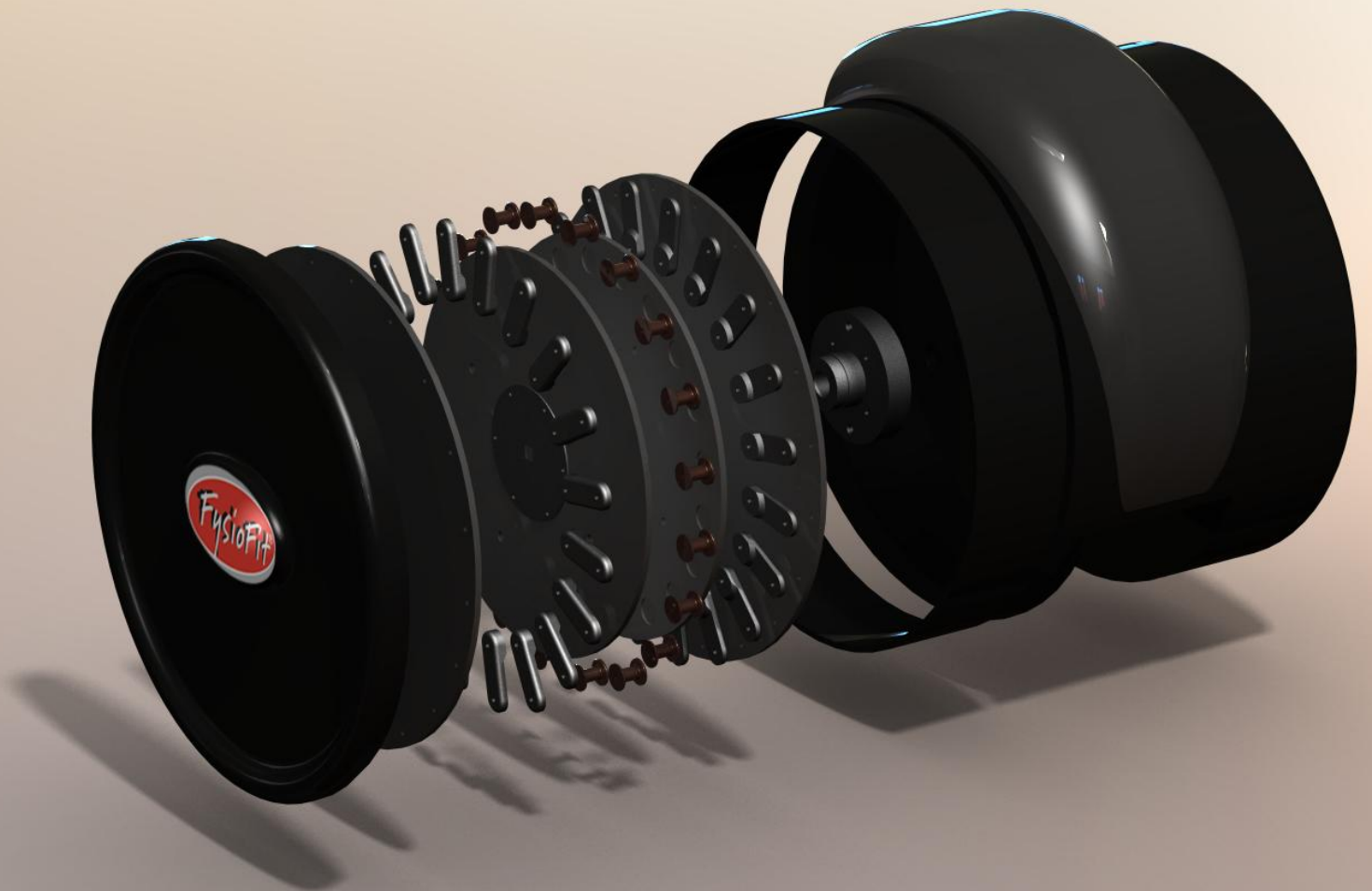


Energiek door Energie

Duurzaamheid met apparatuur

V.M. Kickert



Energie door Energie

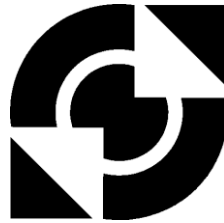
Duurzaamheid met apparatuur.



FysioFit Health Investment Center

Haaksbergerstraat 196

7513 ED Enschede



Universiteit Twente

Opleiding Industrieel Ontwerpen, Faculteit CTW.

Postbus 217, 7500 AE Enschede

KENMERK

UT BO Bachelor Opdracht

In opdracht van:

FysioFit, Health Investment Center

Universiteit Twente

V.M. Kickert, s0081264

Oplage: 3

Aantal bladzijden totaal: 50

Datum van publicatie: 25 januari 2010

Aantal bladzijden bijlagen: 14

Inhoudsopgave

Voorwoord	6
Inleiding.....	7
Schetsing FysioFit	8
Gezondheid	8
Situatieanalyse FysioFit	9
Fitness apparatuur	9
Spinning apparatuur.....	10
Cardio apparatuur	10
Marktonderzoek.....	10
Patentenonderzoek	12
Belasting Medische Fitness	13
Fitness Begrenzings.....	13
Cardio Begrenzings	13
Veiligheidsaspecten.....	14
Potentiële Energie	15
Fitness apparatuur	15
Cardio apparatuur	15
Benutten Energie.....	15
Energie.....	16
Conclusie	16
Programma van Eisen Eisen	17
Wensen.....	17
Technische Specificaties	17
Stakeholders.....	18
FysioFit.....	18
Werknemers	18
Onderhoudspersoneel.....	18
Energiemaatschappij	18
Functie Analyse	19
Esthetische beperkingen	20
Kleurstelling.....	20
Spinning Fietsen	21
Collage	22

Concepten	23
Conceptrichtingen	23
Afname weerstand van mechanische energie.	23
Omzetting thermische energie.....	23
Conceptvorming	24
Overbrenging mechanische energie.....	24
Omzetten mechanische energie naar elektrische energie	24
Schakelen tussen afname niveaus.....	25
(Tijdelijke) Oplag energie.....	25
Vormgeving concept.....	25
Detaillering Onderdelen	25
Overbrenging.....	25
Omzetting mechanische energie	26
Schakelen tussen niveaus.....	27
(Tijdelijke) Opslag energie	28
Vormgeving Concept	31
Analyse	33
Break-Even Analyse	33
SWOT-Analyse	36
Keuze Vervolgrichting.....	37
Concept 3D	38
Prototype.....	39
Uitvoering.....	40
Resultaten	42
Aanbevelingen.....	44
Conclusie	45
Dankwoord	46
Referenties	47
Bijlagen	51
Bijlage A – Plan van Aanpak	51
Uitdagingschrijving:	51
Actor:	51
Projectkader:	51
Doelstelling:.....	52

Vraagstelling:	53
Materiaal:	54
Knelpunten:	55
Onderzoekstrategie:	55
Begripsbepaling:	56
Bijlage B – Berekening Energie Fitness apparatuur	57
Bijlage C – Energieverbruik FysioFit	58
FysioFit.....	58
Energieverbruik	58
Aanbevelingen	59
Bijlage D – Theorie Generatoren	61
Bijlage E –Berekeningen	62
Opbrengst Generators.....	62
Efficiëntie per methode opslag van energie	63
Verloop van rente.....	63
Bijlage F – 3D Model CD	64

Voorwoord

In het hierna volgende verslag wordt het verloop en de resultaten naar het ontwikkelen van een concept getoond. Dit concept is gericht op het terug winnen van de, momenteel, verloren gaande energie in fitness centra. Het uiteindelijke gemodelleerde concept wordt samen met aanbevelingen en een 'proof of principle' prototype gepresenteerd als een basis van waaruit de opdrachtgever, FysioFit Health Investment Center, verder kan werken aan de realisatie van een product.

Als voorbereidend onderdeel zijn markt- en patentonderzoek uitgevoerd en worden meerdere disciplines onderzocht en meegenomen om een totaal beeld te krijgen in welke situatie het concept zijn plaatst dient te krijgen. De verschillende invloeden en resultaten leveren een beeld op de gebieden van vormgeving, marketing en energiebewustzijn. De bijbehorende analyses ten behoeve van haalbaarheid, Break-Even point en potentiële toekomstplannen worden bijgedragen om een inzage te geven van de verbreding vooraf gaande aan het ontwerpen van het concept.

Het uiteindelijke prototype levert resultaten op waarmee aanpassingen en detaillering van het concept in een later stadium kan worden gerealiseerd, tevens benadrukt het de haalbaarheid van onderdelen en de potentie om in dit gebied verder te streven naar hogere efficiëntie in het gebruik van energie in het aller daagse leven.

Inleiding

Energie bestaat in vele verschillende vormen. Variërend van mechanische, thermische tot elektrische energie is deze aanwezig en een potentiële bron voor het terugwinnen van energie. Belangrijk om direct te realiseren is dat energie nooit verdwijnt. Het gaat over in andere vormen en wordt vaak oninteressant voor onze doeleinden, maar het verdwijnt niet.

Als voorbeeld kan een les spinning in een sportschool worden aangehaald. Bij de start bevat de sporter een grote mate van opgeslagen energie, in de vorm van calorieën in het lichaam, die zal worden aangesproken. De chemische omzetting van het voedsel levert de uiteindelijke mechanische energie die het lichaam in beweging zet en al doende energie toevoegt aan het vliegwiel van het toestel. Na de opstart zal de sporter meer energie willen omzetten dan alleen de beweging van het toestel kan bevatten op het lage aantal toeren (in verhouding). Vanaf dit moment gaan wij wrijving toepassen en de mechanische energie omzetten naar thermische energie. Wrijving moet echter zeer breed worden gezien aangezien luchtweerstand ook onder wrijving valt. De thermische energie gaat zich nu verdelen over het vliegwiel, het remblokje en de omgevingsmoleculen (lucht).

Met genoeg tijd en isolatie, kan een sporter een gehele zaal van verwarming verzorgen. Gezien de neveneffecten van transpiratie, lichaamsgeur en de genoemde vereiste energie om de benodigde calorieën te leveren, is dit geen ideale vorm van verwarmen, maar de energie gaat niet verloren en een situatie die in zomerse dagen zeer duidelijk om een airconditioner vraagt ter compensatie.

Deze thermische energie wordt nu verdeeld over de omgeving en volledig onbenut gelaten. Al deze energie kost extra energie om weggevoerd te worden en de omgevingstemperatuur op wenselijk niveau te houden. De sporter zelf wordt tijdens al deze inspanningen ook warmer daar de omzetting van het voedsel naar de gewenste mechanische uitvoeringen ook thermische energie meevoert, waarmee bijna alle mechanische energie uiteindelijk in thermische energie overgaat.

De tendens van een groenere wereld is al langer gaande en er zijn genoeg oplossingen voor de enthousiasteling om energie te winnen. Ondanks dat fysieke beweging niet een goede bron voor het winnen van energie is ter vervanging van de fossiele brandstof is het wel een noodzaak dat wij als wezen genoeg bewegen voor een gezond leven. Het verloren laten gaan van die energie is in alle gevallen zonde en gezien de hoeveelheid energie[1] die er gepaard gaat in de productie van ons eten, zeker een belangrijke bron om niet te verspillen.

Het wordt vaak onderschat hoeveel energie er gebruikt wordt om ons eten te genereren. Voor een gezond leven is het daarbij ook belangrijk dat we deze energie op een goede wijze weer omzetten. Onze eigen inzet wordt echter zelden benut om ons leven van energie te voorzien. In vele gevallen kosten deze activiteiten zelfs nog extra energie om de apparatuur te laten werken en slechts toekomstige producten voorzien enkel zichzelf van energie. We verspillen niet alleen energie, we gebruiken eerst energie om het daarna te verspillen. Een dubbele situatie waar een beter milieu uit te halen valt en waarin wij ons kunnen verbeteren om duurzamer met ons leven, eten en maatschappij om te gaan.

Schetsing FysioFit

In de fitnessmarkt zijn er drie segmenten van fitnessbedrijven. De aanbiedingen variëren tussen deze segmenten en veroorzaken onderscheid in kwaliteit en resultaten.

Binnen het laagste segment worden goedkope trainingen geleverd zonder extra begeleiding op de oefeningen. Hierbij kunnen personen verkeerd trainen en verkeerde bewegingen aanleren. De resultaten kunnen hierdoor niet alleen tegenvallen, maar tevens voor complicaties in het lichaam zorgen. Door het lage aantal personeelsleden en veelal grote oppervlakte wordt er gericht op een massa waarmee de kosten laag kunnen blijven.

In het middelste segment bevinden zich fitnessbedrijven waar financiële ondersteuning achter staat, maar waar de uitvoering nog niet optimaal is. Ondanks kennis en begeleiding worden deze nog niet volgens alle certificaten uitgevoerd en kan er op procedures, apparatuur en management worden verbeterd.

