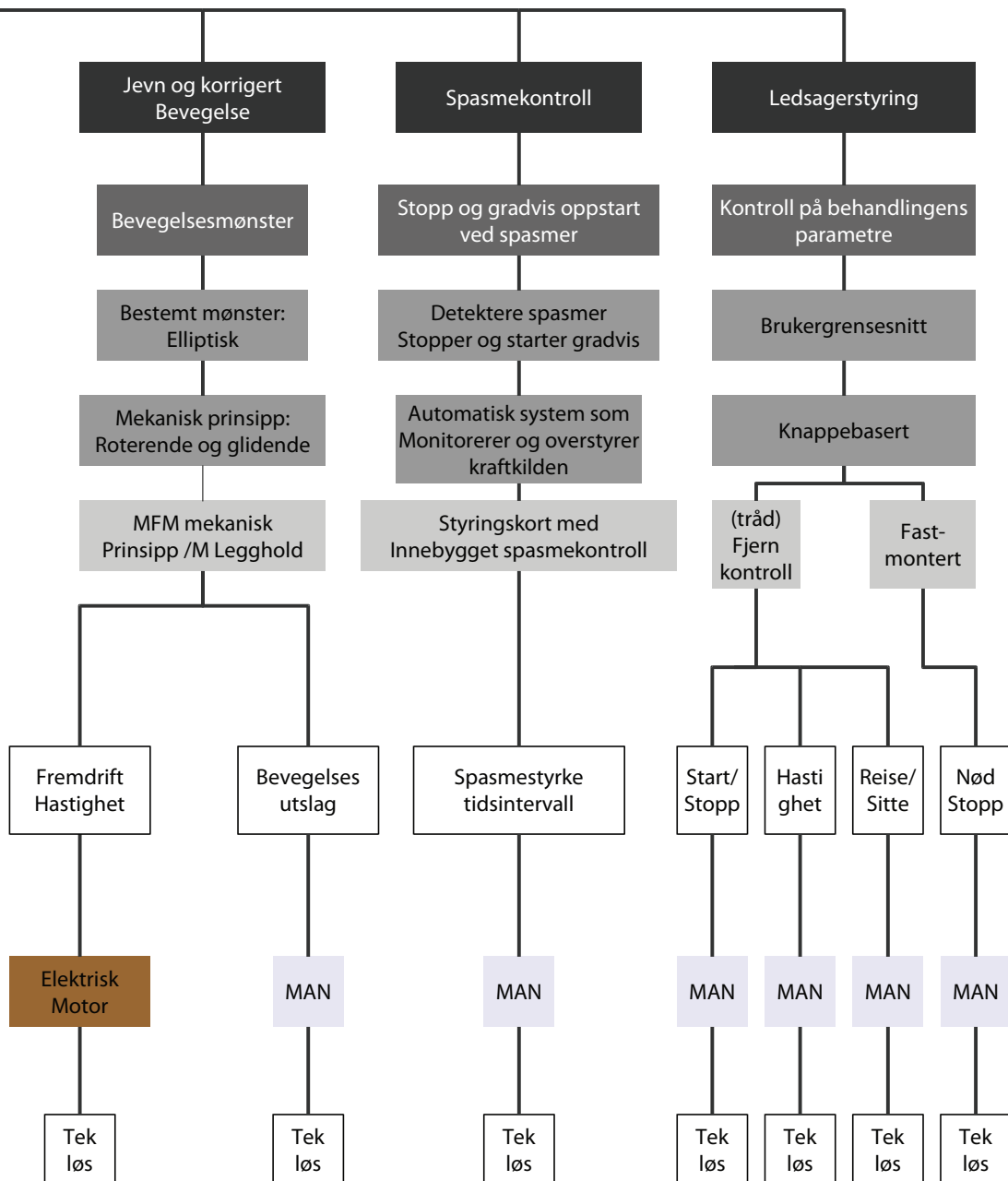
Jeg har ikke brukt personas svært aktivt i arbeidet med oppgaven, men jeg har hele tiden vært bevisst på at den redesignede Innowalken har hele verden som målgruppe og vil dermed ha en svært variert brukergruppe.



Funksjonsanalyse

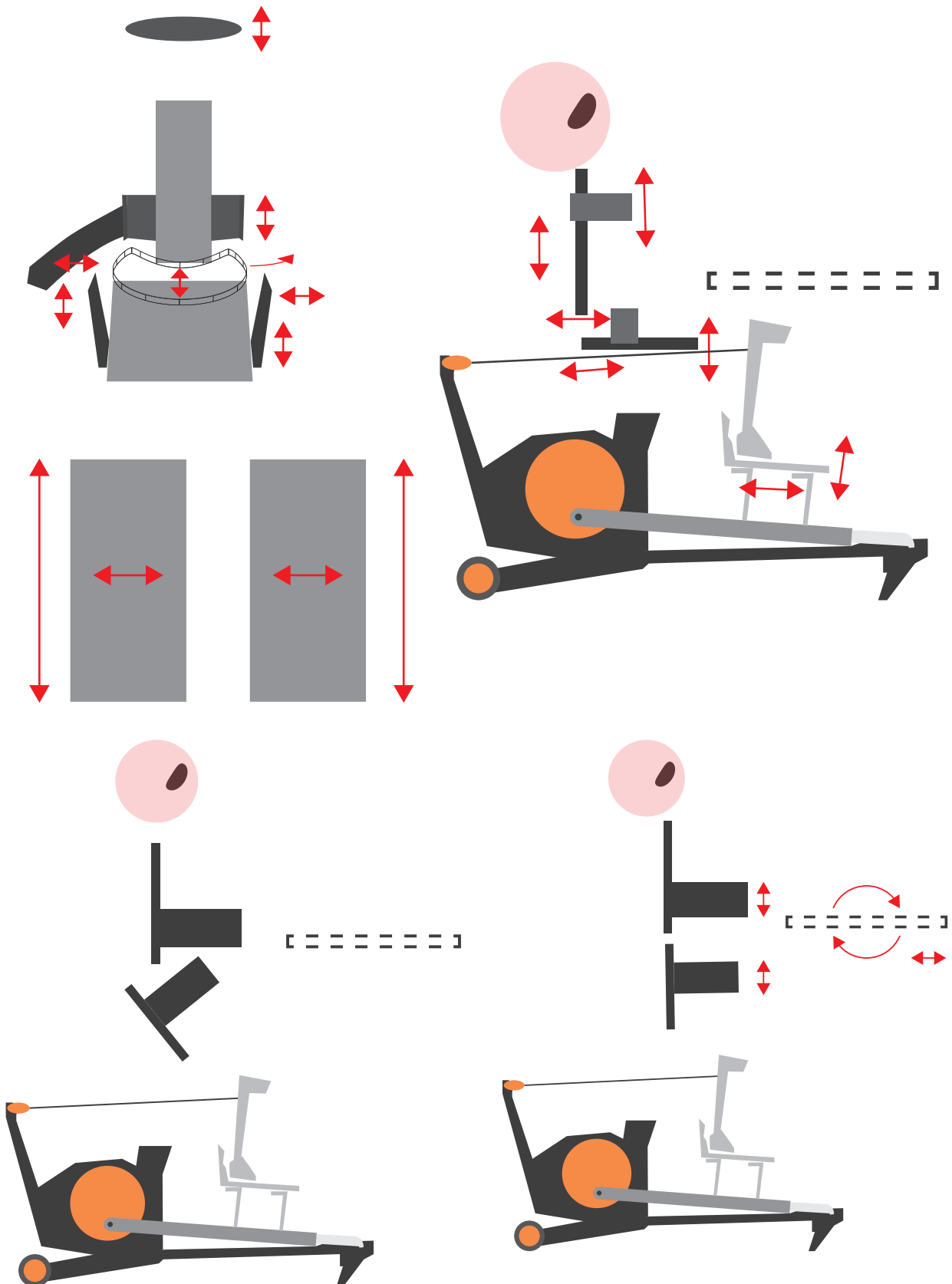
Denne funksjonsanalysen ble gjort som en metodisk tilnærming til forståelse av Innowalk, for å bli godt kjent med produktet og for å prøve å oppdage andre muligheter til å oppnå de samme effektene. Denne analysen var utgangspunkt for at jeg forsøkte å drive både gåfunksjon og oppreisning manuelt.





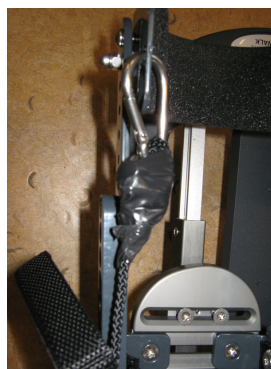
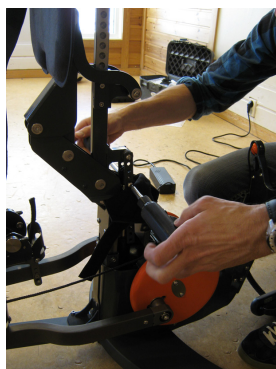
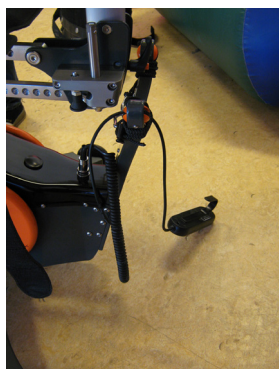
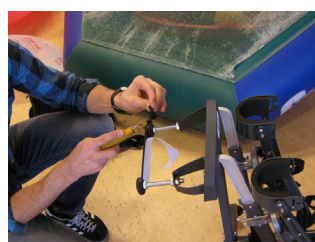
Innowalk justeringsmuligheter

For å få en bedre forståelse av Innowalk sine innstillings- og justeringsmuligheter gjorde jeg en analyse av hvilke muligheter Innowalk har innen justering.



Tilpassing og levering av Innowalk

Jeg fikk lov til å bli med Magnus ut på tur for å se på når han tilpasset og leverte to Innowalkere til forskjellige barn. Det var en svært lærerik opplevelse, og opphav til større forståelse for oppgaven og flere av problemstillingene.



Av tilbakemeldinger og observasjoner jeg gjorde meg denne dagen var:

Nakkestøtten har ganske mange deler, og det er mange brukere som feilaktig bruker den som håndtak når de flytter rundt på Innowalkeren.

Innowalkeren burde være lettere å flytte rundt på en riktig måte



Kundetilfredshetsfaktorer

Som en del av analysen så jeg på hva som gjør brukere fornøyde med et produkt, eller såkalte kundetilfredshetsfaktorer.

Basiskrav / Must-be quality

Basiskravene er de absolutte minstekravene som er nødvendige for at et produkt skal fungere ordentlig, og en lav oppnåelse av grunnleggende faktorer **vil** føre til kundemisnøye. Et eksempel på et basiskrav er å ha et batteri i en mobiltelefon, uten det har ikke produktet noen mening.

- ▶ "Ikke uttalte" behov og ønsker for egenskaper som er typiske for og forventet fra konkurrerende produkter.
- ▶ Vanskelig å oppdage via markedsundersøkelser (alle ønsker dekk på bilen, men ingen snakker om det)
- ▶ Blir fanget opp av analyse av konkurrerende produkter

Ytelseskrav / One dimensional quality

Ytelseskrav er ofte eksplisitte uttalte krav fra kunder, og sammenlignbare konkurransefaktorer mellom bedrifter, og forholdet mellom oppfattet kvalitet og kundetilfredshet er proporsjonalt. Et eksempel på et ytelseskrav er levetiden til batteriet i en mobiltelefon.

- ▶ Eksplisitt uttalte behov og ønsker om egenskaper fra konkurrerende produkter
- ▶ Tilgjengelige faktorer for markedsresearch.
- ▶ Vanligvis additive i forhold til å produsere kundetilfredshet
- ▶ Liten oppnåelse av ytelsesfaktorer kan gi grunnlag for kundemisnøye

Attraksjonskrav / Attractive quality

Attraksjonskravene er de kravene som kundene ikke uttaler eller forventer seg eksplisitt. Graden av oppfattet kvalitet er mer enn proporsjonalt i forhold til graden av kundetilfredsheten. Å ikke lykkes i å oppnå entusiasme faktorer leder **ikke** til kundemisnøye.

- ▶ "Uttalte", latente brukerbehov og ønsker som ikke finnes hos noen konkurrerende produkter (ref. Ingen visste at de ville ha iPhone før den kom, da ville alle ha det)
- ▶ Tilfredsstillende genuine behov, ikke bare være en gimmick
- ▶ Ekstrapolert fra markedsundersøkelser rettet mot å forstå kundenes _underliggende_ ønsker og deres uløste problemer med eksisterende produkter

Figuren viser sammenhengen mellom et produkts prestasjonsgrad og kundetilfredshet med hensyn på forskjellige ytelsesfaktorer.

For at et produkt skal være bedre enn konkurrerende produkter så må det oppfylle basiskravene, være konkurransedyktige i forhold til ytelseskravene og skille seg ut positivt i forhold til attraksjonskravene. (Fritt oversatt fra (Matzler og Hinteruber 1998). For at et produkt skal være attråverdig, må det appellere til brukerne på følelsesmessige, sosiale og intuitive nivåer. (Fritt oversatt fra (Warell et al. 2008)). Et produkt må være funksjonelt på et fysisk nivå, brukervennlig og intuitivt på et psykologisk nivå og burde være attraktivt på et subjektivt emosjonelt nivå.