Het hoogste segment onderscheidt zich door dure specialisatie en apparatuur waarmee de certificaten van de branche behaald worden. Niet alleen is er kennis, begeleiding en goede apparatuur, maar ook de uitvoering en procedures zijn volgens de hoogste standaarden. Met veel begeleiding en controle op de bewegingen en houdingen wordt hier de meest reële kans op verbeteringen geleverd voor de deelnemende personen.

Bij FysioFit is het doel geweest om de reguliere fitness om te zetten tot medische fitness. Hiermee worden patiënten lokaal behandeld en is er tevens overzicht of de voorgestelde oefeningen correct worden uitgevoerd. Na deze omzetting en het behaalde succes met deze formule is FysioFit vrijwel uitgespecialiseerd met de beschikbare onderscheidingen in branche. De volgende uitdaging voor FysioFit is nu om als eerste ook milieubewust en 'groen' te zijn in deze markt en hiermee een nieuwe onderscheiding toe te voegen aan de huidige markt.

Gezondheid

De algemene gezondheid is met alle vooruitgang hard terug gelopen. Deze paradox is ontstaan door de verbeteringen op vervoer, maaltijden en de verbeterde medicijnen, waardoor mensen niet meer gedwongen worden te bewegen, elke dag lekkere doch niet altijd gezonde maaltijden gebruiken en we een medicijn nemen voordat het lichaam zelf een weerstand kan leveren.

In het streven naar een gezond leven wordt er bij FysioFit aan zowel fysieke en mentale gezondheid gewerkt. Door aan dit beeld toe te voegen hoeveel energie nodig is om sommige, soms zelfs vrij basische, handelingen uit te voeren wil FysioFit ook op het maatschappelijke vlak gaan bijdragen en mensen bewust maken van hun energieverbruik.

Door mensen tijdens hun training bewust te maken van de lage hoeveelheid energie die ze opwekken tegenover de grote mate waarin we het weer gebruiken bij het aanzetten van een bijna willekeurig apparaat, kan FysioFit ook buitenshuis meedragen aan een bewustere samenleving. Mooie voorbeelden[2] waarin een moderne televisie van energie wordt voorzien komt echter pas over als een persoon ook werkelijk de inspanning daarvoor levert.

Situatieanalyse FysioFit

De huidige indeling is ingericht om over twee zalen te allen tijde zoveel mogelijk klanten te kunnen voorzien in hun wensen. Zowel beneden- als bovenzaal bevatten cardio- en fitness apparatuur en zijn voorzien van een open gedeelte. De benedenzaal is in dit laatste onderdeel ruimer en bevat tevens een podium en uitgebreider geluidssysteem waarmee een groter aantal personen tegelijkertijd les kan krijgen. De lessen variëren van BodyFit tot spinning lessen en maken gebruik van de aanwezige systemen in de zaal.

De bovenzaal is optisch kleiner door de aanwezigheid van meer fitness apparatuur en gespecialiseerd in individuele lessen voor fysiotherapie. De apparatuur zelf is weliswaar compact, maar een mate van afstand tussen apparatuur is wenselijk en bevordert de interactie tussen gebruikers, apparatuur en fysiotherapeuten. De huidige oplossing van het vergroten van de zaal door middel van optische illusies, spiegels, levert een goede bijdrage, maar additionele apparatuur zal compact en een rustige uitstraling dienen te hebben.

Fitness apparatuur (merk: TechnoGym[3])

De apparatuur bevat een standaard module voor de gewichten. Deze gewichten worden geleid binnen een stalen constructie. De gewichten worden aangesproken door middel van een centraal geplaatste katrol waar een spanningsdraad langs loopt richting de oefeningselementen.

De bewegingen die deze oefeningselementen maken trekken gelijktijdig aan beide zijden de spanningsdraad tussen de katrollen aan de top en de katrol op de gewichten omhoog. Hierdoor draait de onderste katrol in principe niet, deze kan enkel uit veiligheidsoverweging bewegen, als mede om een enkel(e) zijde / oefenelement te gebruiken.



Figuur 1 - Ophanging TechnoGym

Het totale gewicht verschilt per apparaat doch deze module is identiek voor het merendeel als mede de vorm van krachtsoverdracht (via spanningsdraad). De gewichten kunnen met een pin worden ingesteld en per persoon worden aangepast. Sommige apparaten beschikken nog over veren om de bewegingen te vertragen bij het terugleiden naar de basis positie. Ongeveer de helft van de apparatuur beschikt over een bereikbare as waaromheen het oefenelement roteert.

Spinning apparatuur (merk: BodyBike[4])

De spinning apparatuur werkt op basis van het in beweging brengen van een vliegwiel. De gewenste weerstand wordt bereikt door middel van een remelement op het vliegwiel. Dit element, bestaande uit een leren remblokje wordt met het aandraaien van een bout via schroefdraad op het vliegwiel gedrukt. Het resultaat is een wrijving waarbij de energie omgezet wordt in voornamelijk thermische energie.

Het vliegwiel is centraal gemonteerd en bevat enkel de overbrenging naar de trappers als mede het remelement.

Cardio apparatuur (merk: TechnoGym[3])

De cardio apparatuur maakt gebruik van magnetische remming waarmee de gewenste weerstand wordt opgewekt. De remming wordt door middel van computers geregeld waarbij programma's afgelopen kunnen worden en informatie over de training wordt getoond. Op een enkel apparaat na, vereisen deze apparaten energie om te werken en wordt slechts een gedeelte hergebruikt in de apparatuur. De energie gaat uiteindelijk allemaal om in thermische energie die daarna afgevoerd wordt en onbenut blijft.

Marktonderzoek

De tendens mag een steeds groener image zijn[5], maar de producten op de markt zijn uitermate gelimiteerd. Oplossingen om zelf energie op te wekken komen in de vorm van zonnepanelen, warmtepanelen, en 'groene' energiesparende oplossingen in onze huizen. Het gebruiken van energie uit fysieke inspanning is gelimiteerd tot een klein aantal producten[2] en neemt af zoals ook te zien is aan fietsverlichting. De 'ouderwetse' dynamo wordt steeds vaker vervangen door kleine lampjes op batterijen (bij stilstand werkt de ouderwetse verlichting niet). In werkelijkheid is het verkopen van batterijen en nieuwe lampen veel interessanter dan een duurzame oplossing op het probleem van licht bij stilstand te leveren, net zoals het wegnemen van de weerstand meehelpt aan de marketing van de 'oplossing'.

Zo ook is de markt voor een fitnesscentrum vrij leeg ondanks eerder initiatieven op dit gebied[6-8]. Waar het idee[9-11] populair is en er ook uitvoeringen zijn[12] om de energie te benutten, valt de keuze in producten tegen. Ondanks een immens aantal patenten, opzoekbaar via bijvoorbeeld esp@cenet[13], op het aansturen van generatoren door middel van fysieke kracht[14] zijn er zeer weinig producten op de markt gerealiseerd. Het voornaamste product wat toepasbaar is, is een oplossing op specifieke bestaande apparatuur. Het merendeel van geproduceerde producten beperkt zich tot 'self supporting'[15] of 'groen' in ontwerp[16], maar het leveren van energie is nog gelimiteerd.

De 'Green Revolution'[17] is een generator die aan een bestaande spinning fiets kan worden gekoppeld en zodoende tijdens oefeningen energie weet terug te winnen. De beperking bij dit product is dat het alleen toepasbaar lijkt te zijn op spinning fietsen waarbij het vliegwiel bereikbaar is. Gezien het product nog niet publiekelijk is gepatenteerd, houdt het bedrijf wijselijk zijn informatie binnenshuis. Hierdoor is het echter moeilijker een inschatting te maken van het product en zijn werkwijze. Het product lijkt instelbaar te zijn op weerstand en daarmee op efficiënte wijze alle remenergie te kunnen winnen die de sporter wenst te overwinnen. Dit is echter een zeer relevant onderdeel, daar het zonder een instelbare weerstand niet wezenlijk verschilt van elke andere vorm van een dynamo.



Figuur 2 - 'The Green Revolution'

Een alternatief product, 'The Human Dynamo'[18], is een volledig fitnessstoestel wat een vliegwiel uiteindelijk aanstuurt. Hierop zit een permanente magneetgenerator aangesloten die voor electriciteit zorgt. Dit kan later via of een batterij of een spanningswisselaar worden omgezet tot het gewenste eindresultaat. Dit is een van de weinige werkelijk geproduceerde producten die energie levert, echter is het een enkel product zonder mogelijkheden om elders aan te sluiten. De meeste producten zijn namelijk elektrisch geremd en leveren daarmee de gewenste weerstand, dit gaat echter ten koste van extra energie die nu veelal uit het net gehaald wordt.



Figuur 3 - 'The Human Dynamo'

Toch is het niet de westerse maar de oosterse markt waar de eerste serie producten worden geproduceerd met energie leverende eigenschappen. De 'Body-Building Generator's[19] zoals ze genoemd worden leveren energie direct terug in het netwerk dankzij een ingebouwde omvormer die de geproduceerde energie klaarmaakt om meteen te hergebruiken. Waar de 'Green Revolution' een module op spinning fietsen vormt en de 'Human Dynamo' nog te overduidelijk een bewerkt product is, is de serie van 'Body-Building Generator' uit China een vormgegeven product die als een van de weinige energie teruglevert aan zijn omgeving. Meerdere en verschillende producten kunnen

worden aangesloten om energie terug te leveren. Het principe van een 'Green Revolution', aansluitbaar en instelbaar, maar dan voor alle cardio apparaten waar mogelijk en wenselijk, en niet enkel één type spinning fiets.

Patentenonderzoek

Om te voorkomen dat enig concept inbreuk maakt op andermans werk moet worden onderzocht welke gebieden al zijn afgebakend met een patent. Hiervoor moet gecontroleerd worden welke principes zijn gepatenteerd en van toepassing zijn op de situatie bij FysioFit.

Binnen Nederland zijn er meerdere patenten gericht op fitness en cardio apparatuur. Enkele resultaten zijn meer gericht op apparatuur zoals een 'inrichting' [20] of een gebruiksproduct [21]. Resultaten met meer raakvlak komen echter alleen op wereldwijd niveau pas langs. Deze zijn tevens meer gericht op het patenteren van een specifiek idee dan de werkelijke uitwerking van het idee [14]. Meer gericht op het principe wat FysioFit wil bereiken komt het Canadese 'The Electric Gym Network' [10] als voornaamste patent in beeld. Hierbij wordt alle apparatuur aangesloten op energieleverende apparatuur (generatoren) en wordt deze energie lokaal benut of zelfs naar energieleveranciers gestuurd.

In dit patent is tevens een opstelling beschreven waar gebruik wordt gemaakt van verschillende standaard onderdelen. Alhoewel dit patent een groot raakvlak heeft met de gedachte van waaruit FysioFit is begonnen, betekent dit niet meer dan dat FysioFit dat idee niet kan presenteren.

Het gepatenteerde product is namelijk het idee om energie op te wekken en fitnesscentra te vergelijken. Aangezien FysioFit niet als prioriteit heeft om zich met andere fitnesscentra te vergelijken, is het idee rakend maar niet gelijk. Hiermee kan FysioFit zich onderscheiden en zich als 'Groen Fitnesscentrum' wel degelijk als de eerste in Nederland profileren.

De meeste patenten tonen op dit onderwerp niet meer dan rudimentaire oplossingen om een overbrenging naar een generator/dynamo te verwezenlijken [22]. Een losstaand product specifiek gericht om modulair op bestaande apparatuur aan te sluiten is niet expliciet gepatenteerd. Dit is voornamelijk te danken aan de voorkeur om technologie wel te patenteren, maar niet te gemakkelijk te vinden te maken.

Effectieve deeloplossingen voor het genereren van energie [23], het verwerken van de energie en zelfs volledige producten zoals 'The Green Revolution' [17] zijn op de markt. Ze limiteren de mogelijkheden voor een universeel modulair product, maar geven meteen weer waar de ongepatenteerde gebieden liggen. In het kader van 'The Green Revolution' moet dan nog worden toegevoegd dat het product spreekt over gepatenteerde technologie, maar welke patenten men hier bedoeld zijn niet terug te vinden. Algemene patenten die proberen gepubliceerd werk als de werking van generatoren, wel of niet alternatieve constructies, te patenteren zijn er weliswaar, maar gepubliceerd werk is gemeenschappelijk goed en mag door iedereen gebruikt worden, ter illustratie: het principe van een dynamo is niet te patenteren en iedereen mag een dynamo maken zonder vergoedingen.

In opsomming vormt het product 'The Green Revolution' als enige 'los aansluitbare' product een aangrenzend product van het principe om met een modulair product meerdere cardio apparatuur aan te sluiten. Alle overige patenten zijn of gericht op 'oplossing ter aansluiting van een dynamo' of vormen gehele, geïntegreerde, producten die energie opwekken. Het principe om een product aan te sluiten op vele verschillende apparaten is nergens concreet gepatenteerd en het meest grenzende voorbeeld valt onder het principe van een dynamo waarmee er geen inbreuk kan plaats vinden.

Belasting Medische Fitness

Het afnemen van de energie zal gepaard gaan met een directe tegenovergestelde belasting, de consequenties van deze belastingen mag de patiënt niet ten nadele zijn.

Fitness Begrenzungen

Bij het aanspreken van de bewegingen van de sporters is het van belang dat in een ideale situatie de ex- en concentrische beweging gelijk is in belasting. Dit betekent dat het afnemen van energie in een van deze bewegingen altijd zal leiden tot een verlaagde weerstand in de contra beweging. Naar aanleiding van het interview met Ronald Goosen, verantwoordelijk voor de medische fitness trainingen bij FysioFit, kwam naar voren dat een gelijke belasting op de ex- en concentrische bewegingen eerder wenselijk is dan het afnemen van energie op één van de bewegingen.

Een ander punt in deze situatie is het voorkomen van ingewikkelde handelingen voor de sporter. Het apparaat moet in wezen op de achtergrond aanwezig zijn en geen tijd of kennis vereisen om bruikbaar te zijn. De basis moet aanwezig zijn en onmerkbaar voor de sporter zijn.

Cardio Begrenzungen

Voor de cardio apparatuur gelden andere begrenzungen dan voor de fitness apparatuur. De situatie levert eerder een wens op tot het beter regelen van de weerstand. Zoals eerder is besproken wordt de huidige weerstand door middel van wrijving gerealiseerd en is deze bij sommige apparatuur, spinning fiets, slecht te definiëren. Een overbrenging en een absolute maat waarmee de weerstand kan worden gerealiseerd en ingesteld, is een zeer welkome toevoeging voor de trainingen.

Daar tevens bij cardio het draait om het continu overwinnen van de wrijving kan deze hoeveelheid weerstand zonder percentages worden overgenomen door het uiteindelijke product, bij voorkeur met de optie om de weerstand instelbaar te maken voor de sporter of de regelende computer.

Veiligheidsaspecten

De energie die gewonnen kan worden is aanwijsbaar, maar deze energie moet met een minimaal verlies worden omgezet tot een bruikbare vorm. De energie is voornamelijk in de vormen thermisch en mechanisch aanwezig. Beide vormen bevatten mogelijkheden die om te zetten zijn tot een elektrische vorm die toepasbaar is binnen de locatie. Ze bevatten tevens de potentie om door middel van tussenwegen, ter illustratie doch onwaarschijnlijk; thermische beladen (lucht)moleculen kunnen mechanische energie in de vorm van thermiek leveren, de gewenste energievorm te bereiken.

Om een meer exact beeld te geven[24], bijna 60% van de mogelijke energie in ons lichaam gaat al verloren aan thermische energie bij het omzetten van calorieën naar ATP. Een vervolg verlies in efficiëntie bij de spieren en ons lichaam leveren slechts een matige 18 tot 26% mechanische energie op. Hierdoor bereikt slechts 1 Joule aan mechanische energie de apparatuur waar er een potentiële 4,184 Joule per calorie beschikbaar is[25]. Dit resulteert bij een continuerende inspanning tot een waarde in Joule per seconde wat beter bekend staat als Watt. Voor het leveren van een 100Watt aan energie tijdens een uur sporten, een kleine 0,1 KWh, moet een ongelooflijke minimale 344 kcal aan energie verbrand worden bij een gezonde en efficiënte sporter die 25% weet te halen!

Voor de meeste mensen is een hoge 25% niet te halen en zal een 20% een meer realistische waarde zijn. Dit betekent dat deze mensen dus veel meer energie nodig hebben om een kleine 100Watt aan energie te leveren, een 430 kcal om precies te zijn. De hoeveelheid calorieën die we bij een dergelijke oefening verbruiken staan in een hoge verhouding met wat we per dag binnen horen te krijgen. Een gezonde man of vrouw hoort een 2200 of 2900 kcal. respectievelijk per dag maximaal binnen te krijgen. Dit betekent dat voor het nut om af te vallen een uur sporten met een gezonde ruime voeding al voor het omzetten van 15 tot 19% van de totale energie behoefte op een dag wordt bereikt. De hoeveelheid energie die sporters op hoog niveau weten te leveren, een aanhoudende energie gedurende een uur, gaat richting de 300+ Watt[24].

Voor het aanspreken van de energie komen dan echter wel veiligheidsaspecten in beeld die enkele mogelijkheden limiteren. Het menselijk lichaam heeft nogal specifieke eisen wat het niet wenselijk acht als het aankomt op elektrische energie en daarnaast is er ook de richtlijn in de vorm van NEN-normen. Deze stellen dat voor laagspanningsinstallaties er alleen onderhoud mag worden gepleegd met een voltage van maximaal 50 Volt bij wisselspanning en maximaal 120 Volt indien dit gelijkspanning is.[26]

De wetgeving op dit gebied[27, 28] verplicht niet zozeer dat deze voltages worden gehanteerd tijdens onderhoud, maar het meenemen van deze richtlijn voor het verwerken van de energie is een verantwoordelijke keuze. Alhoewel het product hogere spanningen mag gebruiken, bevat de locatie risico's waarmee het vooraf begrenzen van het minst wenselijke scenario een wijselijke stap vormt.

In alle gevallen zal de spanning namelijk samen gaan met een hoeveelheid stroom die het menselijk lichaam serieuze schade kan toebrengen[26]. Het is hierom uitermate belangrijk om een isolerende behuizing te hebben om alle elektronische onderdelen. In toevoeging moet deze behuizing ook tussen spatdicht tot waterdicht worden geconstrueerd. De gebruikers, sporters, zullen tijdens hun intensieve oefeningen een grote mate van transpiratie kunnen ervaren. Hiervan moet worden aangenomen dat deze in contact zal komen met het apparaat en onder geen enkel geval mag dit vocht voor kortsluiting of geleiding van energie zorgen.

Potentiële Energie

Fitness apparatuur

De potentiële energie is afhankelijk van het niveau waarop de sporters trainen. Hierbij zit ook de fase van een beginnende sporter die op slechts lage waarden kan trainen. Het invoeren van een constante, extra, belasting levert weliswaar de mogelijkheid tot een gegarandeerde hoeveelheid energie, maar zal een probleem veroorzaken tijdens de initiële fase. De bepaling van de potentiële energie die gewonnen kan worden is dan ook eerder via een procentuele belasting te berekenen dan bij een constante belasting. Het toevoegen van een constante procentuele belasting voorkomt een te grote additionele belasting in de initiële fase en pakt het voordeel van een zwaarder trainend persoon mee.

In [bijlage B](#) staat de berekening voor de hoeveelheid energie die de apparatuur bij een ingreep van 5% zal leveren. Helaas komt hier een kleine 68 Wh (op basis van 5%) per dag als resultaat naar voren. Een uurtje cardio training zal voor de gemiddelde persoon een grotere hoeveelheid energie leveren.

Cardio apparatuur

Voor de cardio apparatuur kan enkel een inschatting worden gemaakt. De apparatuur bevat voorgeprogrammeerde schema's waarbij afwisselende weerstanden gewenst voorkomen. De energie die gewonnen kan worden is afhankelijk van de hoeveelheid weerstand die men wil toepassen. Een constante belasting zou nog steeds een hoop energie onbenut laten en in essentie dient de huidige apparatuur aangepast te worden waardoor alle programma's, instellingen en voorkeuren behouden blijven maar deze via het nieuwe product de weerstand oplevert.

Voor de spin fietsen gelden zelfs nog hogere waarden. Er zijn verwijzingen[29] waarin sporters waarden tot 350Watt (piek) aan energie weten te leveren tijdens trainingen. Dergelijke hoeveelheden levert in veel kortere tijd een gelijkwaardige hoeveelheid energie als voor de fitness apparatuur berekend is.

Benutten Energie

In alle gevallen van het opwekken van energie, kan deze door middel van een omvormer[30] direct in het net terug worden gestuurd. Een principe waarmee al jaren 'Groene Stroom' wordt opgewekt door zonnepanelen bij huishoudens. Afhankelijk van de hoeveelheid energie die wordt opgewekt, zijn er verschillende omvormers beschikbaar. Bij deze zaken gaan er percentages verloren door inefficiëntie, waarbij gedacht moet worden aan een 88%[31] efficiëntie bij generatoren en een gelijkwaardige of lagere waarde bij de omvormer. Een kleine 70% zal als electriciteit in het netwerk worden gestopt van de werkelijke mechanische energie die als weerstand dient te worden overwonnen.

Energie

Het benutten van energie door sporters is een nobel streven en kan interessante hoeveelheden energie opleveren. Deze energie kan zowel lokaal gebruikt worden als terug geleverd worden aan de energiemaatschappij. Dit laatste is echter afhankelijk van de mate van energieverbruik bij de afnemer. Indien men meer verbruikt dan men kan opwekken zal de energie alleen zorgen voor een lager verbruik op de teller. Indien men echter over het eigen verbruik heen kan komen, denk bijvoorbeeld aan een groot aantal zonnepanelen terwijl de afnemer niet thuis is, is het wenselijk om bij te kunnen houden of men teruglevert. De ouderwetse electriciteitsmeter met een draaischijf kan dit bijvoorbeeld. Deze draait gewoon terug en zodoende valt de energierekening veel lager uit. Hier moet men alleen oppassen dat men niet negatief uitkomt in een ideale situatie. Bij een dergelijke situatie had u een nieuwere meter moeten aanschaffen waarbij het terug leveren apart wordt bijgehouden. Deze digitale meters hebben een apart telwerk voor het terugleveren waarmee het precieze kWh getal kan worden vergoed. Bij deze samenwerking valt tevens subsidie voor het produceren van 'groene stroom' aan te vragen, u wordt door de overheid namelijk als een kleine producent behandeld.

Tevens is er de digitale meter zonder terugtelwerk. Deze is bij vele huishoudens geïnstalleerd als vervanging van de oude meter, maar kan niet terugdraaien. Te controle is gekeken welke meter er aanwezig is en hoeveel energie er wordt verbruikt. De resultaten van deze inventarisatie staan in [bijlage C](#). De conclusie van het onderzoek wordt hier getoond.

Conclusie

Met een gemiddelde 19,2 kWh per uur aan energieverbruik zal het vrijwel onmogelijk zijn om meer energie te produceren dan er verbruikt wordt. Er kunnen een aantal aanbevelingen worden gemaakt om het energieverbruik te verlagen, echter met onderdelen als een sauna zal het verbruik hoog blijven. Hierdoor zal er initieel geen vervanging van de meter noodzakelijk zijn en kan de impact op het maatschappelijke niveau eerst worden verlaagd en mogelijk in de toekomst, met vele aanpassingen, een situatie van terugleveren worden bereikt.

Tevens is de afneembare energie bij fitness apparaten zeer laag. De mogelijkheden qua energie zitten in de cardio apparatuur en verdere specialisatie zal zich hierop moeten richten.

Programma van Eisen

Eisen

- Meetbaar/registreerbaar resultaat inspanning sporter
- Op apparatuur (Fitness (nieuw), Cardio en/of Spinning) aansluitbaar
- Ten alle tijden een gemak voor de klant
- Waterdicht electrisch gedeelte
- Naar richtlijn van 50V AC of 120V DC zoals beschreven in bron[26] met uitzondering 220V AC dubbel geïsoleerd.
- In overeenstemming met arbobesluit 3.4[27]
- In overeenstemming met arbobesluit 3.5[28]
- In overeenstemming met Europese Richtlijn betreffende gevaarlijke materialen[32] in electrische apparatuur.
- Veroorzaakt geen storing met hartslagmeters[33]

Wensen

- Makkelijke user interface
- Makkelijk aan te sluiten / verwijderen / i.v.m. onderhoud
- De ex- en concentrische waarden dienen zoveel mogelijk gelijk te blijven

Technische Specificaties

Eisen en Wensen	Gewenst Resultaat	Technische Specificatie	Status
Meetbaar Resultaat	Geheel getal van energie productie	Per Watt	Geldig
Aansluitbaar	Modulair product	70% apparatuur aansluitbaar	Geldig
Gemak voor de klant	Minimale handelingen	Max. 5 handelingen om in te stellen	Geldig
Waterdicht electrisch gedeelte	Geen toename luchtvochtigheid	%	Geldig
Richtlijn[26]	AC of DC Voltage	Max. 50V DC generator Max. 220V AC omvormer	Geldig
Arbobesluit 3.4[27]	-	-	Geldig
Arbobesluit 3.5[28]	-	-	Geldig
Gevaarlijke materialen[32]	Percentage gevaarlijke stoffen	0 %	Geldig
Storing Hartslagmeters[33]	Minimaal magnetisch veld	Magnetische elementen afschermen t.b.v. geleiden veldlijnen.	Geldig
Makkelijke user interface	Begrijpbaar voor alle leeftijden	18 tot 90 jaar.	Geldig
Onderhoud	Toegankelijk voor onderhoud	-	Geldig
Ex- en Concentrische waarden	0% verschil	Max. 5% energie afname bij fitness apparatuur	Vervallen, zie conclusie potentiële energie

Stakeholders

- FysioFit
- Werknemers / Fysiotherapeuten
- Patiënten FysioFit / Sporters FysioFit
- Onderhoudspersoneel
- Energiemaatschappij

FysioFit

FysioFit als bedrijf is de primaire stakeholder. Hun belang is het creëren van een ‘groen’ imago en het uitbreiden van de onderscheidende factoren waarmee FysioFit zich boven de andere fitnesscentra wenst te zetten. Deze factoren bepalen dat FysioFit niet alleen milieubewuster en efficiënter met energie wenst om te gaan, maar simpelweg ook onnodige kosten binnen het bedrijf wenst te verlagen. Des te duurzamer het als bedrijf kan omgaan met de apparatuur en energie, des te meer zij zich kunnen onderscheiden binnen fitnesscentra algemeen.