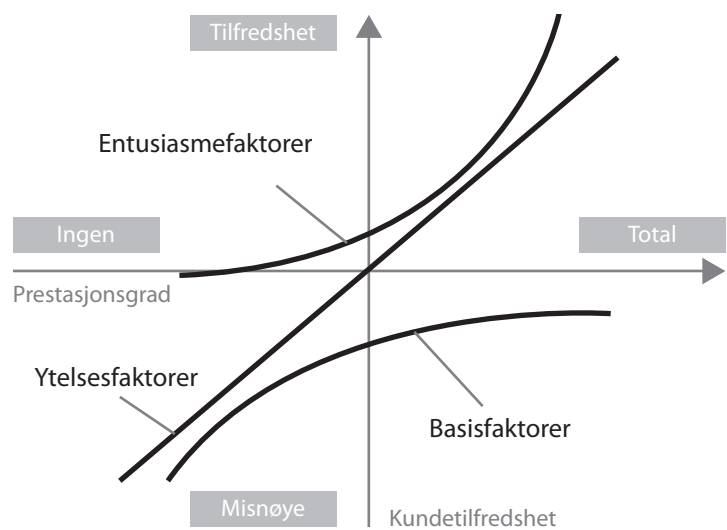
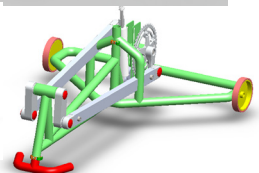
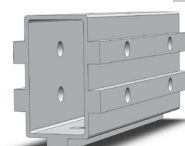
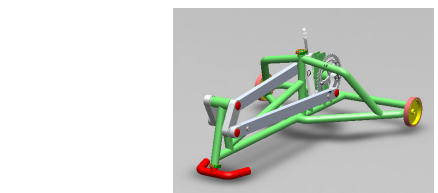
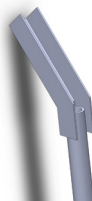
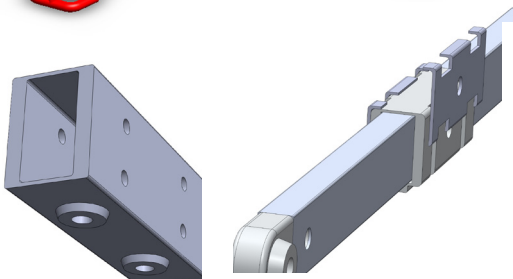
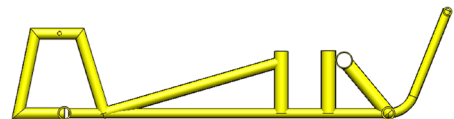
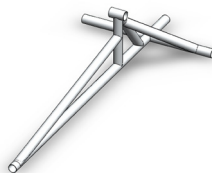
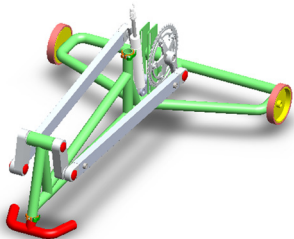
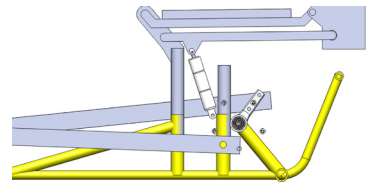
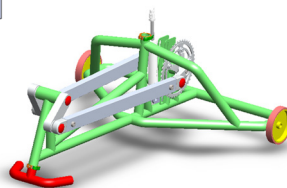
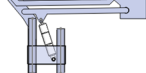
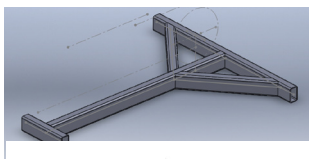
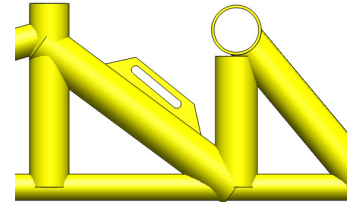
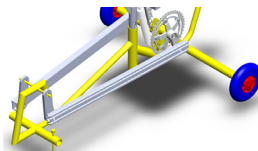
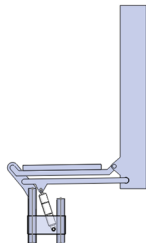
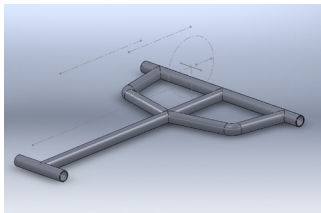
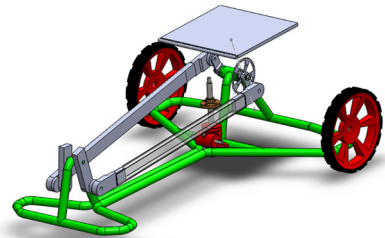
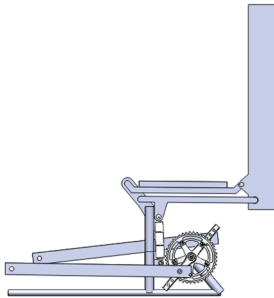
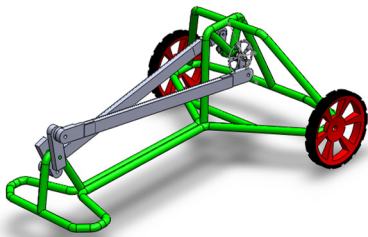
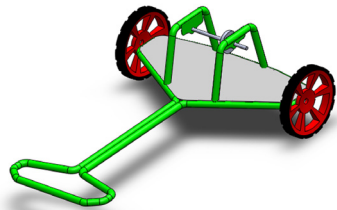
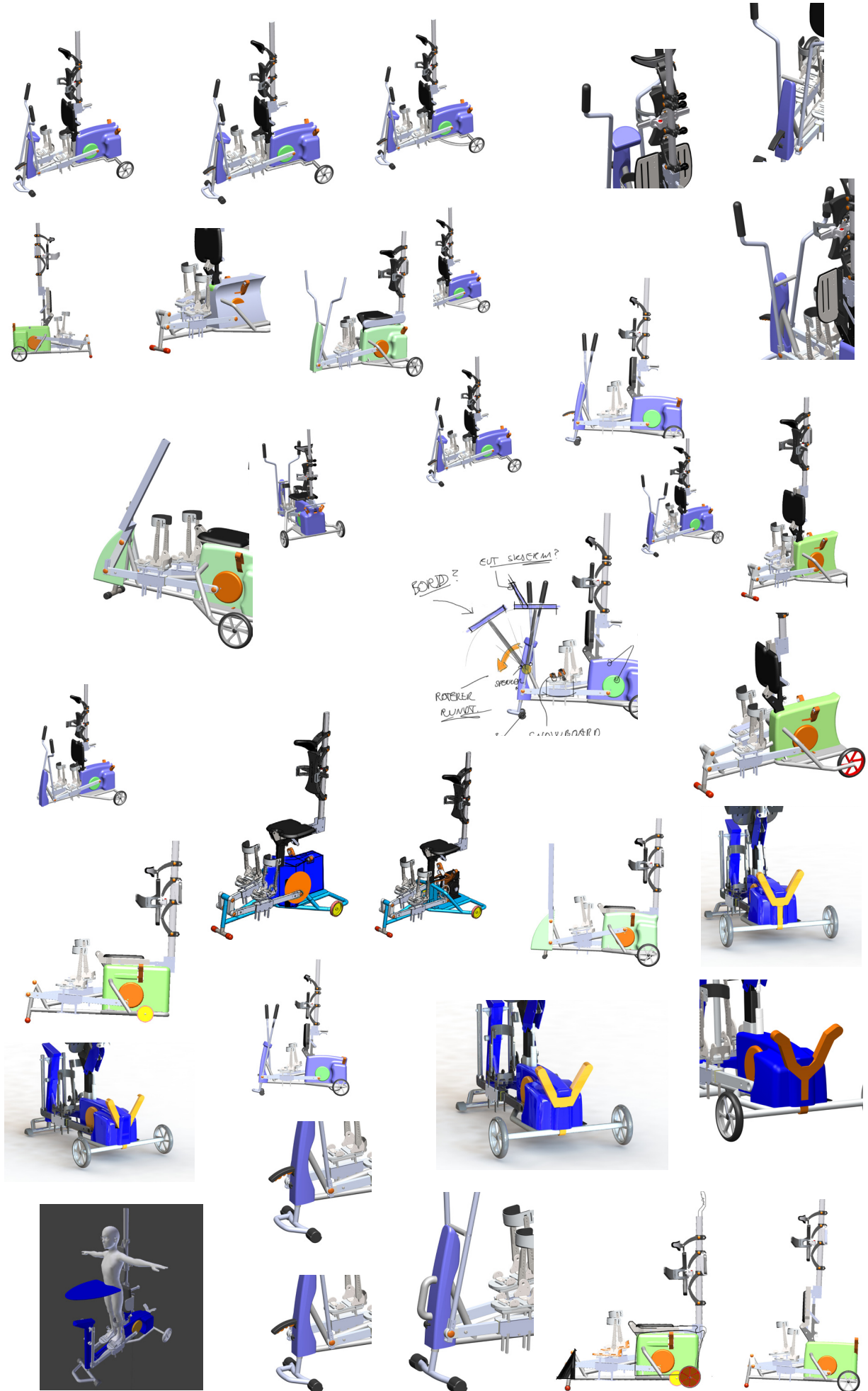


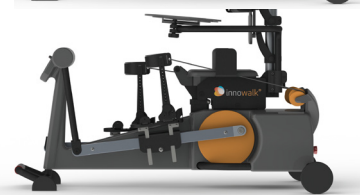
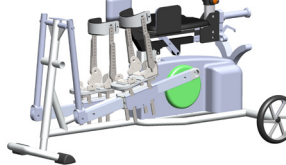
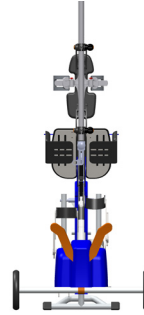
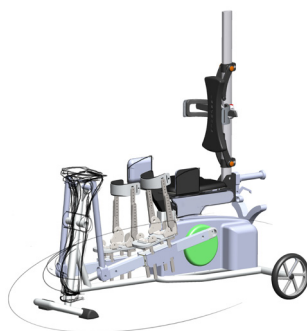
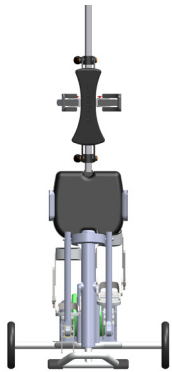
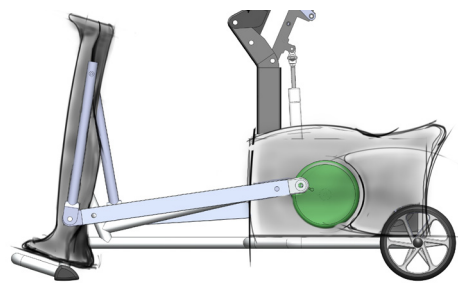
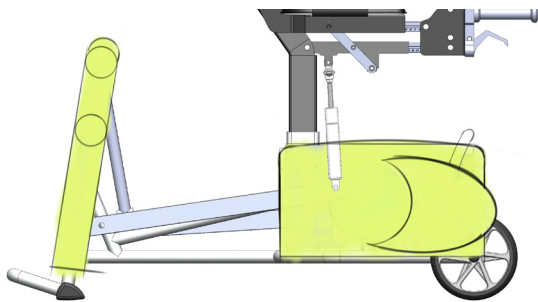
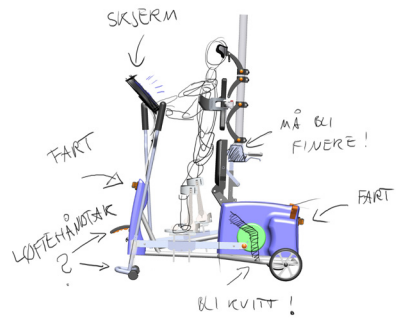
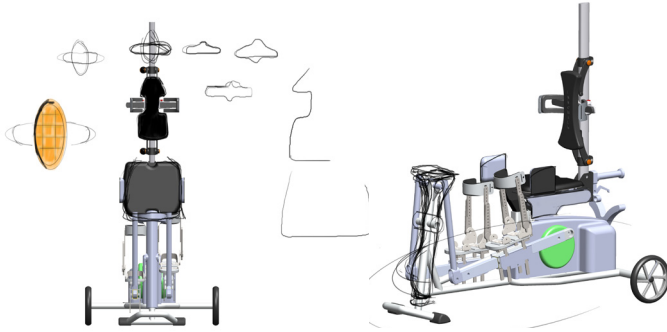
Fig. 1.13: "Kano-modellen" (Baxter 1992)

Arbeid med skisser og modeller

På de følgende sidene har jeg valgt ut noen bilder fra arbeidet mitt på vei mot nye Innowalk.







Vurdering og videre arbeid

Som i alle prosjekter er det ting i denne prosessen som det kan settes spørsmålstegn ved, men jeg har forsøkt å begrunne alle mine store valgt. Her beskriver jeg hva jeg ville valgt å gjøre annerledes, og hva jeg ville jobbet videre med dersom jeg skulle fortsatt å jobbe på prosjektet.