Werknemers

De werknemers vormen een secundaire groep van stakeholders. Zij zullen direct met de apparatuur worden geconfronteerd en zullen eventuele problemen direct ervaren en dienen op te lossen. De gebruikersvriendelijkheid en mate van simpliciteit voor het oplossen van problemen wordt door deze groep ervaren.

Patiënten en Sporters

De gebruikers die om verscheidende redenen gebruik maken van de diensten van FysioFit zullen direct geconfronteerd worden met de apparatuur en diens gebruikersinterface. Desondanks is het niet aan deze groep om te bepalen hoe het product wordt vormgegeven en zij vallen hierdoor onder de secundaire groep.

Eventuele problemen bij interactie zal bij de gebruikers plaats vinden. De problemen kunnen worden doorgegeven aan de werknemers bij FysioFit, maar initieel zullen deze stakeholders de gebruikende groep van het product zijn.

Onderhoudspersoneel

Het onderhoudspersoneel heeft de belangen liggen bij de simpliciteit van onderhoud. Een gecompliceerd product zal bij technische storing voor ongewenste druk zorgen bij deze groep.

Energiemaatschappij

Waar een ‘groen’ imago wordt aangemoedigd ligt er een grens aan de mate van blijdschap bij het streven naar zelfstandige energieopwekking. De energimaatschappij vormt een tertiaire groep waar het belang voornamelijk ligt om namens het imago dergelijke projecten te ondersteunen, maar tegelijkertijd geen verlies te gaan maken op het niet meer leveren van energie richting klanten. Deze laatste terughoudendheid is terug te vinden in de in Nederland nog steeds in testfase bevindende microwarmtekrachtcentrales[34, 35] waar andere landen[36] dankzij overheidssubsidies in de beginfase van levering zitten.

Functie Analyse

Ieder concept dient de volgende functies op een bepaalde wijze te integreren en volbrengen.

- Het opwekken van energie bruikbaar in de locatie van FysioFit.
- Het tonen van de opgewekte hoeveelheid energie.
- De weerstand is in te stellen.
- Het product past visueel in zijn omgeving.
- Het product is toepasbaar op verschillende apparaten.

De functies kunnen worden beschreven in welke mate er vanuit FysioFit een richting aan is gegeven. Deze richtlijnen geven een mooie indicatie, maar zullen conceptafhankelijk zijn op mate van uitvoering.

‘Het opwekken van energie bruikbaar in de locatie van FysioFit’

De concepten hebben als primaire functie het terugwinnen van energie. De bronnen voor deze energie zijn de gebruikers/sporters die bij FysioFit trainen. De mechanische energie wordt nu grotendeels verspild en het terugwinnen dient om op een hoge mate duurzamer met de locatie en maatschappij te werken.

‘Het tonen van de opgewekte hoeveelheid energie’

Vanuit FysioFit is de eis neergelegd dat de concepten energie terugwinnen vanuit de mechanische arbeid. Hier is direct naast gesteld dat de hoeveelheid gewonnen energie, per gebruiker, is af te lezen om later intern extra programma's op af te kunnen stemmen. Hierbij kan gedacht worden aan een vorm van credit systeem als mede andere vormen van stimulans tot het behalen van een hogere waarde.

‘De weerstand is in te stellen’

Niet elk apparaat is gelijk op het gebruik van zijn weerstand. Om eventueel het product te kunnen omzeilen moet de weerstand in te stellen zijn, dit is ook in het belang van enkele gebruikers die met weinig tot geen weerstand bewegingen dienen te oefenen. Met een variabele weerstand is het product geschikt voor een bredere selectie apparatuur en kan voldoen aan de eis om modulair in te zetten zijn.

‘Het product past visueel in zijn omgeving’

Het product dient te worden vormgegeven zodat het niet opvalt in zijn omgeving. Door deze begrenzing te formuleren kan er zorg worden gedragen dat er een evenwichtige uitstraling in de sportzalen wordt behouden.

‘Het product is toepasbaar op verschillende apparaten’

Het product dient uiteindelijk met kleine aanpassingen op verscheidene apparaten toe te passen zijn. Door niet per product een specifieke oplossing te generen kan met een modulaire oplossing een aansluiting op verschillende apparaten worden gerealiseerd. Hierdoor kan een efficiënt product worden ontwikkeld wat zich geen zorgen hoeft te maken over de overbrenging. Door alleen dit onderdeel aan te passen kan op grotere schaal het ‘complexe’ gedeelte, het terug winnen van de energie en deze gebruiksklaar te maken, worden geproduceerd.

Esthetische beperkingen

De cardio apparatuur in fitnesscentra is op een overeenkomstige wijze vormgegeven. De apparatuur wordt veelal organisch en dynamisch gepresenteerd om de illusie van beweging in een omgeving voort te zetten. De apparatuur is tevens gemakkelijk te onderhouden (schoonmaken en reparaties) en is bovenal met vriendelijke afrondingen veilig tegen lichamelijk letsel. Zo leveren de apparaten een dynamische opstelling waar sporters doelen kunnen bereiken.

Soortgelijk worden de apparaten voor fitness ook specifiek vormgegeven. De apparaten bevatten complexe overbrengingen samen met veel gewichten en oefenarmen die, ondanks de grote verscheidenheid waarmee spiergroepen met de verschillende apparaten moeten worden benaderd, niet intimiderend of onoverzichtelijk overkomen. Met afrondingen en simpele kleurstellingen worden handgrepen duidelijker en overbrengingen vriendelijker gemaakt. De illusie van zachte afgeronde onderdelen samen met stevige en solide constructies versterkt het vertrouwen in de apparatuur waar men op bezig is.

Kleurstelling

De interface van de moderne apparaten varieert van touchscreens tot overzichtelijke schermen met eventueel een klein aantal duidelijke drukknoppen. Alle voorzien van waterbestendige materialen om kortsluiting te voorkomen. De kleurstellingen zijn veelal gelimiteerd om voornamelijk de functie van onderdelen te verklaren en te benadrukken.



Figuur 4 - TechnoGym t.o.v. AFG

Zoals eerder genoemd, zijn onderdelen die een gemeenschappelijke functie hebben ook vaak voorzien van dezelfde kleur. Hiermee wordt het de gebruiker gemakkelijk gemaakt om de interactie met weinig specifieke kennis van het apparaat aan te kunnen gaan. De kleurstellingen zijn veelal niet te fel of aanwezig waarmee een fris en hygiënisch beeld wordt gegeven.

Het gebruik van felle kleuren is voornamelijk voorbehouden aan de gebruikers interface waar relevante en motiverende informatie wordt doorgegeven aan de gebruikers. Door de aandacht te

vestigen op de informatieve onderdelen kunnen de sporters meer hun gedachte houden bij het leveren van de prestatie. Hiermee is ook de concentratie voor de oefeningen ongehinderd en bij sommige zelfs extra benadrukt.



Figuur 5 - Visuele ondersteuning bij TechnoGym

De weergave geeft hierboven aan op welke momenten de sporter zijn tempo dient aan te passen. Deze hulp is op de fitness apparatuur aanwezig en begeleidt de sporter in zijn bewegingen en tempo.

Spinning Fietsen

De apparatuur[4] voor het spinnen verschilt in zijn vormgeving. Deze apparatuur is meer vormgegeven om de illusie van een sportfiets of mountainbike weer te geven. Een sportief stuur en smal frame moet de gedachte stimuleren dat men met de apparatuur ook werkelijk grote afstanden en hoogtes kan bereiken. De kleurstelling is bij een spinning fiets echter meer begrensd. Waar er weliswaar in meerdere kleuren edities beschikbaar zijn, zijn het aantal kleuren vaak tot een tweetal teruggebracht. Dit is voor deze apparatuur echter geen groot probleem daar de sfeer en uitstraling voornamelijk bepaald wordt door de enthousiaste trainer en de groep die deze trainer tracht te volgen. De sfeer van diep en intensief te gaan om de virtuele eindstreep te halen wordt uit de

gehele groep geleverd. De apparatuur brengt echter juist met deze zeer specifieke vormgeving wel een bepaalde uniformiteit met zich mee die snel verbroken kan worden.



Figuur 6 - Spinning fiets 'Body Bike'

Collage

In het kader van de gestelde vormgeving en kleurstellingen is er een collage gemaakt waarmee deze wordt weergegeven. Een product wat in deze omgeving wordt toegevoegd dient zich te kunnen onderscheiden en tegelijkertijd ook wel te passen binnen de gestelde omgeving. Duidelijk zijn de beperkte kleuren te zien binnen de producten.



Figuur 7 - Collage Apparaten

Concepten

Er zijn verschillende richtingen waarmee de kennis van het winnen van energie, zie [bijlage D](#), kan worden toegepast. Vanuit hoofdlijnen zal een steeds meer detaillering worden geschetst om het verloop tot het concept weer te geven.

Conceptrichtingen

Afname weerstand van mechanische energie.

Met een overbrenging wordt de rotatie van het vliegwiel of as en bijbehorende onderdelen overgebracht naar de generator. Met het selecteren van het aantal spoelen dat energie af mag nemen, wordt de weerstand bepaald. Deze keuze is met een schakelaar in te stellen waarmee ieder op een bepaalde weerstand kan trainen.

De generator werkt met een rotor in de vorm van een schijf waarop op het uitstekende profiel sterke permanente magneten zijn geplaatst die tussen de spoelen in de armatuur door worden geroteerd. Met een groot aantal spoelen kan een evenredig en gebalanceerd patroon worden aangehouden zodat op elke weerstand er een gelijkmatige verdeling van spoelen wordt aangehouden.

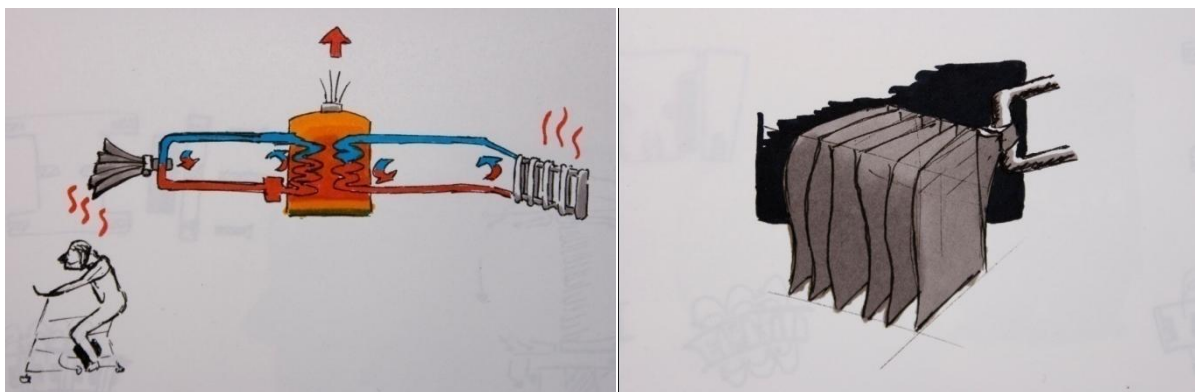
De opgewekte stroom wordt direct weggeleid richting een omvormer die de energie terug het netwerk in stuurt.

Omzetting thermische energie.

De hoeveelheid energie die in de vorm van hitte wordt geproduceerd staat een factor 3 hoger dan de energie die in mechanische vorm wordt uitgevoerd. Zoals eerder verklaart gaan van elke calorie die 4 joules bevat, er 3 in de vorm van hitte naar de omgeving en slechts 1 richting mechanische energie die veelal ook in thermische energie zijn eindbestemming vindt.