Vurdering av andre prinsipløsninger

Jeg brukte mye tid til å se på andre løsninger, som eksoskjelett og antigravitasjons-tredemøller. Dette viste seg å være et feilspor da prinsipløsningen er meget funksjonell og enkel slik som den er.

Oppreisningsløsning

For å redusere Innowalkerens kompleksitet og pris ytterligere, vil det kunne være et vesentlig poeng å vurdere en enklere oppreisningsløsning, av typen man finner hos f.eks. easystand.

Produktportefølje

Brukergruppen for Innowalk er forholdsvis liten og det kunne vært givende å utforme Innowalk med tanke på en større brukergruppe. Dette ville mest sannsynlig resultert i flere versjoner, men det kunne vært veldig lurt å allerede på dette nivået starte på prosessen for å få mest mulig overlapp mellom modellene med tanke på gjenbruk av moduler.



“Innen sykkel- og mopedbransjen lages det sammenliknbare produkter til en langt lavere pris. Nye Innowalk er basert på metoder, deler og teknikker fra disse bransjene”

Designspesifikasjon

Bakgrunn

Innowalk er et produkt som tilbyr vesentlige helsegevinster til bevegelseshemmede mennesker, og i særlig grad barn. Innowalk sitt største problem er at det er et kostbart produkt, noe som utelukker det fra mange markeder og dermed brukere. Ved å redesigne Innowalk med hensyn på pris vil man kunne nå ut til flere brukere.

Problemdefinisjon

Hvordan skal man redesigne Innowalk slik at resultatet blir et produkt som gir de samme effektene som Innowalk, men til en vesentlig lavere pris?

Funksjon

Den nye Innowalk skal ha samme funksjoner som den originale Innowalk i forhold til helseeffekter, utover det er ingenting låst.

Omgivelse

Produktet skal brukes i hjemmet, i barnehager, skoler og andre institusjoner, hvor det i noen tilfeller flyttes på flere ganger daglig, mens i andre tilfeller står på ett enkelt sted gjennom hele brukstiden. Bruksomgivelse for den redesignede Innowalken er hvor som helst i hele verden.

Bruker(e)

Hovedbruker

Samme som for Innowalk original. Er personer mellom 80 - 120cm og opp til 50kg, fortrinnsvis barn. Produktet vil også gi helseeffekter til personer som er større og mindre enn dette, så det kan være aktuelt med et skalerbart produkt, eller flere versjoner.

Ledsager

Under bruk skal produktet bli styrt av en ledsager, og dette er ingen homogen gruppe : alt fra Mor og far til fysioterapeut og førskolelærer/o.l. er i direkte brukskontakt med produktet og må også tas hensyn til. Barnas tilstand varierer helt fra normal hjernefunksjon og kun moderat nedsatt mobilitet i ben, til svært kognitivt svekkede barn med alvorlige svekkelser og sykdomsbilder.

Pris

Produktet skal lages på bakgrunn av pris, og et vesentlig mål er å treffe en minimumspris i forhold til kravene i funksjonsregisteret. Det vil være nødvendig å inkludere metodikk for arbeid med pris gjennom hele prosjektet.

Designkrav og kriterier

Skal

- ▶ Tilby de samme helseeffektene som dagens Innowalk, noe som innebærer at funksjonsregisteret må inneholde
 - ▶ Oppreisningsfunksjon
 - ▶ Styrt bevegelse
 - ▶ Vektbæring
- ▶ Klare funksjonene minst like bra
- ▶ Være billigere å produsere enn dagens Innowalk

Bør

- ▶ Estetisk sett passe inn i Made for Movements portefølje
- ▶ Være estetisk sett tilpasset brukergruppen
- ▶ Gi feedback på nivå og tid
- ▶ Ha en god måte å justere hele maskinens vinkel mot underlaget på
- ▶ Ha en god måte å flytte maskinen rundt på
- ▶ Mindre skarpe kanter på bordet

Kan

- ▶ Motivere brukeren til innsats
- ▶ Gi feedback på puls og strømforbruk

Resultat : Nye Innowalk

Bruker verifiserte prinsipper fra eksisterende bransjer

Helt sentralt i det nye konseptet er sammenlikningen med sykkel og mopedbransjen. Innenfor begge disse områdene selges det produkter med tilsvarende kompleksitet og deleantall til priser som ikke kan sammenliknes med det dagens Innowalk koster. Nye Innowalk er bygget opp annerledes og mer tilpasset masseproduksjon, basert på omfattende bruk av standarddeler fra de to bransjene.

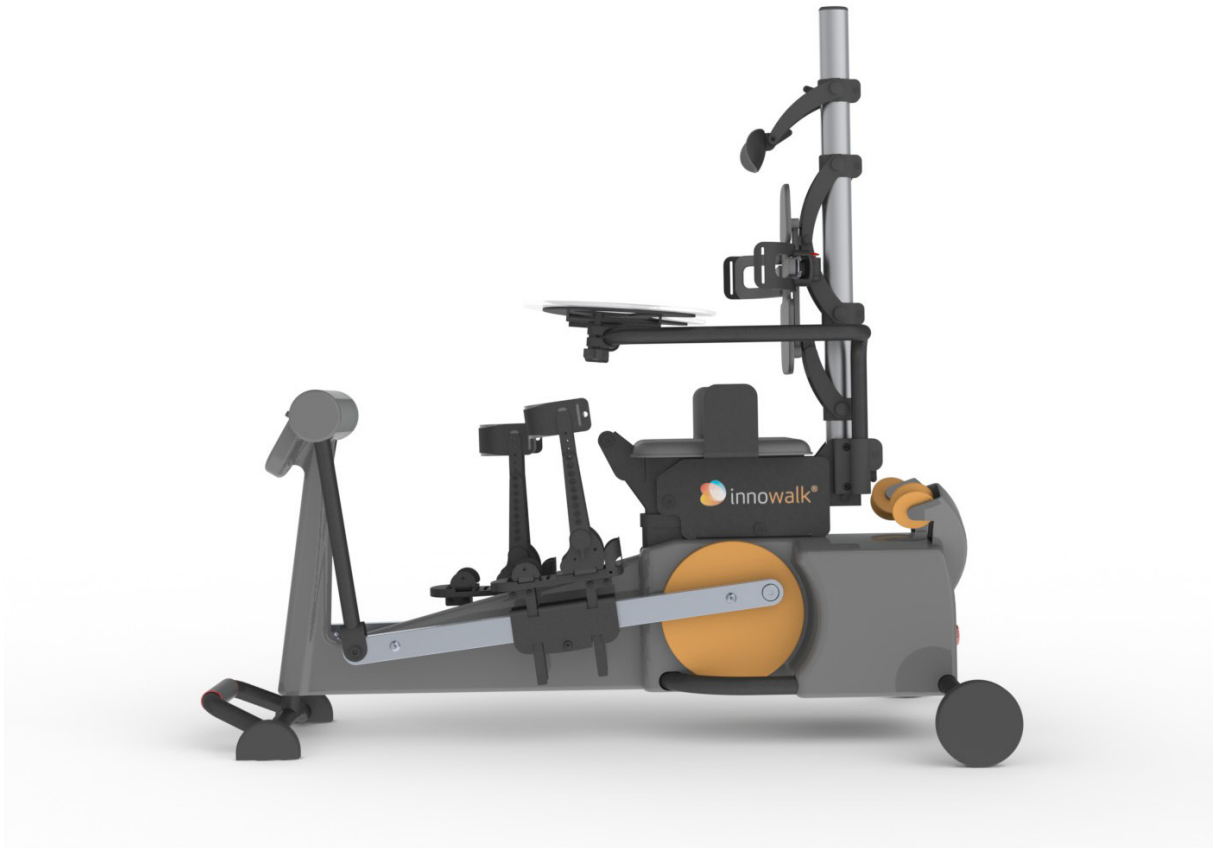
Vesentlige forskjeller mellom dagens og nye Innowalk

- ▶ Billigere. Bygger på standardløsninger kjent fra liknende bransjer.
- ▶ Bygger sterkere opp rundt Innowalk som varemerke
- ▶ Mer helhetlig fargebruk med oransje som Innowalk-farge og røde detaljer for å markere interaksjons-elementer
- ▶ Integrert vinkeljustering
- ▶ Integrert løftehåndtak
- ▶ Integrert brukergrensesnitt
- ▶ Display
- ▶ Mulighet for armtrening
- ▶ Sterkere motor
- ▶ Modulær oppbygning



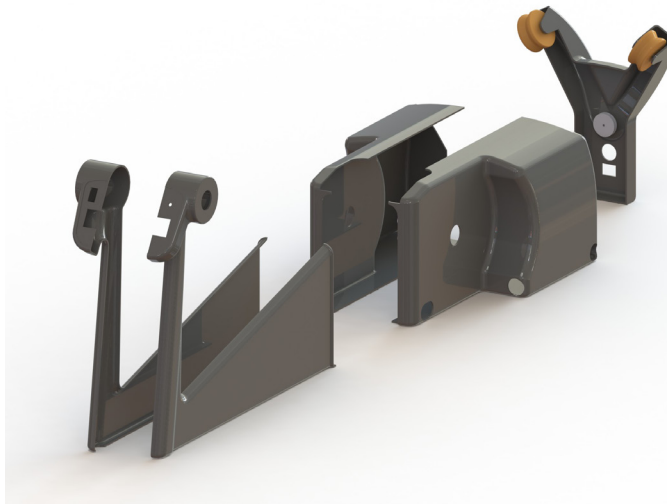
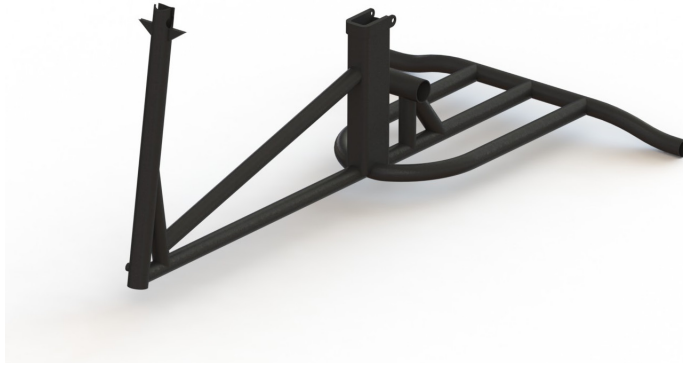
Om designet

Innowalk funksjonen med det oransje hjulet og den sølvgrå skien er sentrum for estetikken, og er ment til å være det første blikkfanget. Linjeføringen er valgt for å gjøre produktet oversiktlig og visuelt lettfattelig, samtidig som det gjør produktet lettere å montere og holde rent. Oransjefargen er den samme som er spesifisert i Made for Movements grafisk design manual: Pantone 158 EC. Gråfargen som er brukt på dekslene er en mørk nøytral grå. De resterende detaljene er utført i sort for at de skal havne mest mulig i bakgrunnen.



Oppbygning

Konseptet er bygget opp av en ramme som er laget av bøyde og sveisede rør i standarddimensjoner. Denne konstruksjonsmetoden er en svært utbredt konstruksjonsmetode, og vil kunne gi utslag i svært prisseffektive konstruksjoner.



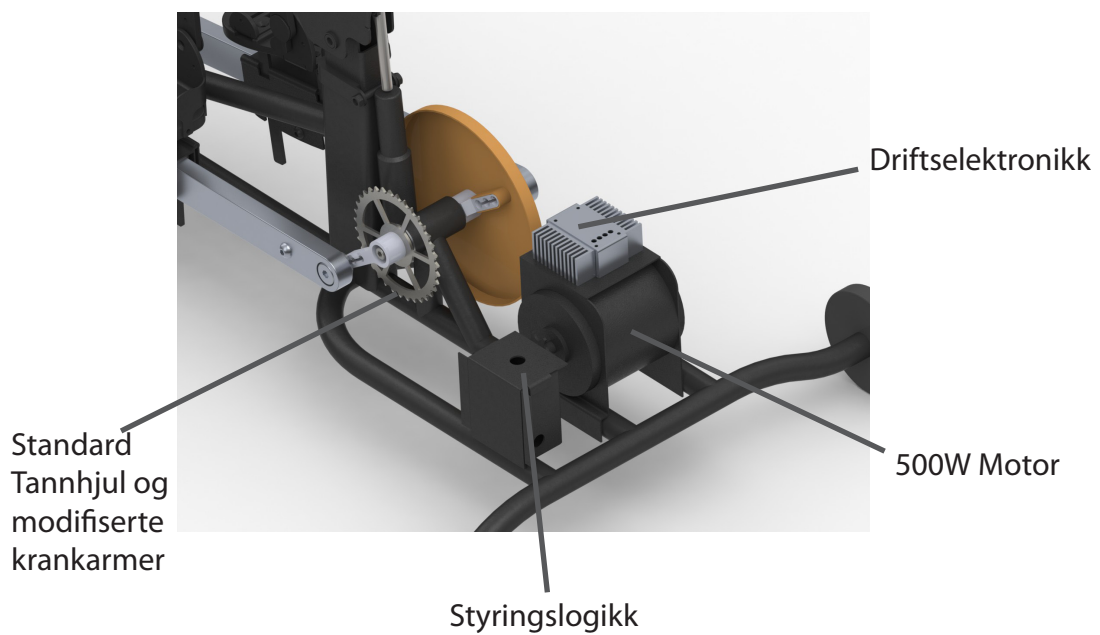
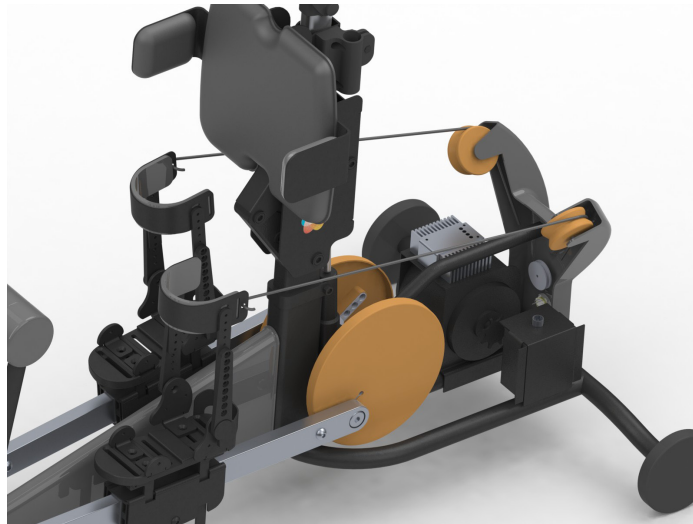
Standarddeler

Innenfor de oransje skivene finnes et standard kranklager til sykkel. Det er montert i en kranklagerholder som også er en standarddel. Slik bygges store deler av den nye Innwalk opp, og det er blant grunnene til at det nye konseptet er mer prisseffektivt.