De aanwezige hitte wordt met dit concept gewonnen en geconcentreerd. In plaats van koele lucht aan te voeren, wordt op basis van extractie (koelkast principe) de hitte onttrokken. Deze energie wordt vervoerd naar een verzamelpunt waar deze energie benut kan worden. Voorbeelden zijn warm watergebruik en eventuele afvoering naar buiten waar tevens tegen een laag rendement electriciteit terug gewonnen kan worden.[37]

Energiepompen werken op basis van 1 unit energie nodig om 3 units aan energie te verplaatsen. Hierdoor kan er tegen een lage hoeveelheid energie een grote hoeveelheid verplaatst worden. Deze hoeveelheid energie is daarna niet meer nodig om bij het verzamelpunt bijvoorbeeld water te verwarmen en zal de stookkosten verlagen. De eventuele gewonnen energie draagt bij aan het rendement maar zal vanwege het lage rendement geen energiewinst opleveren.



Figuur 8 - Thermische energie benutting

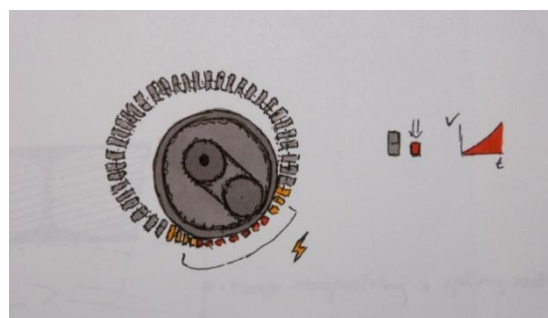
Conceptvorming

Het terugwinnen van energie uit de spinning fietsen aan de hand van een modulaire concept, voor de overige soorten apparatuur, bevat enkele onderdelen die afzonderlijk uitgewerkt moeten worden. Tevens moeten enkele aanpassingen gemaakt worden ten opzichte van het uiteindelijke product in verband met het 'proof of principle' onderdeel voor de uitvoering.

- Overbrenging mechanische energie
- Omzetten mechanische energie naar elektrische energie
- Schakelen tussen afname niveaus
- (tijdelijke) Opslag energie
- Vormgeving concept

Overbrenging mechanische energie

In tegenstelling tot andere producten bevatten spinning fietsen een groot massief vliegwiel waar de energie in wordt opgeslagen en vanaf wordt afgenomen door middel van een remblok. Alhoewel er een as aanwezig is voor het vliegwiel is er weinig aangrijpingsmogelijkheid rondom deze as. Het afnemen van de energie is vanwege de indeling van het product daarom begrensd tot een soortgelijke afname die al wordt gebruikt.



Figuur 9 - Mechanische energie naar Elektrische energie d.m.v. piëzo elementen

Omzetten mechanische energie naar elektrische energie

Het omzetten van de energie kan op enkele wijzen worden uitgevoerd zoals in [bijlage D](#) wordt beschreven. Voor eenvoud is het echter wel interessant om met permanente magneten te werken. Deze magneten zijn namelijk klein, licht en leveren een sterk magnetisch veld waarmee met minder koper energie kan worden overgenomen. Door de compactheid en het gewicht zijn zij gemakkelijk op snelheid te brengen en het kiezen van magneten levert de mogelijkheid om een commutor te omzeilen. Het nadeel is dat een wisselspanning geleverd wordt die omgezet dient te worden naar gelijkspanning. De geleverde wisselspanning bevat een variabele frequentie (afhankelijk van het toerental van de sporter die wisselt tijdens de training) en wisselende spanning. Dit omzetten naar een gelijkspanning waar de spanning en stroom wisselen levert verlies op door de weerstand van de

gelijkrichters, maar levert een vorm van elektrische energie op die met beschikbare elektronische componenten kan worden benut.

Schakelen tussen afname niveaus

Er zijn meerdere mogelijkheden om te schakelen tussen de hoeveelheid weerstand. De energie wordt gewonnen door middel van spoelen en daarna met elektronische componenten verder verwerkt. Om te schakelen kan er gekozen worden tussen het aantal werkende spoelen, de hoeveelheid energie die wordt doorgelaten (zoals een dimmer in een huis) of het beïnvloeden van de mate van overbrenging.

(Tijdelijke) Oplag energie

De energie die geproduceerd wordt dient een bestemming te krijgen. De energie kan opgeslagen worden, doorgestuurd worden richting andere apparatuur of direct gebruikt worden. Aangezien het doel van dit concept is om andere apparaten te voorzien in energie en zo het verbruik in de locatie te verminderen, valt het zelf verbruiken af. Het opslaan en later gebruiken brengt het probleem van opslaan met zich mee, maar het direct doorsturen levert het probleem van kabels en aansluitingen met zich mee. Dit is in het programma van eisen als onwenselijk bestempeld.

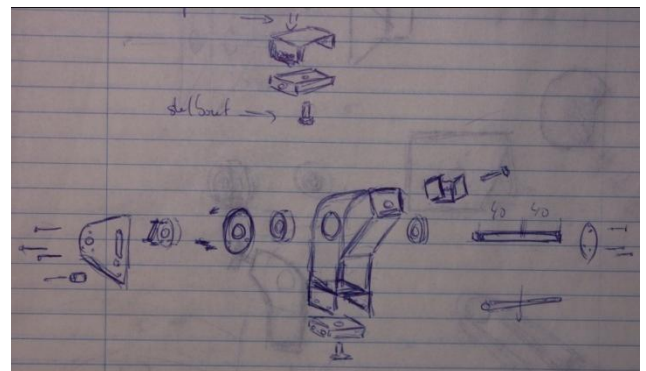
Vormgeving concept

Zoals in het hoofdstuk van Esthetische beperkingen als is besproken, dient het concept vormgegeven te worden dat het compact is, organische en simpel in kleurstelling. Het mag niet de aandacht onnodig vragen en dient op te gaan in de omgeving van afgeronde vormen van de overige producten.

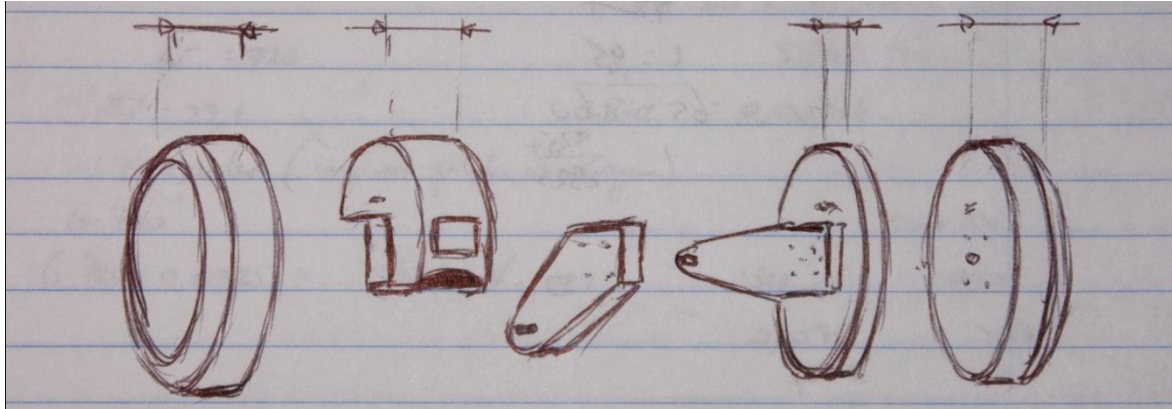
Detailering Onderdelen

Overbrenging

De overbrenging zal per apparaat verschillen, maar biedt bij de spinning fietsen weinig mogelijkheden. Daar dit onderdeel simpel en goedkoop moet zijn, daar deze per apparaat afzonderlijk zal moeten worden ontworpen, is de optie tot een overbrengingswiel die zich tegen het vliegwiel klemt de beste kandidaat. De indeling van het apparaat staat een inklemming tussen het vliegwiel en frame toe waarmee met weinig toevoeging de overbrenging kan worden gerealiseerd.



Figuur 10 - Schets beklemming vliegwiel



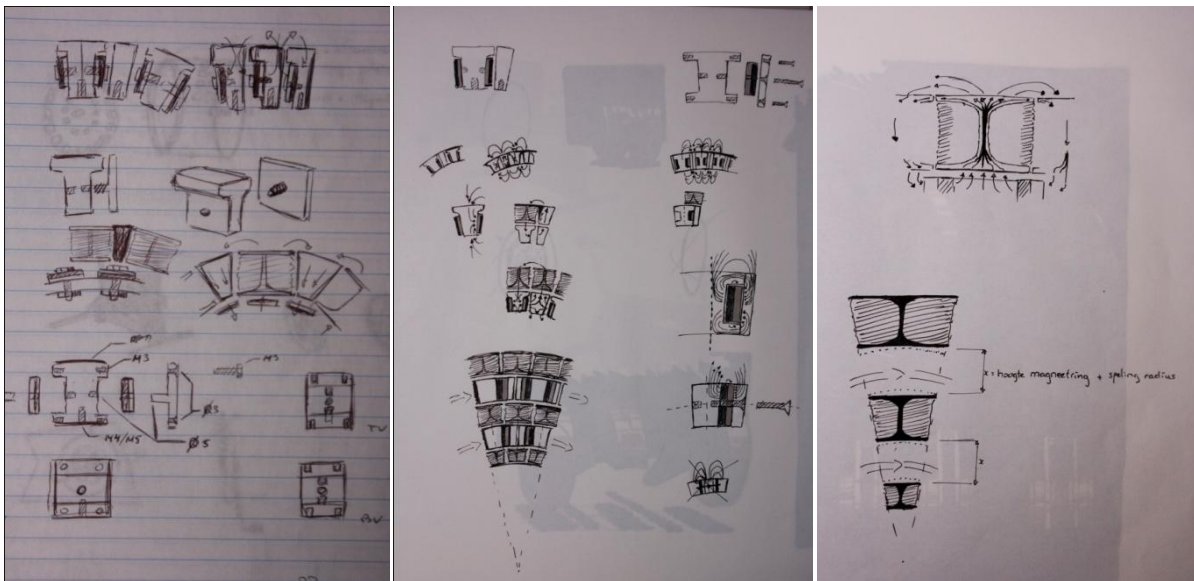
Figuur 11 - Schets modulaire onderdelen met verschillende overbrengingen

Omzetting mechanische energie

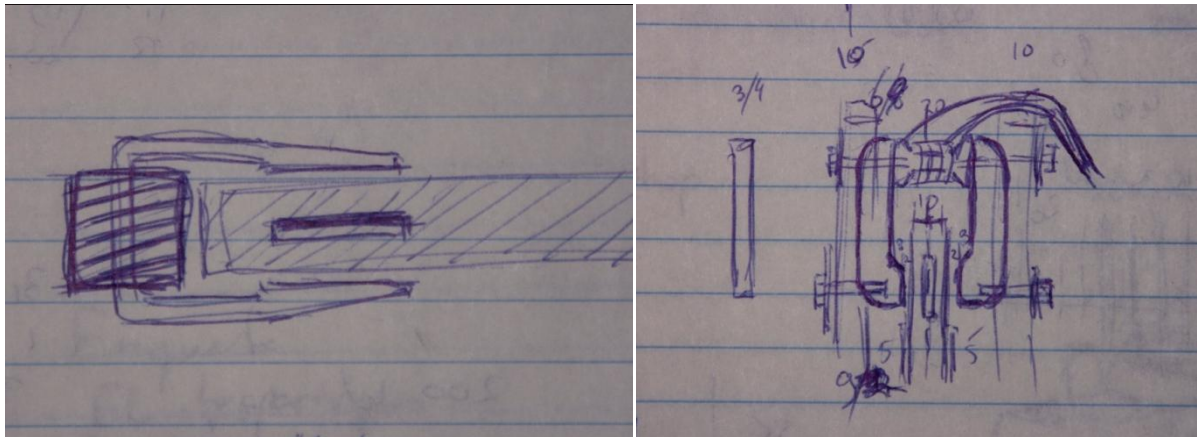
Voor het omzetten is het belangrijk dat een spoel een wisselend magnetisch veld ontvangt. Dit kan door de spoel te roteren binnen een vast magnetisch veld of omgekeerd het magnetische veld te laten roteren en de spoel stationair te laten. Dit laatste is te doen door een wisselend veld door de spoel te laten gaan. Gebaseerd op een lineaire generator kan een set van polen, afwisselend tussen noord en zuid, langs een spoel worden bewogen.

De volgende verschillende indelingen van magneten en spoelen tonen hoe een circulaire constructie van permanente magneten de rotatie uit de overbrenging kan omzetten tot electriciteit.

Het plaatsen van de magneten tussen de spoelen door versterken het veld door de spoelen door. Hiermee kan met een dubbele rij aan magneten een driedubbele rij aan spoelen worden voorzien van een magnetisch veld. De totale breedte is gelimiteerd tot de dikte van de magneten/spoelen die hiermee een zeer compacte vorm aannemen. Het nadeel is de constructie voor de magneten die niet mag vervormen en haaks op een schijf geplaatst dienen te worden.