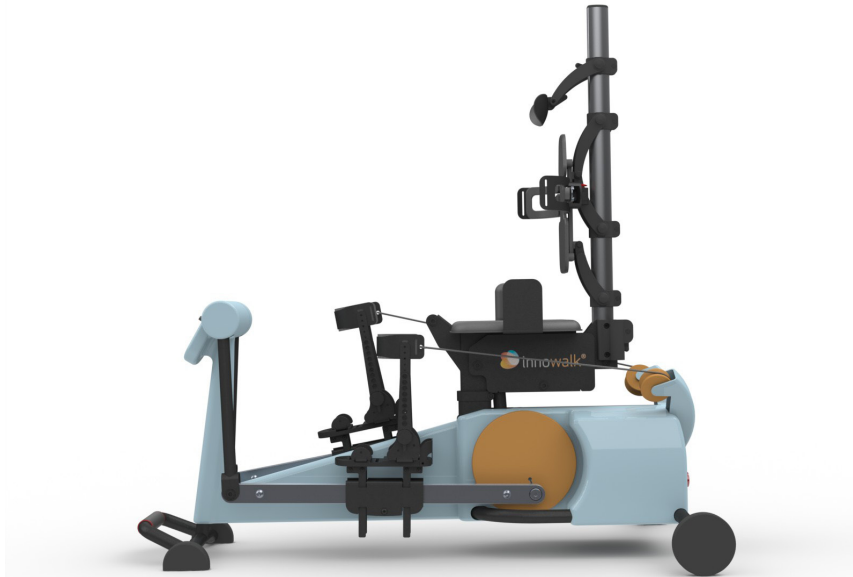
Indre struktur

Inne i maskinen er det gjort god plass til en større motor. Dekslene er symmetriske og motoren tar opp mesteparten av plassen på den ene halvsiden. Det er da god plass igjen til styringslogikk og driftselektronikk inne i dekslet. På det nederste bildet ser man også tannhjulet for overføringen fra motor til gåsystem. Overføringen er direkte kjededrift.



Fargealternativ

Farge er et viktig virkemiddel i produktdesign. Med slike plastdeksler er det mulighet for å helfarge uten at det blir vesentlig dyrere. Jeg laget dette fargealternativet med utgangspunkt i Made for Movements blåfarge Pantone 299 EC, men gjort mye lysere. Dette er ment å være et reelt alternativ til mørkegrå, og er derfor såpass nedtonet.





Armtrening

Den nye løsningen på Innowalk gjør at det er svært enkelt å inkludere armene i treningen. Man skifter ut koppene som sitter på frontdekselet og setter på et par tilpassede "staver". Sidekoppene kan eventuelt være tilpasset til begge brukssituasjoner for eksempel gjennom et deksel.



Alternativt feste for tilleggsutstyr

Prinsipløsningen på nye Innowalk gjør at det finnes et høyt og stabilt punkt foran brukeren. Som vist på bildet under har man mulighet til å feste utstyr i dette festet. For eksempel håndtak eller interaktive og motiverende spill.



Logo

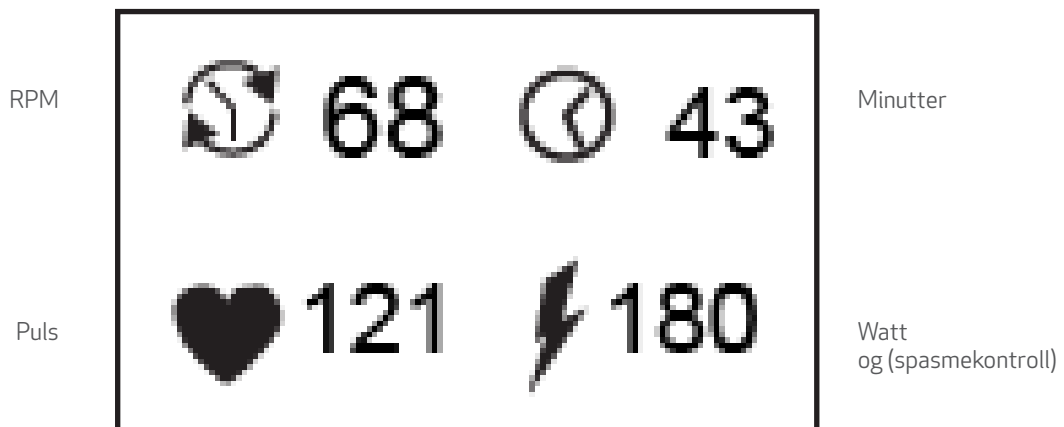
Dagens Innowalk har ingen god kontaktflate for profilering av merke og bedriftsnavn. Nye Innowalk har fått en egen sentrale plass til merkevarebygging. Den gamle logoen var i store bokstaver og dermed relativt tunglest. Nye Innowalk har fått en logo som fokuserer på å være lettlest og leken og fremhever innowalk som varemerke. Made for Movement-symbolet bidrar til å gjøre logoen frisk, samtidig som det styrket båndet mellom Innowalk og Made for Movement. inno walk er skrevet i to fargetoner for å understreke ordsammensetningen, og virkelig fremheve ordet walk. Nedenfor er det sammenliknet den gamle og den nye logoen.

INNOWALK



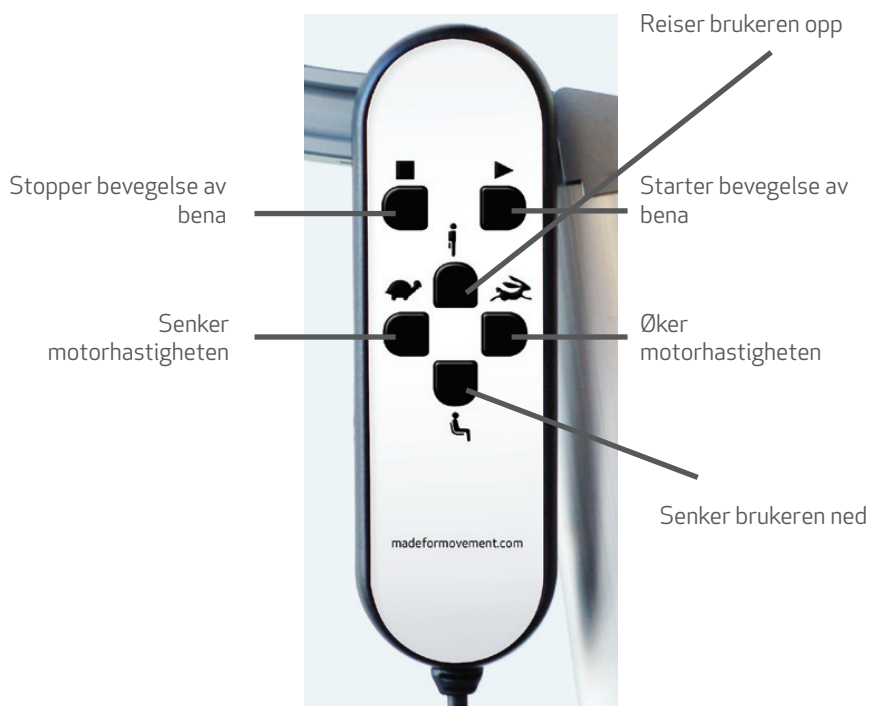
Display

For dimensjoner er det tatt utgangspunkt i et grafisk LCD display av typen 128 x 64 Pixel, EA DOGL128W-6. Det er tegnet inn i riktig pixel-format slik at grafikken på renderingene tilsvarer det man vil kunne få i virkeligheten. Displayet har ikke vært et stort fokusområde for prosjektet, men jeg har valgt å gjøre det så enkelt som mulig, noe som innebar å ikke bruke noen knapper. Når gåfunksjonen startes, så går klokken, men hvis man stopper å gå, så stanser også tiden, slik at tidsvisningen viser antall aktive minutter. For å unngå problemer med å installere forskjellige språkpakker så har jeg valgt å gjøre interaksjonen utelukkende via symboler. Pulssymbolet dukker kun opp hvis det benyttes et pulsbelte som jeg har tenkt kan kobles trådløst til en mottaker i Innowalken. Poenget med denne skjermen er at den skal være svært vanskelig å bruke feil, og derfor inkluderer den kun den mest vesentlige informasjonen. Et mulig tillegg er en "reset"-knapp for å nullstille tidstageren. Et annet aktuelt tillegg kan være en skritteller for å få en måling på tilbakelagt avstand.



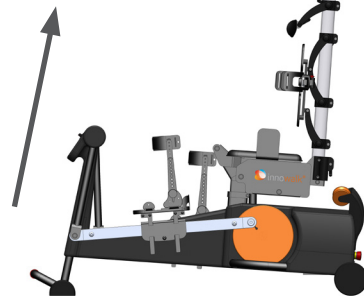
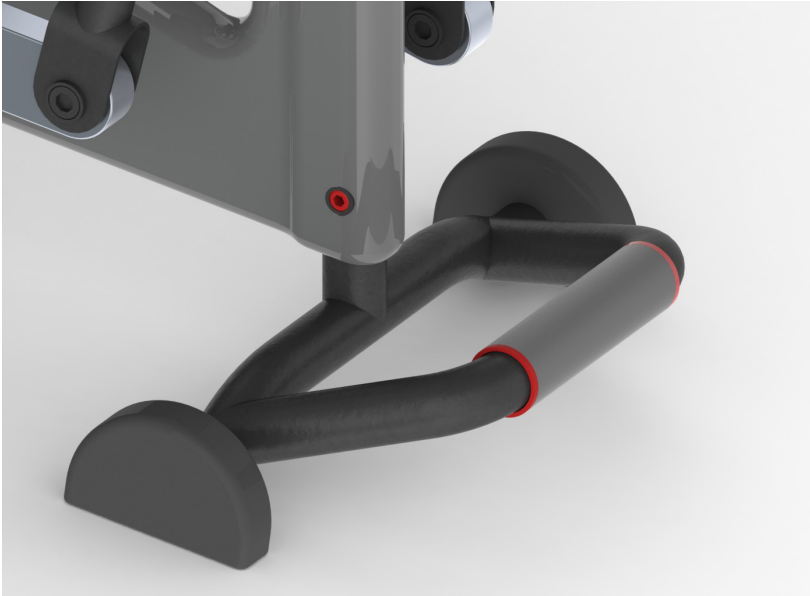
Brukergrensesnitt

Dagens Innowalk brukes utelukkende via en fjernkontroll som er knyttet til Innowalken via kabel. I min analyse har jeg vurdert det slik at den er overkomplisert og har for mange knapper i forhold til funksjonene den skal oppfylle. Jeg laget et nytt og enklere brukergrensesnitt som er integrert i apparatet.