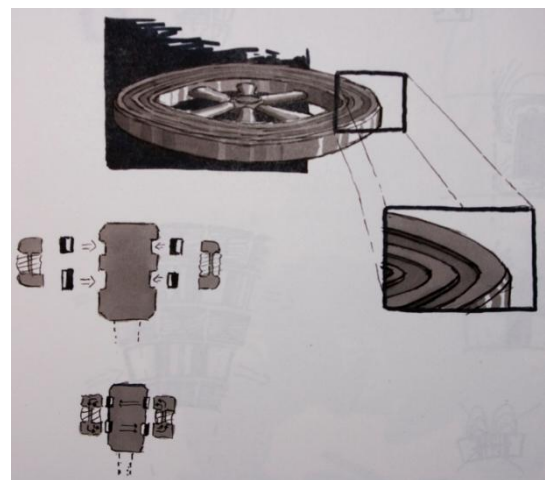


Figuur 12 - Magneetopstelling verticaal



Figuur 13 - Schetsen magneetomklemming

De tegenhanger is het integreren van de magneten in een schijf. Deze schijf kan dan binnen een behuizing roteren en is gemakkelijker te bevestigen, echter hiermee kunnen enkel aan de buitenzijde spoelen worden geplaatst tezamen met magnetische geleiding om de velden door de spoelen te leiden. Een bijkomend voordeel is het lagere aantal magneten en spoelen plus betere toegang tot de spoelen voor onderhoud of vervanging.



Figuur 14 - Schets magneten op een vliegwiel

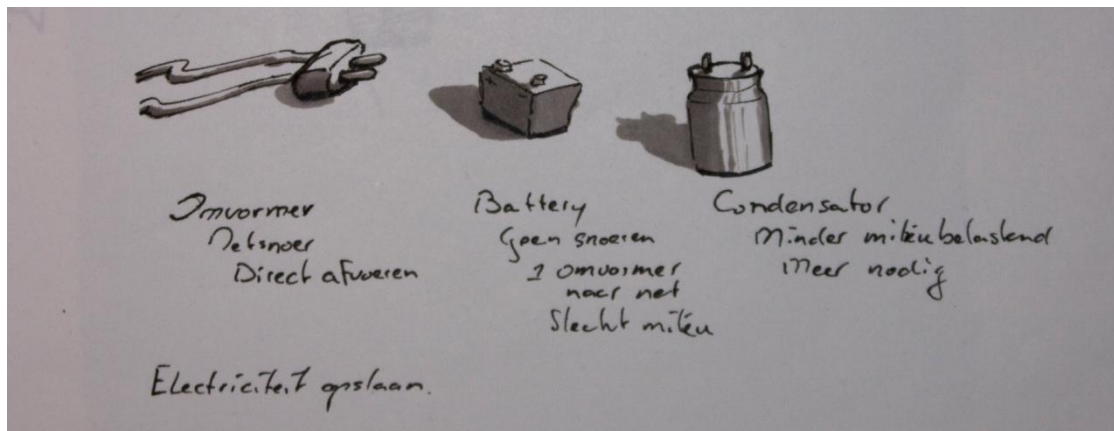
Schakelen tussen niveaus

Voor het schakelen werden drie verschillende richtingen aangegeven. Een dimmer kan op verschillende wijzen werken. Gezien de wens om efficiënt energie om te zetten is enkel de wijze van pulsbreedtemodulatie een mogelijkheid. Hierbij wordt met het aanpassen van de breedte van een blokgolf bepaalt hoeveel energie er wordt doorgelaten. Dit is de enige dimmer die energieverliesvrij werkt daar de overige opties op basis van weerstanden of aansnijding van fasen werken.

De andere mogelijkheid is het fysiek schakelen van het aantal spoelen dat gebruikt wordt om energie over te nemen. Deze uitvoering is minder geavanceerd, maar kan voor 'proof of principle' veel beter aantonen dat er met schakelen verschillende standen te behalen zijn.

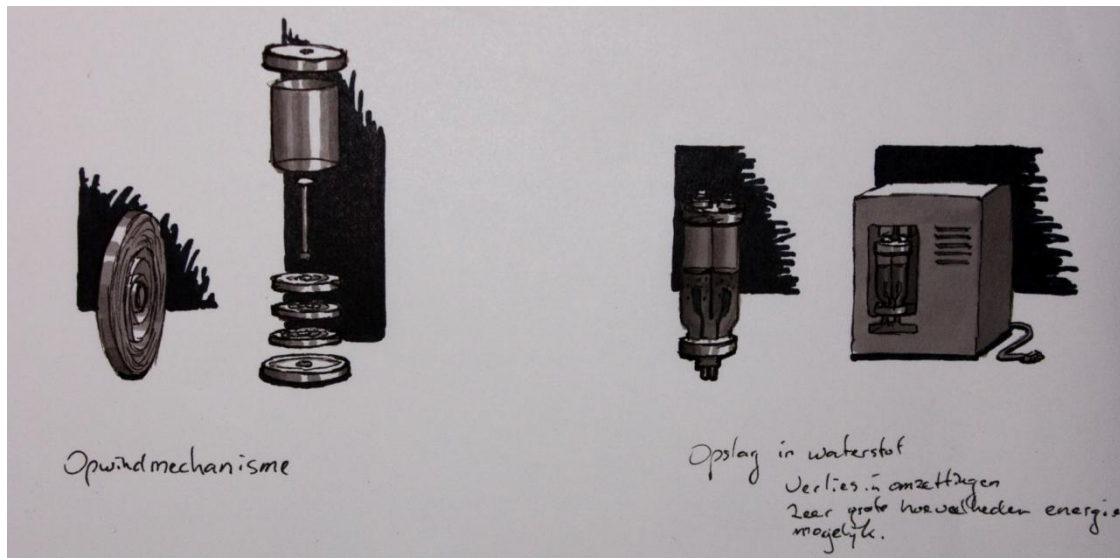
(Tijdelijke) Opslag energie

Het tijdelijk opslaan van de opgewekte energie is een gestelde wens om kabels en snoeren te voorkomen. Deze bekabeling zal enkel overlast en obstakels leveren voor de omgeving waarin zij geplaatst worden. Hiervoor zijn de onderstaande alternatieven beargumenteerd.



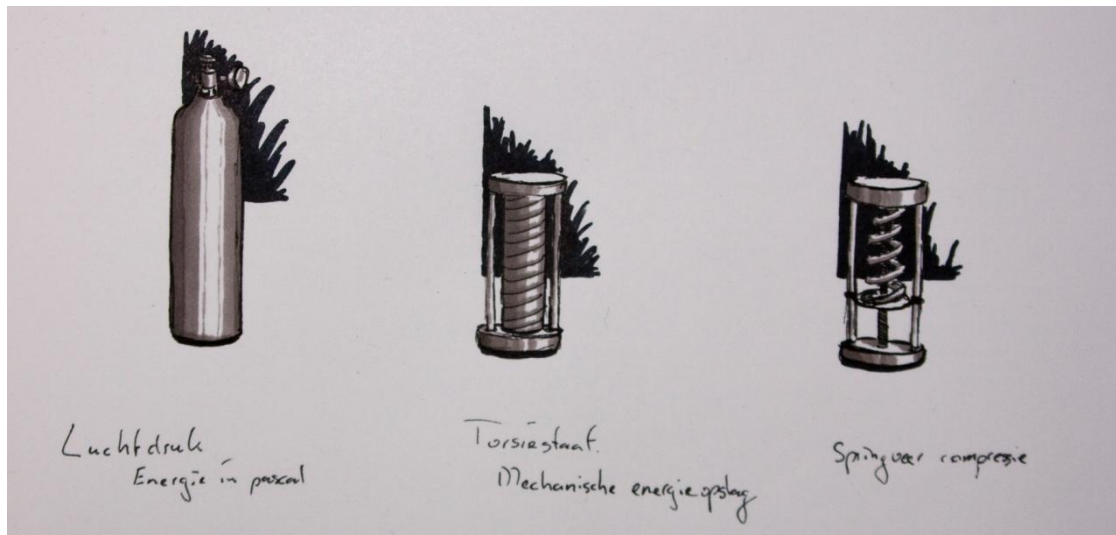
Figuur 15 - Electrische energie opslag

Het opslaan van de energie in batterijen brengt een probleem met zich mee. De batterij(en) moeten gekozen worden op basis van wat er maximaal aan energie door een sporter kan worden geleverd. Veiligheidshalve moet de batterij meer energie kunnen opslaan dan de sporter kan leveren. Hierdoor moet de maximale energieproductie van 400Watt worden genomen voor een uur sporten. Deze hoeveelheid aan energie betekent dat een standaard accu van 12 Volt een ruime 40Ah aan energie kwijt moet kunnen. Dergelijke accu's zijn zeer slecht voor het milieu en brengen een tweede probleem mee. Er zijn zeer weinig accu's die een dergelijk sterke laadstroom kunnen opnemen gezien de korte periode. Het bijkomende gevaar is oververhitting, smelten van de anoden, gasvorming en bij sommige typen zelfs explosiegevaar. Het gebruik van meerdere accu's is een mogelijkheid, waarmee de laadstroom verdeeld wordt, maar brengt een fors gewicht met zich mee. In de nabije toekomst zou dankzij nieuwe ontwikkelingen[38] wel gekeken kunnen worden naar een batterij als tijdelijke opslag, maar de huidige prijs van dergelijke onderdelen maken het een ongeliefde keuze.



Figuur 16 – Mechanische en Pneumatische (waterstofgas) opslag

De tegenhanger, waterstofgas, is een mogelijkheid afhankelijk van een paar variabelen. Waterstofgas kan geproduceerd worden door water te scheiden door middel van electrolyse, een proces waarbij electriciteit moleculen scheidt. Het kost ongeveer 4,8 kWh om een kubieke meter waterstofgas[39] te produceren. Het nadeel aan waterstof is zijn vluchtigheid waarmee het moeilijk langdurig kan worden opgeslagen. De prijs van waterstof is echter zonder aanschaf van dure installaties daarin tegen beduidend aantrekkelijker. Het hergebruiken van de elektrische energie binnen het gebouw zal enkel een besparende functie kunnen bedienen waarmee nog geen 20 cent per kWh kan worden bespaard. Daar voor een 5 kWh een kubieke meter waterstofgas kan worden geleverd, moet de prijs van het waterstofgas hoger zijn dan die van de energie. Met lage prijzen voor waterstofgas, mits een grote installatie wordt aanschaf, van een € 1,41[39] wordt deze vorm van productie interessant. De kleinere installatie die per gebruiker moet worden gemaakt, is in verhouding beduidend goedkoper doordat er een veel lagere productie is gewenst. De productie is gelimiteerd tot wat er aan energie wordt geleverd en niet door wat er aan waterstofgas is gewenst. Door de vluchtigheid is het echter van belang om deze vorm van energieopslag voor de omgeving te gebruiken aangezien waterstofgas geurloos is. De sterke visuele benadrukking van een groene energiebron en de directe vertoning van waar de energie van de sporter voor dient, kunnen niet opwegen tegen het direct terugleiden van de elektrische energie in het netwerk. Ondanks grote vooruitgang op het gebied van opslag van waterstof met vrijwel geen lekkage en lage druk blijft het een niet risicoloze keuze.



Figuur 17 - Pneumatische (buitenlucht) en Mechanische opslag

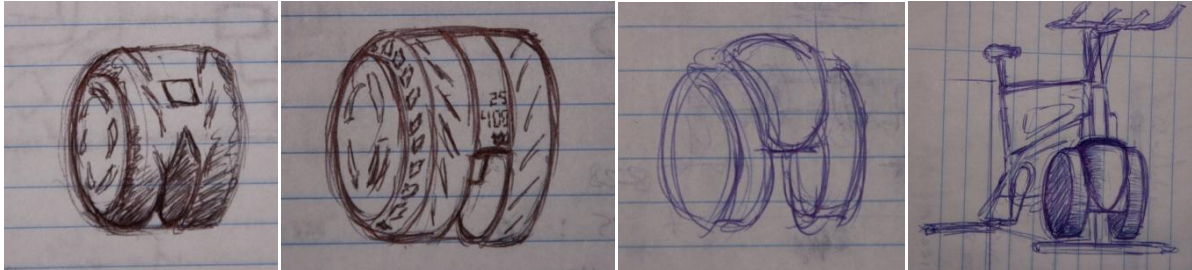
Het opslaan van de energie in een mechanische vorm zou in de vorm van een set constante veren kunnen plaats vinden. Alhoewel een op maat gemaakte set voor de hoeveelheid energie niet beschikbaar is, kunnen meerdere veren samengesteld worden om de energie op te slaan. De energie zal zich voornamelijk behouden in de eigenschappen van het metaal, maar een klein verlies in de vorm van hitte en wrijving zal onvermijdelijk zijn. Het grote gevaar echter is dat indien de behuizing het begeeft er een vrij grote hoeveelheid energie vrij zal komen in een zeer kort tijdsbestek. Waar een batterij het zal begeven in enkele seconden gepaard met duidelijke signalen en een waterstoflek vroegtijdig door gassensoren kan worden gedetecteerd, is het vrijkomen van de mechanische energie uit de veer niet te stoppen en met directe gevaren. De batterij, mits Lithium-ion, kan ontploffen na duidelijke signalen in de vorm van donkere rook en het waterstofgas heeft een ontstekingsbron nodig om gevaarlijk te worden, de veer kan spontaan losspringen en met hoge energie een (gedeelte) afschieten.