Bærehåndtak / Vinkeljustering

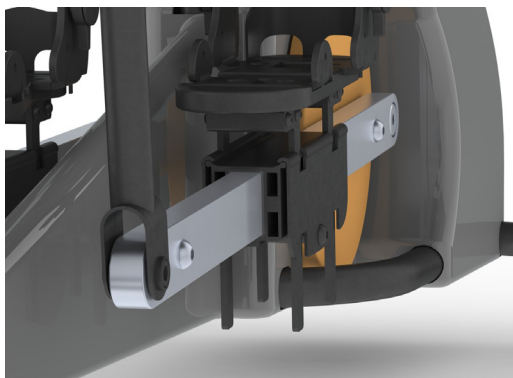
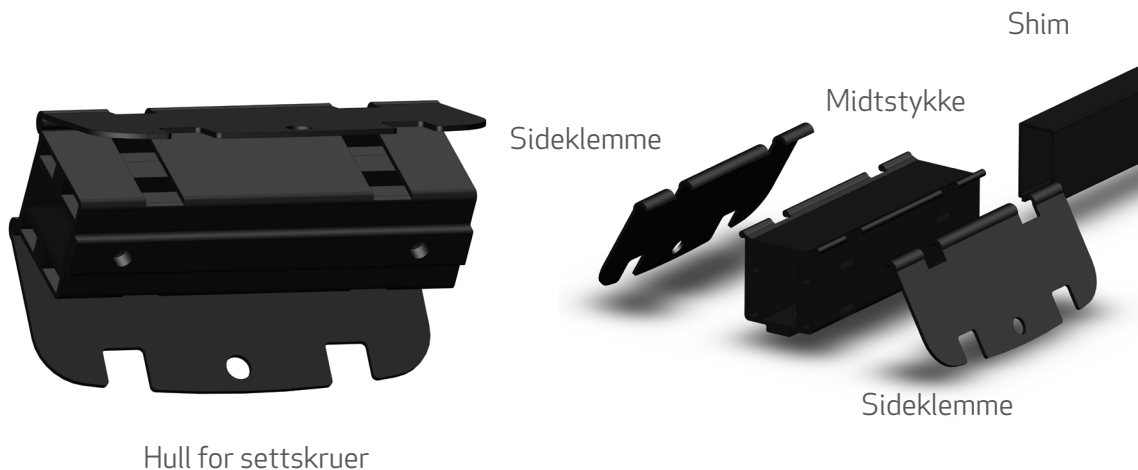
I fronten er bena på dagens Innowalk erstattet med en integrert fot som både brukes som bærehåndtak og for å justere høyden foran - og dermed vinkelen på apparatet. Når den nye Innowalken skal flyttes så løfter man den ganske enkelt i håndtaket og triller den etter seg. Dette markerer tydelig for brukerne hvordan apparatet skal flyttes korrekt.



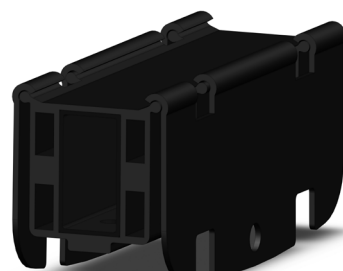
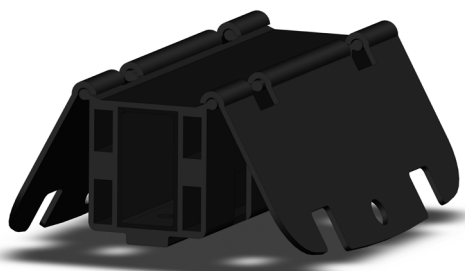
Skojustering

På skoposisjoneringsystemet i dag er det en mengde deler som hver har sin jobb. Nye Innowalk har et forslag til et nytt system som gjør den samme jobben med vesentlig færre deler. Hovedbestanddelene i systemet er midtstykket og sideklemmene og en rektangulær plast-shim. Både midtstykket og sideklemmene blir først ekstrudert, kappet og så maskinert. Shimmen blir ekstrudert og kappet til. Under midtstykket er det to hull til settskruer som fikserer sammenstillingen på rett plass.

For å justere skofestet i høyderetningen trenger man bare å løsne den skruen som tvinger sideklemmene mot hverandre. Da kan man skyve skofestet til ønsket høyde før man strammer til sideklemmene igjen. Disse vil da låse mot riserne på skofestet og fikserer dem i ønsket høyde.



Sammenlikning av de to løsningene.



Nakkestøtte

Nakkestøtten på dagens Innowalk er litt tungvint å justere, og krever at man løsner en skrue for hvert ledd og strammer den igjen når justeringen er gjort. Ryggkolonnen består av en ekstrudert aluminiumsprofil og kan for en svært lav kostnad forlenges. Da kan det brukes plastklemmer og detaljer lik de som holder ryggen fast til å justere nakkestøtten også. På denne måten får man i tillegg like justeringshendler på nakkestøtten som resten av elementene på rygg søylen.



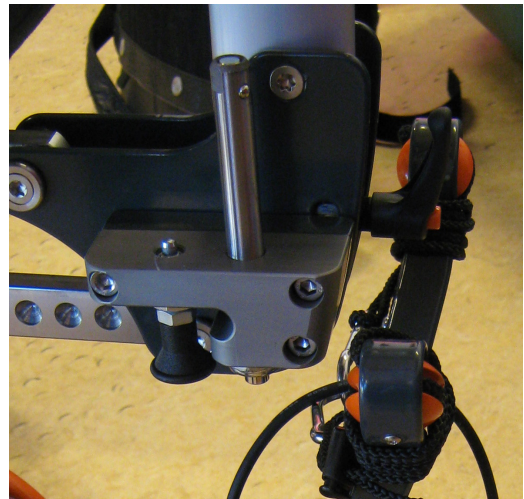
Fargebruk

Alle justerings og interaksjonsdetaljer har fått røde detaljer på seg. Dette skiller justeringsdetaljer fra merkevaredetaljer og gjør konseptet mer konsekvent og gjennomført.



Bordholder

Bordholderen på dagens Innowalk er laget i maskinert stål og består av en rekke deler, i tillegg til en særegen form for interaksjon (man må dra den sorte hetten nedover for å låse opp funksjonen). Den nye Innowalken har en interaksjonsform som stemmer mer overens med resten av interaksjonelementene, og bruker samme type hurtigkobling. I tillegg består den av kun ett stykke støpt plast, og er dermed en mye mindre komplisert og billigere løsning i tråd med DFMA-metodikk.



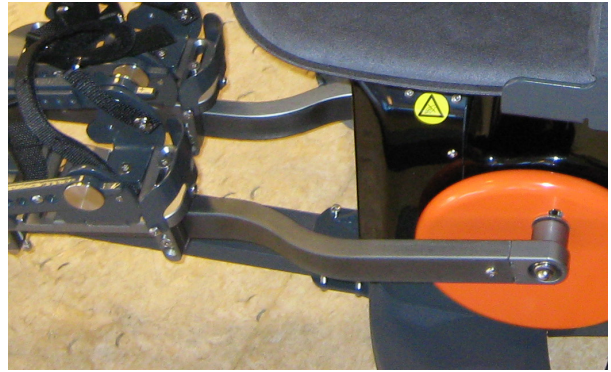
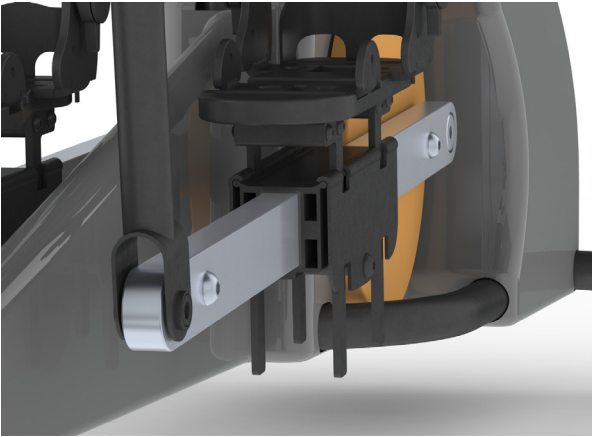
Modularitet

Dagens Innowalk er lite modulær, og slik skrudd sammen at det krever en omfattende operasjon å justere setet høyere opp fra basen. Den nye Innowalken er bygget med fokus på modularitet og er slik at oppreisningselementene og hele funksjonen til sete og oppreisningsfunksjoenen er integrert i en pakke. Det betyr at det er kun en enkelt justeringskrue for å justere hele seteløsningens høyde i rammen. I tillegg blir det letter å skifte ut sete/oppreisningsløsning.



Rette ski

Her er det illustrert hvordan skiene på den nye versjonen er rette og de gamle skiene har en vesentlig innoversving for å få riktig mellomrom



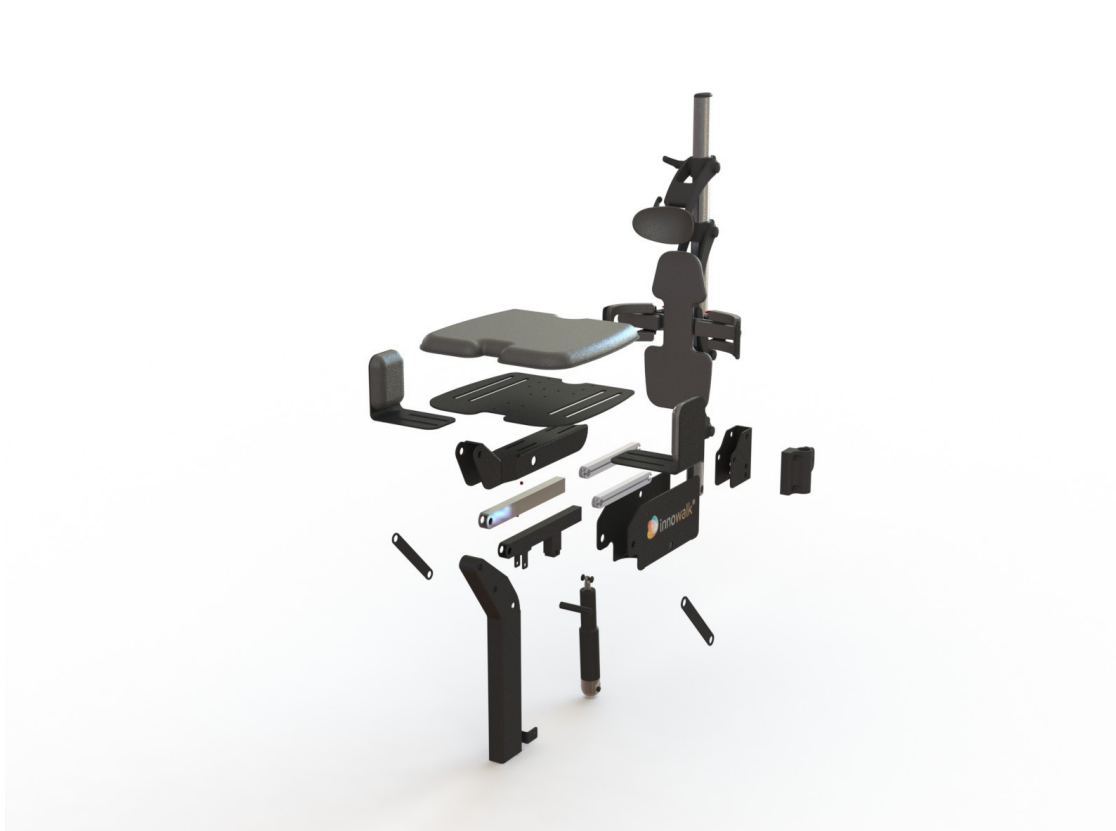
Avrundet bordkant

Jeg fant at det er bra med et gjennomsiktig bord fordi det er såpass lite påtrengende visuelt sett. Bordet slik det er i dag er også veldig lett å skifte ut dersom det blir slitt, og min analyse er at dagens bord fungerer godt. Her viser jeg imidlertid en versjon som har fått avrundet kant slik at det er mer behagelig å lene seg på.



Eksplasjonstegninger

Her vises eksplasjonstegninger av både sitte/oppreisning og hele apparatet.



Kommentarer

Anbefaling

Den viktigste anbefalingen i denne oppgaven er å gå over fra å tenke på Innowalk som et produkt uten slektskap til andre produkter, og til å benytte seg av mulighetene som finnes innen sykkel- og mopedbransjen. Det finnes metoder og teknikker her som vil kunne gi vesentlige kostnadsbesparelser.

Modularitet

Et av mine store spørsmålstegn under prosjektet har vært hvorvidt jeg skal endre på oppreisningsløsningen eller ikke, hvor jeg endte opp med å la være. Det som er en god erstatning for en ny og endret oppreisningsløsning er overgangen til en løsere kobling mellom sete/oppreisning og ramme. Disse to sammenstillingene er i det nye konseptet separate moduler. Det gjør at det kan utvikles en ny oppreisningsløsning som er "ukorrekt", men som passer rett i den nye rammen. For eksempel kan dette være et alternativ til brukere som forholdsvis funksjonsfriske. Dette er noe av styrken man oppnår med en slik modularitet.



Om brukernes sykdomsbilder

Spastisitet

Spastisitet er forhøyet muskelspenning eller tonus. Det fører til stive bevegelser og motstand hvis man for eksempel forsøker å flytte benet eller rette ut armen for barnet. Ved spastisitet er muskelspenningen forhøyet ved (forsøk på) bevegelse, og redusert, hypoton, i hvile. Spastisitet skyldes skade i pyramidebanene.

- ▶ Spastisk hemiplegi: Halvsidig spastisitet, rammer motsatte side i forhold til hjerneskadens lokalisasjon.
- ▶ Spastisk diplegi: Hele kroppen rammet, men beina er mer preget enn armene. Dette gir karakteristisk ganglag. I tillegg har disse pasientene typisk problemer med sjeling (strabismus) pga. svekket øyemuskulatur. IQ er oftest normal.
- ▶ Spastisk tetraplegi: Rammer hele kroppen, både armer og bein, ofte sterkt funksjonshemmet uten gangfunksjon. I tillegg sees også halvsidig tremor. Det autonome nervesystemet er ofte hypersensitivt, og dette kan medføre problemer i tilknytning til mage-tarm- og urinsystemet.

Rigiditet

Rigiditet betyr stivhet, og gir økt muskelspenning både i bevegelse og hvile. Skaden kan være i en av basalgangliene eller i lillehjernen.