In alle gevallen zitten er gevaren en onwenselijke kanten aan het verhaal. Buiten de individuele gevaren, zijn ook de rendementen een invloed. Het opslaan van de energie in batterijen gaat met een 80 tot 90% maximale efficiëntie gepaard. Echter het ontladen verliest wederom efficiëntie. Hetzelfde geldt voor waterstofgas waarbij deze waarden nog lager liggen. Een kleine 66% voor het maken en een 70% voor eventuele terugwinning maken deze optie voor tijdelijke opslag nog minder efficiënt. De veer is echter geheel onbekend daar enkel mechanische weerstand, normaal een efficiëntie van rond de 90 a 95%, in overbrengingen wordt meegenomen. In het meest positieve geval zal de veer gelijk of beter presteren dan de batterij voor lage energiehoeveelheden. De huidige hoeveelheid aan energie is een grensgeval voor de efficiëntie. Waar batterijen net te groot moeten zijn en veren in net te grote aantallen gekoppeld moeten worden, is het waterstofgas die juist meer energie nodig zou hebben om aan interessante volumes te komen.

Om deze redenen is het niet wenselijk om de energie tijdelijk op te slaan. De aanbeveling is om de energie direct te benutten en richting de overige apparatuur te leiden.

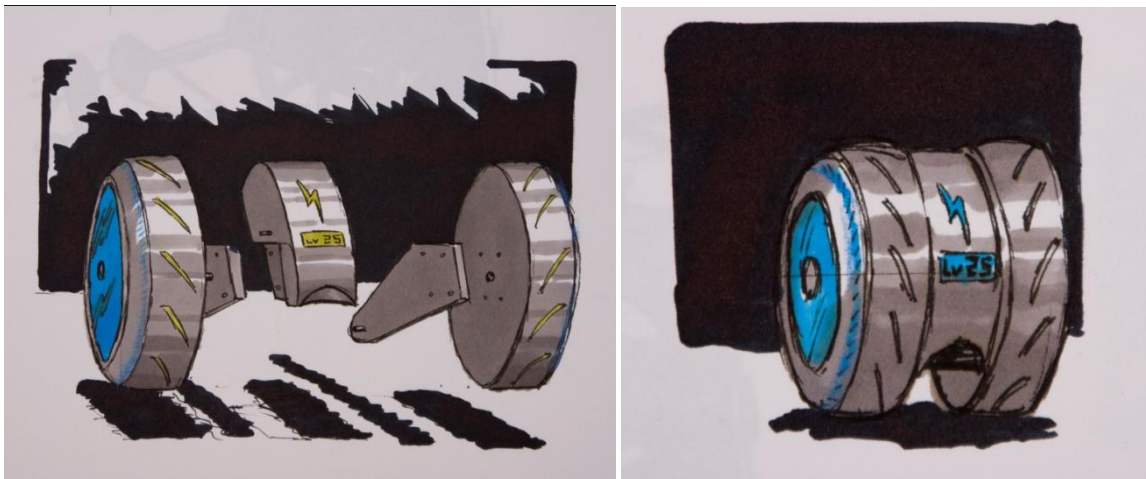
Vormgeving Concept

Het product is bedoeld om op te gaan in zijn omgeving zoals eerder genoemd, het spelen met afgeronde vormen en uitstralingen is daarom binnen de perken van de gelegde grenzen uit de collage getracht.

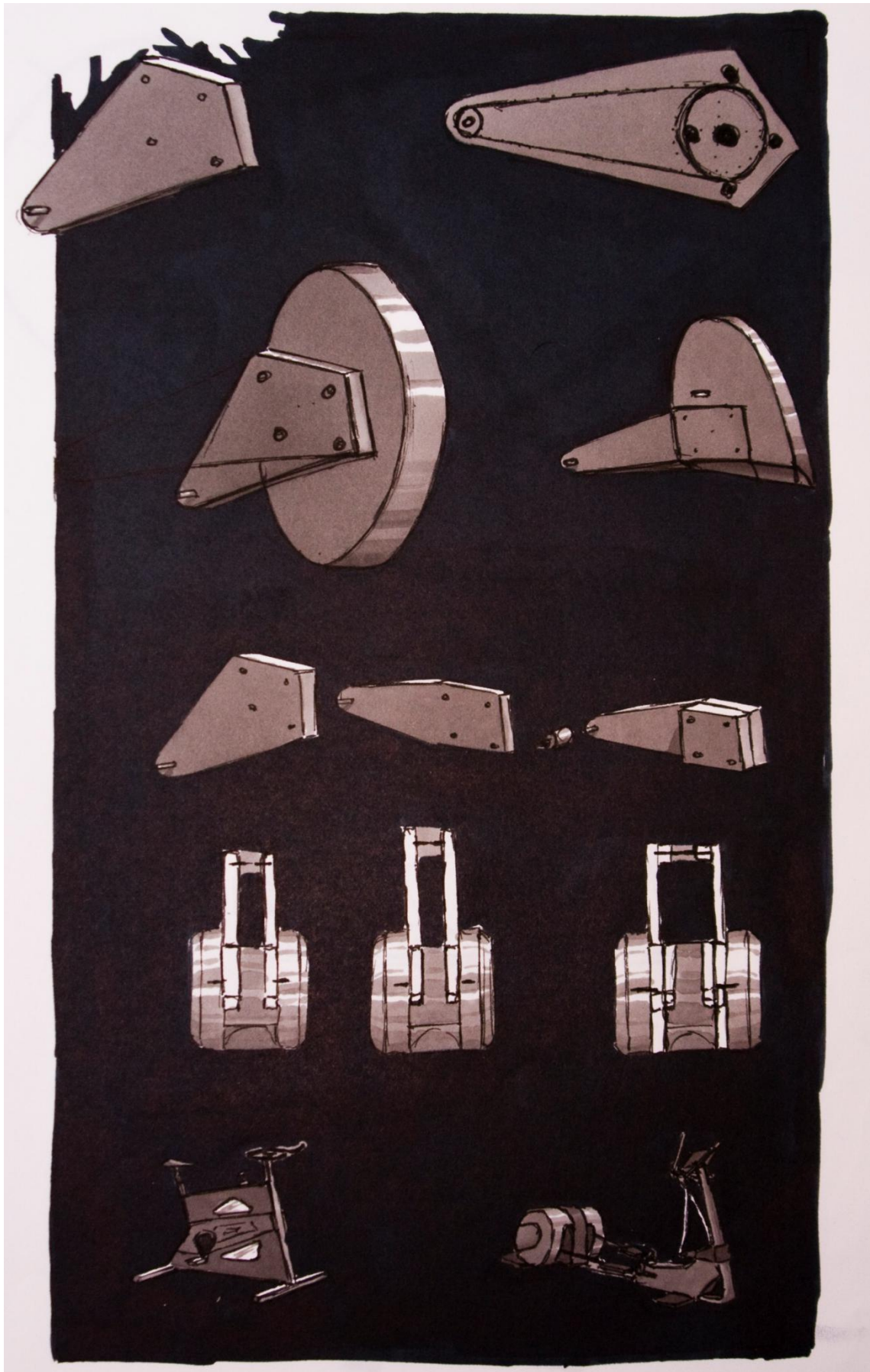


Figuur 18 - Verloop vormen

Enkele vormen spraken meer aan dan de andere en vormden meer een gebalanceerd geheel met de omgeving. De impressie van een wiel voor aan een fiets was gewenst, maar gezien de breedte moest er opgepast worden dat er niet een te massief product voorop werd geplaatst.



Figuur 19 – Exploded en Compact vroege vormgeving



Figuur 20 - Illustratief meerdere overbreningen voor verschillende apparaten

Analyse

Uit de concepten kwamen 3 verschillende richtingen naar voren waarbij twee op een eerder moment al een grotere mate van haalbaarheid toonden, voor de analyse is de derde toch meegenomen in zowel Break-Even en SWOT-analyse.

Break-Even Analyse

Voor de Break-Even analyse is gekozen om enkel de concepten op het gebied van mechanische energie uit te werken. De thermische energie variant wordt nog bij de SWOT-analyse besproken, maar valt vanwege zijn aard als product af binnen deze opdracht.

Waterstof

Het gemeentelijke vervoersbedrijf(GVB) in Amsterdam is hard bezig met een voorbeeld te maken voor een lagere uitstoot in zijn omgeving. Met een grote investering hebben zij nu 3 bussen op waterstof lopen. 1 m³ waterstof kost bij de het GVB € 1,41 met afschrijvingen over 5 jaar met een investering van € 750.000 euro[39]. Hierbij wordt er 120kg waterstof per dag geproduceerd om 3 bussen op te laten rijden. Per kilogram kan een personenauto[40] een 100 kilometer rijden, maar een bus verbruikt aanzienlijk meer. Omgerekend is het handiger om in kilogram waterstof te praten, waarmee een kilogram waterstof bij het GVB een kleine € 15,79 kost. Ondanks de dure installatie is deze prijs beduidend lager dan de € 3,30¹ per liter waterstofgas die vanuit Duitsland is te bestellen[41] voor in laboratoria. Van de laatste is het echter wel dat deze van hoge zuiverheid is om te kunnen werken in de apparatuur. De apparatuur hiervoor is zeer duur en de garantie dat het wordt afgenomen is zonder certificering niet aanwezig.

Alhoewel het productieniveau van het GVB niet te evenaren is, is er meer geld te winnen dan er met pure electriciteit valt terug te winnen. Per les en geschatte opbrengst energie is er op die waarde € 0,42 te verdienen waar de pure kilowatt uren slechts een € 0,24 aan kosten weten te reduceren. Terug sprekend in kilogrammen, levert 1 enkele les een 26 gram aan waterstof op waarmee er slechts 2,6 km kan worden gereden. Echter, voor een bedrijfsvoertuig binnen de stad Enschede zou dit wel het eerste voertuig zijn wat rijdt op energie waarbij geen extra CO₂ uitstoot is gegenereerd! De sporters aanwezig bij de les leveren geen extra uitstoot ten opzichte van een normale les en deze energie toepassen in het verkeer is een van de meest zichtbare duurzame projecten mogelijk.

De kosten zitten echter in een voertuig wat op waterstof kan rijden en de installatie om de waterstof te comprimeren dat deze in het voertuig kan worden gebruikt, echter is door Honda de FCX Clarity al gelanceerd in Californië waarmee de eerste stap al is gezet.

Electriciteit

Door de energie direct via een omvormer in het net te zetten kan de opgewekte energie met een minimaal verlies qua rendement worden toegepast. De geschatte energie, anderzijds gebruikt voor de productie van waterstof, komt per les op een gemiddelde uit van een 1,6 kWh per 10 deelnemers. Hierbij is het verlies dooromzetting en opslag vele malen lager aangezien de omvormers met een rendement van boven de 90% kunnen werken. Een ruime 1,5 kWh kan gemiddeld worden teruggewonnen per les. De bijkomende besparing is te berekenen op basis van de electriciteitskosten die worden uitgespaard door de energie direct te gebruiken. Vanwege het hoge verbruik van de locatie moet een lager tarief worden geselecteerd aangezien deze besparing nog niet de 'dure' kWh

¹ 1 liter waterstof in vloeibare staat, weegt 0,8988 kg

kan opvangen. De basis kosten in het piektarief zijn 12,99 cent per kWh en de belasting over deze hoge verbruiksgroep ligt op 1,26 cent waarmee een kWh voor 14,25 cent aan besparing levert.

De besparing ligt daarom op een 24 cent per les, maar er dient minder apparatuur te worden aangeschaft in vergelijking tot het gebruik van waterstof en het is direct toepasbaar.

Break-Even Point

De geleverde besparingen dienen uiteindelijk niet alleen een milieuvriendelijkere samenleving te leveren, maar tevens kostendekkend te worden. Dit zal binnen een periode van een paar jaar al vruchten moeten afleveren aangezien er buiten een levensduur op de apparatuur ook een voordeel voor de onderneming aan dient te zitten.

De onderneming levert 6 lessen per week en er kan een schatting op basis van 50 weken per jaar worden berekend. Hiermee worden 300 lessen op jaarbasis geleverd die bijdragen aan de besparingen. Hieronder staan de jaren en de kostprijzen per product naast de break-even points.