Dystoni

Ved dystoni er det også forstyrrelse av muskelspenningen, enten for høy eller for lav spenning, eller veksling mellom for høy og for lav spenning, tonusveksling.

Atetose

Atetose er langsomme, vridende, ufrivillige bevegelser som forstyrrer de viljestyrte bevegelsene. De ufrivillige bevegelsene kan være i en del av kroppen eller i hele kroppen. Skaden sitter i et av basalgangliene.

Chorea

Choreatiske bevegelser er store, brå, rykkende ufrivillige bevegelser i armer, bein, ansikt, kjeve eller tunge. Ofte har barnet også atetose, altså choreoatetose. Skaden sitter sannsynligvis i basalgangliene.

Dyskinesi

Dyskinesi er en samlebetegnelse. Barn med dyskinetisk cerebral parese har dystoni, atetose eller choreatiske bevegelser, eller en kombinasjon av disse symptomene.

Ataksi

Ataksi er en forstyrrelse i avpasningen av bevegelsen. Unormal kraft, rytme og nøyaktighet. Skaden sitter i lillehjernen eller i banene som fører til eller fra lillehjernen.

Tremor

Vi finner to typer tremor, eller skjelving, posisjonstremor og intensjonstremor. Ved posisjonstremor vil kroppsdelen, for eksempel armen, skjelve når barnet holder den i en stilling. Skaden er i basalgangliene. Ved intensjonstremor ser man skjelving når barnet gjør en målrettet bevegelse. Dette skyldes en skade i lillehjernen.

(Hentet fra <http://www.cp.no/index.asp?id=38725> 06.02.2012)

Cerebral Parese / Cerabral Palsy

“Cerebral parese, ofte forkortet CP er en samlebetegnelse på en rekke forstyrrelser av muskelkontrollen som skyldes en varig engangsskade på hjernen som har funnet sted før hjernen var fullt utviklet, dvs. under svangerskapet, i forbindelse med fødsel eller den første tiden etter fødselen. Forekomsten av cerebral parese er ca. 2/1000 levendefødte barn. Den hyppigste årsaken til cerebral parese er i dag prematuritet, omtrent halvparten av barn med cerebral parese er født før termin. Medisinske fremskritt som har økt overlevelsen for ekstremt premature barn antas å være en grunn til at forekomsten av CP ikke har endret seg vesentlig de siste 30 år. 5% av CP-tilfeller skyldes

komplikasjoner under fødsel, særlig tilstander som gir langvarig oksygenmangel hos barnet, slik som blødninger under fødsel, asfyksi og langvarige kramper. Ca. 15% av CP-tilfeller skyldes forhold etter fødsel (inntil nervesystemet er fullt utviklet mellom 2 og 3 års alder). Særlig alvorlige infeksjoner i nyfødtp perioden (meningitt/neonatal sepsis) kan etterlate varig skade i form av cerebral parese i denne perioden.

Ut fra dominerende type av nevrologiske forstyrrelser klassifiseres cerebral parese på følgende måte:

- ▶ Spastisk (70-80%): Økt hviletoneus i muskulaturen pga. svikt i overføring av hemmende nerveimpulser.
- ▶ Spatisk hemiplegi: Halvsidig spastisitet, rammer motsatte side i forhold til hjerneskadens lokalisasjon.
- ▶ Spatisk diplegi: Hele kroppen rammet, men beina er mer preget enn armene. Dette gir karakteristisk ganglag. I tillegg har disse pasientene typisk problemer med sjeling (strabismus) pga. svekket øyemuskulatur. IQ er oftest normal.
- ▶ Spastisk tetraplegi: Rammer hele kroppen, både armer og bein, ofte sterkt funksjonshemmet uten gangfunksjon. I tillegg sees også halvsidig tremor. Det autonome nervesystemet er ofte hypersensitivt, og dette kan medføre problemer i tilknytning til mage-tarm- og urinsystemet.
- ▶ Ataksisk (10%): Skade på lillehjernen gir uttalte balanse- og koordinasjonsproblemer.
- ▶ Dyskinetisk (10-20%): Denne formen er preget av varierende muskeltonus med plutselige ufrivillige bevegelser som gjør det vanskelig å utføre mer presise handlinger.
- ▶ Virkningene av cerebral parese varierer fra individ til individ. Milde tilfeller gir bare litt underlige bevegelser og håndkontroll. De hardest rammede vil ha nesten ingen muskelkontroll, noe som påvirker både bevegelse og tale i stor grad.

Behandling av CP har som målsetning optimalisere funksjonsevne og hindre komplikasjoner, og forutsetter et bredt samarbeid mellom lege, fysioterapeut, logoped, sosionom og andre instanser. Det går an å fungere på en god måte, særlig for de rammet av milde former av tilstanden, dog med større utfordringer i hverdagen enn folk flest.

(Hentet fra http://no.wikipedia.org/wiki/Cerebral_parese 06.02.2012)

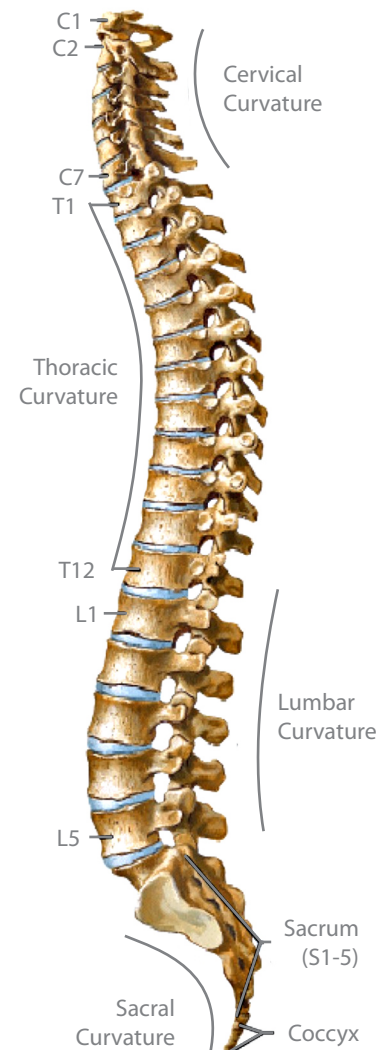
Spina Bifida

Spina bifida er en tilstand hvor det er ufullstendig lukning av ryggmargskanalen. Feilen oppstår i 5.-6. uke i fosterlivet. Ryggvirvlene vokser ikke sammen i bakkant slik at ryggmargskanalen blir åpen baktil. Defekten, og dermed åpningen i ryggmargskanalen, kan være av forskjellig grad/størrelse. Dette er avgjørende for hvilke følger dette skal få.

To hovedtyper

Spina bifida occulta er en misdannelse som består av mindre defekter i noen ryggvirvlers bakre del. Slike små defekter fører oftest ikke til noen skade, men kan vise seg vanligvis som et lite område nederst på ryggen med ekstra behåring.

Spina bifida cystica er en misdannelse som er såpass stor at innholdet i ryggmargskanalen kan bule ut gjennom åpningen i ryggvirvelens bakre del (ryggmargsbrokk). I ryggmargskanalen ligger ryggmargen omgitt av væske og noen bindevevshinner. Hvis bare hinnene buler ut og danner en liten blære som inneholder ryggmargsvæske, kalles utposningen et meningocele. Hvis også deler av ryggmargen finnes i utposningen kalles det et myelomeningocele. Ved myelomeningocele får barnet vanligvis



mer alvorlige symptomer. Ryggmargen kan skades, noe som medføre lammelser i bena, problemer med avføring og vannlating og fare for at en eller begge hoftene går ut av ledd. I tillegg kan tilstanden forekomme samtidig med misdannelser i deler av hjernen, slik at barnet også utvikler vannhode (hydrocephalus).

Fysiske komplikasjoner

Svake muskler i ben og paralyse. Ortopediske abnormaliteter f.eks. klumpfot, hoftete ute av ledd, skoliose. Blære og mage problemer inkludert inkontines, urinveisinfeksjon, og dårlig nyrefunksjon, latexallergi, liggesår og hudirritasjoner, abnormale øybevegelser

Konkurrenter og interessante produkter

Happy rehab

Det interaktive rehabiliteringssystemet og hjelpemiddelet HAPPY REHAB baseres på interaksjon mellom bruker og system, og tar utgangspunkt i forskning på området. Systemet kombinerer bl.a. motorisk kontroll og kognitiv trening. Spesielt velegnet til barn og unge med Cerebral Parese (spastisk lammelse).

HAPPY REHAB C1 muliggjør daglig utspenning av f.eks. spastiske muskler og trening av sub-max muskelkontroll i benene på en morsom og motiverende måte. Man skal f.eks. gjennom ben- og ankelbevegelser styre en bil bort fra forhindringer i et tilhørende computerspill. HAPPY REHAB C1 er primært målrettet barn og unge med Cerebral Parese (spastisk lammelse) med en lett begrenset til middels svær grovmotorisk funksjon (GMFCS I-IV). HAPPY REHAB C1 vil også kunne brukes ved lignende diagnoser og ved gjenopptrening av ben, ankel- og kneledd.



Produktet er dansk designet og kan tilpasses i funksjoner som f.eks. ankelens vinkel i forhold til benets utstrekning. All betjening og oppsetting foregår via computergrensesnittet. Produktet krever ingen daglig vedlikehold.

Neurolink Physiotherapy LTD Functional Electrical Stimulation: RT-600

RT 600 stå og steppe maskin har som målsetning å øke vektbæringskapasiteten til bena ved bruk av elektrisk stimulering av musklene i bena.

Functional electrical stimulation (FES) is blir gitt i en stående posisjon gjennom bruk av en personheis som holder oppe en prosentandel av kroppsvekten.



Krabat

Krabat er et firma som produserer hjelpemidler i kategoriene sitte, kjøre, svømme, sykle og krabbe. Det er dermed ikke vanskelig å tenke seg at de også vurderer gåhjelpemiddel i fremtiden. Krabat virker imidlertid å ha et litt annet fokus enn madeformovement, da de lager hjelpemidler som tilrettelegger for et liv med en hemning, mens madeformovement lager rehabiliterings og treningsutstyr.

Krabat har vunnet flere designpriser og bruker design gjennomgående og konsekvent i sine produkter. Dette virker å være positivt for deres foretninger.



Krabat pirat : Svømme



Krabat Jockey : Sitte



Krabat shjeriff: Kjøre



Krabat Pilot : Krabbe



Monobike : Sykle

EasyStand

EasyStand er et amerikansk firma som produserer ståhjelpemidler som vist her. De har et hjelpemiddel med en gliderfunksjon og en versjon med hånddrevne hjul som brukes til å forflytte stativet, ellers har de bare stativer som kan klare liggende, sittende og stående posisjoner.

EasyStand Bantam

- ▶ Bantam-Extra Small: Passer for brukere mellom 70-100cm og <25kg.
- ▶ Bantam-Small: 90-136cm og <50kg
- ▶ Tillegg: Bord eller mobilitetstillegg

EasyStand Evolv

- ▶ Medium: 122-167cm og <100kg
- ▶ Large: 152-188cm og <140kg
- ▶ XT: 183-208cm og <175kg
- ▶ Tillegg: Bord, mobilitet og gliderfunksjon(for Medium og Large størrelser)

EasyStand StrapStand

- ▶ Fits: 152-195 og < 175kg



EasyStand Bantam



EasyStand Bantam m/bord og de forskjellige stillingene



EasyStand Bantam m/
Mobilitetssystem



Easystand Evolve. Kan brukes sammen med heisestativ



Easystand Evolve m/ gliderfunksjon



Easystand Evolve m/ bord



Easystand Evolve m/ bord og mobilitets tillegg

Anatomic Sitt

Atlas Walker likner litt på NF-walker men den har en sal istedenfor. blalbalbal.



AlterG Anti-Gravity Treadmill®



For your post-operative and post-injury patients, AlterG's unique unweighting treadmill provides the opportunity to include closed kinetic chain functional rehabilitation earlier than ever before. AlterG is FDA cleared to safely provide physical therapy rehab for any of your lower extremity patients who are:

- Approved by their treating physician for at least 25% partial weight bearing
- Allowed to flex and extend their hip, knee, and ankle through a limited range of motion

This revolutionary rehabilitation equipment also provides "prehab" conditioning with significantly reduced pain. Patients who try the AlterG treadmill overwhelmingly prefer it and 100% of those surveyed say they like it.

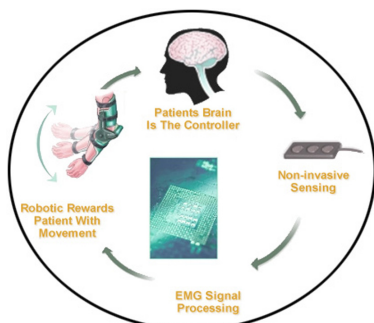
NRH's ZeroG



The use of NRH's ZeroG technology has allowed patients with amputations or neurological injuries to safely practice over-ground walking in a well-controlled environment. The ZeroG provides patients with a dynamic body-weight support system, which allows them to navigate obstacles such as stairs or uneven terrain. As the patient ambulates, the trolley automatically moves forward or back, staying above them so that they feel only a vertical unloading force. This takes pressure off of the patients' legs and helps them regain strength and stability.

Once rehabilitation has started, patients go through a rehabilitation process which comprises of 6 different levels, each containing a specific goal for the patient to achieve.

myomo Stroke Rehabilitation Product



The Myomo® System employs a feedback-based closed loop system (shown in diagram), which facilitates muscle re-education by assisting the patient with desired motion in concert with his or her own muscular activation. The process enables the brain to re-map motor pathways following an injury.

Patented EMG (electromyography) control software continuously monitors and senses, but does not stimulate, the affected muscles. The patient self initiates and achieves natural movement patterns by their own muscular signals that indicate intention to move.

Importantly, EMG-driven robotics requires that patients are actively engaged throughout the therapy session; if they stop, the device stops. No electrical stimulation or invasive procedures are employed.

Eksoskjelett

Eksoskjelett betyr utvendig skjelett og er en betegnelse på utstyr som brukes på utsiden av kroppen som hever ytelse eller bidrar på noen måte til bevegelse. Flere av disse registrerer de elektriske signalene som blir sendt til den aktuelle muskelen og bruker det som styring. Andre bruker trykkløse sensorer for å registrere hvilken bevegelse skjelettet skal bruke.



Honda Stride Management Assist



Honda Bodyweight Support Assist Device



Raytheon XOS 2



Berkeley Bionics eLEGS



HULC



HAL



Ablegaitor LLC Walking standing frame

Dette gå og ståstativet fungerer på den måten at man kan vugge fra side til side, og stolens oppbygging gjør da at man oppnår en gåbevegelse.

En ulempe med dette apparatet er imidlertid at det ikke gir fleksjon og ekstensjon av kneleddet. Gåbevegelsen er mer vagging enn gåing på den måten.

Produktet muliggjør at folk med ryggradsskade opp til C5, Multipel Sklerose, Spina Bifida, og slag kan gå uavhengig av hjelp.



Det er ik sikkert at det alltid er best å forflytte brukeren til en statisk bevegelsesmulighet, men at bevegelsen kan også følge brukeren tslik som dette apparatet her.



Dette setet fra Anatomic Sitts Anatomic sitts er slik at det støpes individuelt til hver bruker og kann fåes med kjøliingskanaler og viftesystem eller evet vvarmekanaler. Flere av leddene i stolen er av bøyeliog plast / gummi slik at den blir dynamisk.





Made for movement manual for grafisk design



made for
movement



made for
movement

TYPOGRAFI

Fonter og oppsettsregler

De forskjellige fontene er bestemt slik:

Overskrift:
er i **Replica Bold**.

Ingress:
er i **Apex Serif Light**.

Brødtekst:
er i **Apex Rounded book**.

Dette er oppsettet for trykksaker i henhold til Made for movements visuelle profil. Da vil vanligvis ikke bredden på et avsnitt overstige det som er satt opp her, nemlig 133mm. Papistørrelse er 105x105 x 2 (210x105).



Edwards, K.L., 2006. Towards more strategic product design for manufacture and assembly: priorities for concurrent engineering

Available online at www.sciencedirect.com

Materials and Design 23 (2002) 651–656

**Materials
& Design**www.elsevier.com/locate/matdes

Towards more strategic product design for manufacture and assembly: priorities for concurrent engineering

K.L. Edwards*

School of Computing & Technology, University of Derby, Kedleston Road, Derby, DE22 1GB, UK

Received 11 January 2002; accepted 30 May 2002

Abstract

This paper investigates the strategic application of materials and manufacturing process information during the design process. Design For Manufacture and Assembly (DFMA) has become an important concurrent engineering imperative for cost effective product design. The basis of design for manufacture and assembly is a systematic procedure for analysing product designs based on the application of quantifiable data. The procedure generates a large amount of information and even in computerised form presents difficulties for decision-making except for the simplest of products. Guidelines encapsulating qualitative information on best design practice facilitate the procedure. Methods are described for effective integration of quantitative and qualitative materials, manufacturing and assembly process information during product design. A discussion is also included on the differences between designing for new products and in designing for changes in existing products.

© 2002 Elsevier Science Ltd. All rights reserved.

Keywords: Design for manufacture; Design for assembly; Design for manufacture and assembly; New product development; Concurrent engineering

1. Introduction

Design For Manufacture (DFM) is a systematic procedure to maximise the use of manufacturing processes in the design of components and Design For Assembly (DFA) is a systematic procedure to maximise the use of components in the design of a product. To be effective in product design, the procedures are often combined as Design For Manufacture and Assembly (DFMA). The aim of DFMA is to maximise the use of manufacturing processes and minimise the number of components in an assembly or product. DFMA is a systematic procedure for analysing proposed designs from the perspective of assembly processes. To obtain the maximum benefit from DFMA, the procedure is applied as early as possible in the design process and used within a concurrent engineering teamwork environment. In conjunction with the procedure, designers can make use of DFMA guidelines to help manage and reduce the large

amount of information involved. DFMA guidelines are statements (rules of thumb, tips, aids, hints, suggestions, etc.) of good design practice that have been empirically derived from past experience.

The normal result of DFMA, as an integral part of the design process, is simpler and more reliable products that are less expensive to manufacture and assemble. However, products designed in this way tend to have a smaller number of complex components, making maintenance and upgrading difficult and expensive. The emphasis on reducing manufacturing costs has, therefore, been at the detriment of in-service costs. This may not be a particular problem for mass-produced (typically minimal maintenance, low priced, short life span) products such as the majority of domestic appliances. It is important, however, for more expensive products such as motorcars and aeroplanes, that maintenance is required in order to ensure their expected life spans. Over the years, long life products such as motorcars have also seen the growing trend towards using components that cannot be maintained. This has kept the cost of maintenance low but is wasteful of resources.

*Corresponding author. Tel.: +44-1332-591-729; fax: +44-1332-622-739.

E-mail address: k.l.edwards@derby.ac.uk (K.L. Edwards).

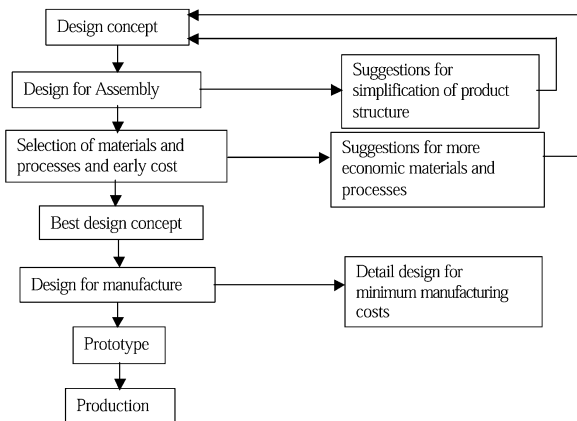


Fig. 1. Typical stages in a DFMA procedure (courtesy of Boothroyd and Dewhurst [2]).

With regard to the practice of designing for future upgrading, this is presently limited for most products but seen regularly in industrial electronics for example to facilitate future improvements in functionality and performance and in large made-to-order products such as ships which regularly receive refits. In the future, government legislation, particularly environmental protection and the need to control the use of precious resources, might change this situation. Manufacturers will be forced to provide alternative uses for the materials and components used in their products' manufacture when they reach the end of their design lives. This is already being seen with motorcar manufacturers but little has been done so far for mass produced consumer products. To be effective, consumers will need to play their part and accept higher prices for their products. In return the products will last longer, but contain more adjustable and/or replaceable components to maintain appropriate function, and upgrades of components and/or subassemblies to provide improvements. DFMA procedures will need to reflect the changing situation, adapting to compromise, and handling larger amounts of diverse information.

2. Design for manufacture and assembly process

The DFMA procedure can typically be broken down into two stages as shown in Fig. 1. Initially, Design for assembly is conducted, leading to a simplification of the product structure and economic selection of materials and processes. After iterating the process, the best design concept is taken forward to Design for Manufacture, leading to detailed design of the components for minimum manufacturing costs. The procedure is cost driven and importantly depends on the product design already existing. The procedure outlined, and there are many variations [1], optimises the original product design to

produce a new and improved design. Most of the DFMA procedures today are computerised and DFMA can be done very quickly, once essential data is entered, allowing 'what if' scenarios to be conducted. DFMA procedures can be supported with guidelines, which are often supplemented by the experience of the designer. The importance of the contribution from guidelines cannot be over emphasised. In fact some DFMA is done purely through experience, with little or no support from a systematic procedure or formal guidelines. This approach is highly dependent on the knowledge and experience of the individual designer or collective design knowledge and experience of the company concerned.

Most of the pioneering and ongoing research in the field known today as DFMA can be attributed to Boothroyd and Dewhurst [2]. The procedure-based process analyses product designs by performing: a functional analysis; a manufacturing analysis; a handling analysis; and a fitting analysis. Each analysis stage generates cost indices, allowing problematic areas to be easily identified and priorities for redesign to be suggested. Repeating parts or all of the process will test the design change effectiveness. An alternative to the structured approach is the integration of all relevant areas and a greater emphasis on supporting the design process [3]. The latter approach is inherently more conducive to supporting directly concurrent team working. The two approaches, although only subtly different when combined, provide structured integration. A benefit of this is the mapping of product, process and people and as a consequence consideration of life cycle aspects.

3. Selecting appropriate manufacturing and assembly processes

A typical product contains many components, each requiring a variety of processes. There is usually more than one method of manufacturing a component from a given material. There are many classifications of processing methods for materials, but hierarchically can be divided into the following categories:

- casting;
- forming and shaping;
- machining;
- joining; and
- finishing

The selection of the most appropriate manufacturing process is dependent on a large number of factors but the most important considerations are shape complexity and material properties. DFM needs to take into consideration all the above and more in order to support decision making and provide this information in a timely and appropriate manner. Ultimately, most information can be reduced to a cost, the paramount driver to economical design. DFM converts most manufacturing

information to cost indices, effectively normalising the disparate information and allowing direct comparisons to be made. In computer form 'what-if' scenarios can be readily conducted using DFM, allowing optimal solutions to be determined quickly and easily. DFA can be treated in a similar way and if integrated with DFM, allow manufacturing and assembly issues to be investigated simultaneously. DFMA in combination with a strategic application of design guidelines forms a power design tool by avoiding over prescriptive procedures and retaining flexibility for a variety of uses and operational styles. This is particularly important today because of a growing emphasis, reinforced by legislation, on life cycle costs and the need to be more sensitive to the environment both during the life of products and after their use.

Efficient assembly, whether manual and/or automatic, is as important as efficient component manufacture in the creation of new products. Careful consideration, therefore, needs to be given to the simplicity, rate and cost of assembling components as well as utilising maximum benefit from component materials and manufacturing processes. This will undoubtedly necessitate a compromise between component manufacture and product assembly to achieve cost effective products. The ultimate choice is often a business one based on available resource, strength of competition and market demand. DFMA as an integral part of a concurrent engineering team working environment is assured. DFMA as a design tool imparts the discipline for manipulating the normally large amounts of quantitative manufacturing/assembly information but as a design philosophy act as a mechanism for drawing in qualitative manufacturing/assembly information.

4. The nature of design guidelines

Design guidelines are one of the main sources of explicit knowledge on the practice of design. The main sources of design guidelines include the literature, the direct experiences of practising designers and the established design practices in engineering organisations. The last two sources are less accessible than the literature because of the psychological, social and contextual considerations involved. Design guidelines are often found where the course of action is not clear but where one particular action has been found to work well in the past. Design guidelines, therefore, are more frequently specific to a particular domain and can represent a wide range of experience in the use of existing technology. Design for manufacture and assembly guidelines are further specific in that they concentrate on a particular aspect of design and range from high level and generic to low level and domain specific good practice.

5. The use of design guidelines in the design process

Designing, like any problem solving process, involves making decisions. The nature of the problems depends on the context and the level of abstraction. Design guidelines aid the decision making process. Most guidelines are empirical and based on intuition and experience. These guidelines are already known by the designer, being triggered by tasks or events as the design proceeds, or obtained from reading relevant texts or talking to colleagues. The latter tends to be more difficult and slower to retrieve, but in combination with the former tends to stimulate the thought process. Guidelines exist for all stages of the design process, but predominate for the detailed stage. This is reflected in the use of design for manufacture and assembly guidelines.

At the conceptual design stage of the design process, concrete information is limited and abstract thinking about manufacturing and assembly is prevalent. At the detail design stage of the design process, specific information is considerable and clarifying fine detail about manufacturing and assembly to recognised formats dominates. In between conceptual and detail design the range of information increases as the design of the product is configured and optimised with specific information to facilitate its manufacture.

6. Design for manufacture and assembly guidelines

The manufacturing of components means that materials must be converted by a process or series of processes to create functionally useful shapes. Each process involves material set up and subsequent change by a person and/or a machine and is called a manufacturing operation. Each manufacturing operation takes time and has an associated cost. Assembly is an important part of the overall manufacturing process. Assembling a product means that a person and/or a machine must retrieve finished components from storage, handle the components to orient them relative to each other, and mate them. Each act of retrieving, handling, and mating a component is called an assembly operation. Each assembly operation takes time and has an associated cost. The assembly of components can form a significant part of the manufacturing cost of a product, especially when large quantities of components are involved. The use of guidelines on good design practice for manufacturing and assembly can help improve manufacturing and assembly efficiency, thereby reduce the time and costs.

The following is a list of example guidelines for product design for manufacture and assembly [4–16]. The list is not exhaustive and is only a small selection of the large number of guidelines found in the design literature. The guidelines are taken directly from the



Fig. 2. Gate valve.

texts as quotations but although some describe and list guidelines separately, the majority have to be obtained by careful reading. There is also an element of repetition by authors of design texts but this is not a problem as it reinforces the use of certain guidelines. An important observation is that guidelines once isolated from their original text remove valuable qualifying information. This is not critical to understanding most of the guidelines listed below but stripped of detail can result in bland generic statements.

The list of guidelines shown, represent a selection of those consulted during the course of designing a simple gate-valve for a domestic water system as shown in Fig. 2. The Boothroyd and Dewhurst DFMA procedure was followed and the guidelines accessed to facilitate the major decision stages. At the DFA stage, this led to suggestions for a more simplified product structure followed by suggestions for more economical materials and processes. At the DFM stage, this led to a detail design for minimum manufacturing costs.

The valve consists essentially of a cast body machined to receive the sliding gate and threaded actuating stem, and compression fittings (nut and olive) to locate to adjoining pipe work. For hygiene reasons, all the components are made of brass, except for the handle, which is pressed steel and painted and its locating nut, which is zinc-plated steel. These two components are not in contact with the process fluid—in this case drinking water—so do not need to be made of the relatively more expensive brass. On first investigation, the valve is an entirely functional product made in large quantities and comprises of a lot of small components. However, in the area of the valve stem guide and seal there was scope for component reduction but at the expense of component complexity. The design used separate components to guide and seal. There was an opportunity to combine these functions in a smaller number of com-

ponents, i.e. multiple functions in a single function carrier. The result was a single component that supported the stem and compressed the gland-pack seal eliminating the three separate components.

6.1. Design for assembly stage*

- Standardised components should be incorporated.
- Materials and methods of fabrication must be the cheapest acceptable.
- Manual processes should be reduced to a minimum.
- Interchange ability of components should be arranged.
- The design must be planned for production.
- Make components symmetrical.
- Design a base component to reduce the need for jigs and fixtures.
- Design a stacked product in order to achieve simpler assemblies.
- Products for automatic assembly are easy to assemble manually.
- Minimise tolerance and surface finish demands on components so that production costs are reduced.
- Keep the number of components and assemblies to a minimum.
- Simplify handling of components.
- Do not specify tolerances tighter than essential for correct functioning.
- Do not specify material that is available only on special order purchase unless there is no alternative.
- Do consider the use of economical order quantities.
- Do consider using stock items when you need only a small quantity of components.
- Aim at simplicity and economy of construction including interchangeable components.
- Design for the most suitable production process with economic assembly as a goal.
- Redesign to simply assembly.
- Design components to serve more than one function.
- Eliminate high precision fits whenever possible.
- A reduction in the number of components in a product or assembly should be the first objective of a designer wishing to reduce assembly costs.
- The most obvious way in which the assembly process can be facilitated at the design stage is by reducing the number of different components to a minimum.
- The introduction of automation may result in a cheaper product but one that is quite uneconomical to repair.
- Sharp corners must be removed from components so that they are guided into their correct position during assembly.
- Apart from product simplification, great improvements can often be made by the introduction of guides and tapers which directly facilitate assembly.
- It is always necessary in automatic assembly to have a base component on which the assembly can be

built.

- Make the components symmetrical.
- Avoid component features that induce tangling or nesting.
- It should be pointed out that components that are easy to handle automatically will also be easy to handle manually.
- Attempt to make components symmetrical to avoid the need for extra orienting.
- If symmetry cannot be achieved, exaggerate asymmetry features to facilitate orienting.
- Avoid expensive and time consuming fastening operations.
- Minimise number of components.
- Minimise production steps.
- To achieve a high level of reliability the designer must consider the use of well tried and tested components and materials, rather than new and uncertain ones.
- Standardise and reduce the number of materials and components.
- Avoid unnecessary requirements for accuracy of manufacture.
- Standard sizes and components should be used wherever possible.
- Introduce datum systems whenever a high degree of accuracy is necessary in the location of interchangeable components.
- Will one spanner fit all clamp bolts and nuts?
- Follow symmetrical layouts.
- Designs should be made for ease of packing.
- Use standard components, processes and procedures whenever possible.
- Use bought-out components wherever possible.
- Avoid sharp edges and angles.
- Make sure disassembly is equally practicable as assembly.

*Where a guideline suits DFA as well as DFM it appears as DFA.

6.2. Design for manufacture stage

- The designer must be aware of the capabilities of his/her workshop, sub-contractors and materials suppliers.
- Design castings so as to minimise the cost of flash removal.
- Provide just sufficient material at all points where machining is required to permit machining within the limits specified.
- Avoid the use of undercuts where possible.
- Select materials to suit each processing operation best.
- Avoid slow processes and design for high speed continuous processes.
- Eliminate expensive operations not really needed to achieve function and simplify design details.
- Eliminate the need for expensive machining of components to excessively close tolerances.
- Select materials for suitability as well as lowest cost and availability.
- Insure maximum simplicity in overall design.
- Use the widest possible tolerances and finishes on components.
- The designer must make every effort to specify the lowest grade of material that will meet his needs.
- The best way to achieve true reliability is by simplicity.
- Design to fit the manufacturing processes and reduce costs.
- Choose materials for a combination of properties.
- Design castings so that they will combine as many components as permitted and still avoid undue complexity and excessive costs.
- See that all sections are of uniform thickness.
- Fillets should be used at corners wherever possible avoiding sharp corners but not so large to produce heavy cross-sections.
- It is not desirable to design structures with abrupt changes in section.
- Aim to make castings as simple in structure as conditions permit.
- Employ ribs to help avoid warping or are needed for extra stiffness and can be used to lower weight.
- Inside radii on bends should not be less than the thickness of the metal.
- Depth of draw should be kept as small as conditions permit if cost is to be minimised.
- Gauge of stock should be as light as conditions permit.
- If a component is one normally exposed to view, make sure that its appearance is as pleasing as due economy in production permits.
- Avoid square bottom holes when a hole made with a standard drill will meet the requirements.
- Unless removal of burrs is necessary, do not stipulate.
- Design the component so that the number and duration of machining operations required are minimised.
- Select materials that, consistent with minimum cost and with other requirements, machines most readily.
- Design the components so that the smallest diameter of stock that is readily available can be used and so that the overall length is minimised.
- Design the component so that it can be machined with a minimum number of tools and with standard tools unless special ones effect economies.
- Develop the design to contain as many identical components as possible.
- If you cannot eliminate fasteners, standardise them.
- The designer will nearly always be able to reduce the number of components by combining two or more

functions in a single component.

- Ensure changes of section are gradual.
- Allow for the effect of thermal stresses.
- Aim at uniform wall thickness and cross-sections and at gradual changes of cross-section.
- Avoid excessively small tolerances.
- Use standards and codes wherever possible.
- For economic reasons, the attempt should always be made to fulfil several functions with a single function carrier.
- Put a price on every tolerance and finish.
- Manufacturing processes favour objects with planes at right angles to each other and those that can be turned on a lathe.
- Select materials that will lead themselves to low cost production as well as design requirements.

7. Quantitative vs. qualitative information

It is generally recognised that a good principle is to quantify whenever possible. It is easy to waste considerable time on qualitative studies on matters that might be easily and quickly clarified by calculation. Furthermore, an economical design is an optimised design. An optimised design needs accurate data to be effective. It is important that critical design decisions are taken as early as possible in the design process. To achieve this it is necessary to define trade-offs as much as possible early in the design process. Again to do this quantitative data is necessary. The level of precision in the data increases as the design progresses. Qualitative guidelines supplement the process at all levels. Manufacturing and assembly issues along with other design decision-making typify the complex problem solving involved. Many guidelines are learned empirically, from past experience and, as such, are difficult to organise, which is in complete contrast to factual-based information that can be easily stored and recalled. Clearly, it is important to a successful implementation of DFMA that the designer(s) receive adequate and timely guidance and can perform meaningful evaluations to enable product redesign to be easily executed.

8. Conclusions

An approach to DFMA has been defined that systematically facilitates the consideration of quantitative and qualitative design information. The procedure provides a framework to discipline the design process with

decision-making supported by guidelines. DFMA (linked DFM and DFA) quantitative evaluation methodologies are already well established and some have been implemented as commercial software packages with DFM application-specific modules. Design guidelines databases because of the heuristic nature of guidelines are less well known although attempts have been made at developing electronic databases. Research indicates that the solution lies in the development of appropriate knowledge representation and artificial intelligence techniques. The use of separate software packages at present is not seen as a major problem but the benefits of integration with the facility to automatically interrogate a guidelines database, as the design progresses, would be very beneficial. The major challenge is to create an intuitive design environment that is conducive to simultaneously handling scientifically based factual knowledge and empirically derived heuristic knowledge.

References

- [1] Corbett J, Dooner M, Meleka J, Pym C. Design for manufacture: strategies, principles & techniques. Addison-Wesley Publishing, 1995.
- [2] Boothroyd G, Dewhurst P, Knight W. Product design for manufacture and assembly. Marcel Dekker, 1994.
- [3] Black R. Design and manufacture: an integrated approach. Macmillan Press, 1996.
- [4] Swift KG, Booker JD. Process selection: from design to manufacture. Butterworth-Heinemann, 2001.
- [5] Dieter GE. Engineering design: a materials and processing approach. 2nd ed. McGraw-Hill, 1991.
- [6] Altling L. Manufacturing engineering processes. 2nd ed. Marcel Dekker, 1994.
- [7] Ullman DG. The mechanical design process. 2nd ed. McGraw-Hill, 1997.
- [8] Datsko J. Materials selection for design and manufacturing: theory and practice. Marcel Dekker, 1997.
- [9] Huang GQ, editor. Design for X: concurrent engineering imperatives. Chapman & Hall, 1996.
- [10] Dieter, G.E. (Vol. Chair). ASM Handbook, Volume 20: Materials Selection and Design, ASM International, 1997.
- [11] Hurst K. Engineering design principles. Arnold, 1999.
- [12] Roozenburg NFM, Eekels J. Product design: fundamentals and methods. John Wiley & Sons, 1995.
- [13] Pahl G, Beitz W. Engineering design: a systematic approach. 2nd ed. Springer-Verlag, 1996.
- [14] Timings RL, Wilkinson SP. Manufacturing technology, vol. 2. 2nd ed. Pearson Education, 2000.
- [15] Ulrich KT, Eppinger SD. Product design and development. McGraw-Hill, 1995.
- [16] Poli C. Design for manufacturing: a structured approach. Butterworth-Heinemann, 2001.

Referanser

- [1] Liem, A., 2006. *Managing the design process*. Pearson/Prentice Hall
- [2] Holston, D., 2011. *The Strategic Designer: Tools & Techniques for Managing the Design Process*, How.
- [3] Farstad, P., 2008. *Industridesign*, Universitetsforlaget.
- [4] Anderson, D.D.M. et al., 2010. *Design for Manufacturability & Concurrent Engineering; How to Design for Low Cost, Design in High Quality, Design or Lean Manufacture, and Design Quickly for Fast Production*, C I M Pr.
- [5] Boothroyd, G., Dewhurst, P. & Knight, W.A., 2002. *Product Design for Manufacture & Assembly 2nd ed.*, CRC Press.
- [6] Stackpole, B., 2010. *Design News - Features - DFMA Takes a Back-to-Basics Product Simplification Strategy to Cut Costs*. DesignNews.com. Available at: http://www.designnews.com/document.asp?doc_id=229348 [Accessed January 19, 2012].
- [7] Stackpole, B., 2011. *DFMA Practices Can Play a Role in Manufacturing Reshoring*. DesignNews.com. Available at: http://www.designnews.com/document.asp?doc_id=230726 [Accessed January 27, 2012].
- [8] O'Donohoe, N., 2007. *Desktop Engineering - July 2010*. Desktop Engineering Magazine. Available at: http://www.nxtbook.com/nxtbooks/level5/desktopengineering_201007/index.php?bm=normal#/60 [Accessed January 19, 2012].
- [9] Baxter, M., 1995. *Product Design Reissue.*, CRC Press.
- [10] de Boer, L., Holmen, E. & Fet Magerholm, A., 2006. *Utvikling og produksjon i internasjonale verdikjeder*, Institutt for industriell økonomi og teknologiledelse (IØT): NTNU.
- [11] Bockelie, L., 2006. *Outsourcing sikrer verdiskapningen*. Logistikk & Ledelse, (1).
- [12] Thompson, K., 2005. *Ut i verden for å spare kostnader*. Horisont, (4).
- [13] McCormack, R., 2011. *The Case Against Shifting Production To China; Hidden Costs And Growing Risks Make U.S. Attractive For Manufacturing*. *Manufacturing & Technology News*, 18(13).
- [14] Krippendorff, K., 2005. *The Semantic Turn: A New Foundation for Design*, CRC Press.
- [15] Toni-Matti Karjalainen, 2007. *It Looks Like a Toyota: Educational Approaches to Designing for Visual Brand Recognition*. *International Journal of Design*; Vol 1, No 1 (2007). Available at: <http://www.ijdesign.org/ojs/index.php/IJDesign/article/view/43/14>.
- [16] Edwards, K.L., 2002. *Towards more strategic product design for manufacture and assembly : priorities for concurrent engineering*. *Materials and Design* 23 (2002) 651-656