De gekozen kosten voor de bijbehorende waterstofapparatuur is zonder auto gekozen aangezien in theorie er ook aan buitenstaanders kan worden geleverd. Voor het leveren van zuiver waterstofgas is een zuiveringsstation nodig waarna het gas opgeslagen kan worden. Voor de opslag is geen compressor nodig aangezien deze op lagere druk werkt dan waarin het waterstof wordt gemaakt. De kosten van deze apparatuur variëren vanaf € 5000 euro voor een zuiveringsstation tot vele malen groter, afhankelijk van de mate van doorvoer. Gezien de grote mate van waarde die er bij gezuiverd waterstof komt kijken, kan enkel geschat worden dat de apparatuur (prijzen werden vooralsnog niet vrijgegeven) zichzelf pas na een paar jaar terug verdienen en vrij hoog moeten zijn, tenslotte moet er een reden zijn dat we niet op elke hoek dit uitvoeren. Voor het gebruik als brandstof hoeft minder apparatuur te worden aangeschaft en kan een enkel opslagtank worden gebruikt.

Type	Installatie	Per les	Opbrengsten per product zonder investering na X jaren				
			1	2	3	4	5
H2 99,99% zuivering en opslag	€ 100.000	€ 977	€ 29.336	€ 58.673	€88.010	€ 117.346	€ 146.683
H2 als brandstof	€ 2500	€ 0.42	€ 12,60	€ 25,20	€ 37,80	€ 50,40	€ 63,00
kWh	€ 1256,90	€ 0.24	€ 7,13	€ 14,25	€ 21,38	€ 28,50	€ 35,63

De gewekte besparingen vallen zoals te zien vrij laag uit en zijn gebaseerd op een energieproductie van 200 Watt gemiddeld over een 50 minuten les. De gewonnen kosten zijn vrij laag tenzij er diep geïnvesteerd kan worden om gezuiverd waterstof te leveren. Het gebruik van de energie zal een veel grotere imago rol moeten bedienen om voordelen uit de apparatuur te halen.

Als voorbeeld kan er met een les genoeg waterstof worden gecreëerd om 2,6 km afstand af te leggen. Dit betekent een 795 km op jaarbasis wat er nu aan energie wordt verspild. Een alternatief is natuurlijk meer lessen te laten plaatsvinden of het aantal deelnemers te verhogen.

Uiteindelijk blijkt er qua Break Even Point slechts weinig over buiten een langere termijn te nemen dan 5 jaar of te richten op voornamelijk imago en de kosten hierover af te schrijven.

Lange Termijn Break-Even Point

Indien we een periode gaan nemen van 5 jaar of meer tezamen met het verwerpen van investeringen richting de tienduizenden euro's blijven er slechts 2 opties over. Het gebruik van waterstof als brandstof en het direct gebruiken van de opgewekte energie. Deze twee mogelijkheden kunnen nog iets geoptimaliseerd worden om de kosten te verminderen zoals het gebruik van een enkele omvormer voor alle producten, maar de grootste winst is te behalen in de onzekerheid van de energieprijzen.

Type	Prijs per	€ per les	Installatie	5 jaar	10 jaar	20 jaar
Waterstof	€ 1,41 / m ³	€ 0,42	€ 2500	-€ 187,05	-€ 124,11	€ 1,79
kWh	€ 0,1425 / kWh	€ 0,24	€ 1256,90[42]	-€ 90,07	-€ 54,44	€ 16,81

Hierbij worden echter de volgende aannames gemaakt:

- 300 lessen per jaar
- Energieprijs en Waterstofprijs blijven stabiel
- Kosten product zijn **niet** meegenomen
- Prijs is besparing per product op basis van 10 producten en 1 installatie

Indien we uitgaan van de stijgende lijn van de kosten van kWh-en zoals deze de afgelopen jaren heeft gedaan en de tevens dalende lijn in waterstof kan er geschat worden dat de toekomst voor waterstof minder zeker is. Hieraan toevoegend dat bij meer lessen per week het break even point, inclusief kosten product, eerder komt te liggen. Bij een verdubbeling aan lessen (600 lessen per jaar) is in onderstaande tabel de volgende besparing te halen.

Type	Prijs per	€ per les	Installatie	10 jaar	15 jaar	20 jaar
Waterstof	€ 1,41 / m ³	€ 0,42	€ 2500	€ 1,79	€ 127,68	€ 253,57
kWh	€ 0,1425 / kWh	€ 0,24	€ 1256,90[42]	€ 16,81	€ 88,06	€ 159,31

Hierbij is waardevermindering in de valuta niet meegenomen noch de stijging in energieprijzen. Door de schommelende prijzen van energieprijzen en variërende prognoses is een realistische schatting slecht te maken. Waar een prognose van 2%[43] per jaar net niet de rentestijging compenseert, kan een 7.3%[44] per jaar² gebaseerd op de historische stijging onderstaande situatie opleveren.

Prognose	Stijging	Installatie	5 jaar	10 jaar	15 jaar
Meewind	2%	€ 1256,90[42]	€ 66,92-	€ 5,45	€ 93,60
Historisch CBS	7,3%	€ 1256,90[42]	€ 54,91-	€ 58,65	€ 234,41

Hierbij is ook een aanpassing van 2% meegenomen voor de aanschaf van de installatie, waarmee na iets meer dan 10 jaar het product zichzelf kan terugverdienen bij 12 lessen per week en een ruime toename in de energieprijzen, zie ook [Bijlage E](#).

² 176% prijsstijging over 9 jaar is een 7,3% per jaar

SWOT-Analyse

In een SWOT analyse, afgekort voor het Engelse Strong Weak Opportunities Threads analysis, worden de verschillende eigenschappen tegen elkaar uitgezet. Hiermee wordt overzichtelijk gemaakt welke problemen er naar voren komen en kan sneller een keuze worden gemaakt over welk concept het beste compromis maakt. De gegeven voor- en nadelen zijn ten opzichte van elkaar neergezet om het verschil te benadrukken. Indien het merendeel een voor- of nadeel deelt, wordt dit verschil bij de andere voor contrast genoemd.

Concept 1: H₂V (waterstof voor voertuigen)

Strong - Waterstof is een sterke energiedrager - Voertuigen kunnen zonder uitstoot worden aangedreven - Waterstof kan verkocht worden - Visuele benadrukking van de energie die geleverd wordt door de sporters - Modulair als concept op andere apparatuur toepasbaar	Weak - Lage hoeveelheid waterstof productie - Dure opslag voor de veiligheid - Veel handelingen om de waterstof per product te verzamelen - Waterstof moet verzameld worden
Opportunities - Eerste groene producent die geen extra CO₂ uitstoot veroorzaakt bij de aanmaak van waterstof - Marketing in de omgeving met het voertuig	Threads - Waterstof is brandgevaarlijk - Waterstof is geurloos - Waterstof brandt zonder kleur

Concept 2: E⁴U (electriciteit voor jou)

Strong - Directe toepassing energie - Hoog rendement op de energie - Geen additionele installaties nodig - Modulair als concept op andere apparatuur toepasbaar	Weak - Prijs netleverancier zet het break even point ver in de toekomst - Aansluitkabels per fiets - Veel electronicacomponenten
Opportunities - Bij genoeg deelnemers en hoge inspanning is het geschatte break even point snel dichterbij te halen - Stijgende energieprijzen kan in korte tijd het product in absolute getallen snel voordeliger maken	Threads - Meer onderdelen die het risico leveren op electrocutie of elektrische brand

Concept 3: Heat Exchange

Strong - Alle energie van de sporters wordt aangesproken (mechanisch is slechts ¼) - Geen obstructies voor de omgeving - Esthetische aan te passen naar wens - Functioneert als airconditioner maar dient ter energiebesparing	Weak - Statisch product - Infrastructuur noodzakelijk - Geen directe visuele resultaten - Dure componenten benodigd voor elektrische opbrengsten - Enkel als een geheel systeem aan te leggen
Opportunities - Gehele locatie kan zijn energie herverdelen - Zeer hoge rendementen op energieverbruik mogelijk	Threads - Afhankelijkheid onderlinge systemen levert hoge noodzaak terugvalsysteem nodig om algehele uitval te voorkomen

Concept 4: H₂100% (zuivere waterstof)

Strong - Break Even Point - Hoge economische waarde per kg. waterstof - Vervanging van aardgasproductie van zuiver waterstof	Weak - Hoge kosten installatie - Geen garantie afname door specialisten - Kleine vraag op de markt - Veel handelingen om de waterstof per product te verzamelen - Waterstof moet verzameld en verwerkt worden - Geen duurzaam concept
Opportunities - Met verplaatsing Break Even Point mogelijkheid tot marktleider met lagere prijzen (lagere afschrijving installatie)	Threads - Waterstof is brandgevaarlijk - Waterstof is geurloos - Waterstof brandt zonder kleur

Keuze Vervolgrichting

Vanwege de lagere efficiëntie van het waterstof en de hogere aanschafkosten wordt de uitwerking gericht op het ontwikkelen van een product dat zijn energie in elektrische vorm direct zal terug leveren. Hiermee wordt de wens betreffende geen kabels niet gehaald, maar worden zware accu's en wederom lagere efficiëntie vermeden. Hiermee is een haalbaar Break-Even point in zicht en kan binnen schappelijke kosten gewerkt worden richting een implementatie van het uiteindelijke concept. Een richtlijn voor de kosten van het product komt tevens naar voren uit de analyse.

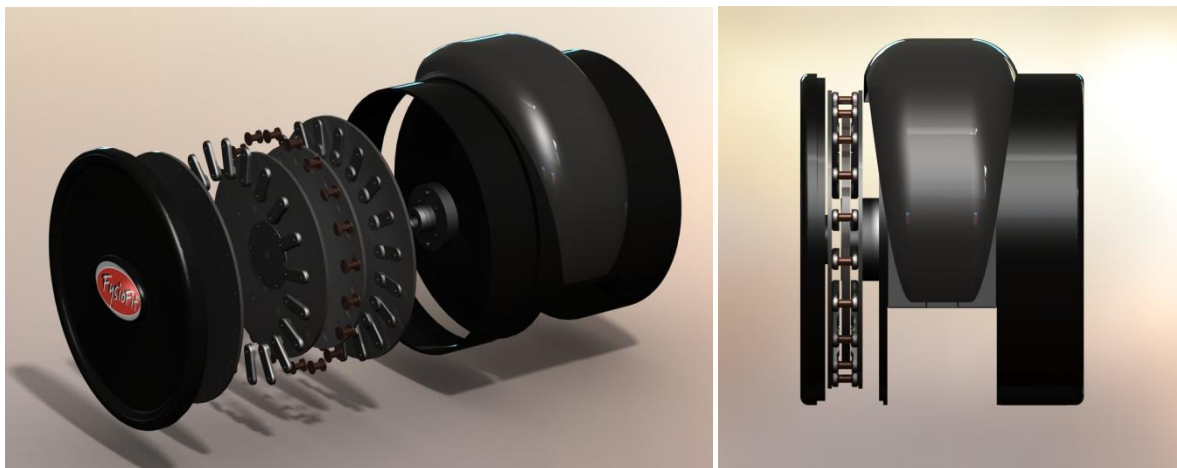
Concept 3D

Het gekozen concept is uitgewerkt in SolidWorks waarvan enkele onderdelen zijn gekozen om te testen in een 'proof of principle'-prototype. Het 3D model is te vinden op de bijgeleverde CD in [bijlage F](#).



Figuur 21 - Render Compact

Het concept bestaat uit drie onderdelen die ieder afzonderlijk zijn toe te passen. Het centrale onderdeel bevat ruimte voor de electronica en biedt ruimte voor de ophanging en koppeling met de overbrenging. Met een gedeeltelijke transparante kap kunnen additionele waarschuwingslichten of informatie worden getoond die daarmee niet direct storend en aanwezig zijn.



Figuur 22 - Exploded View Generator

De generators worden van opzij opgehangen aan het centrale gedeelte en zullen met een enkele aansluiting op de ophanging en aankoppeling van de electronica simpel te vervangen zijn als mede in massa te produceren. Hiermee kunnen problemen buiten de gebruikszone worden opgelost en wordt de overlast naar gebruikers geminimaliseerd.



Figuur 23 - Illustratie met Spinning fiets

De overbrenging is verschillend per gewenst apparaat waarop het concept moet worden aangesloten.

De energie die wordt opgewekt en vanuit de electronica in het centrale deel stabiel wordt geleverd gaat richting een enkele netgekoppelde voeding. Deze levert, net zoals bij zonnepanelen, de energie in het lichtnet waarmee het verbruik bij de meter zal afnemen. Hiermee kan de energie meteen op de locatie worden toegepast.

Prototype

Daar het prototype dient ter bevestiging van bepaalde keuzes worden aan de hand van de functieanalyse onderdelen getest. Uit de functieanalyse komen de volgende functies terug:

- Het opwekken van energie bruikbaar in de locatie van FysioFit.
- Het tonen van de opgewekte hoeveelheid energie.
- De weerstand is in te stellen.
- Het product past visueel in zijn omgeving.
- Het product is toepasbaar op verschillende apparaten.

De eerste drie functies van deze lijst kunnen met een technische prototype worden getest, waar de vierde enkel door goedkeuring door de opdrachtgever kan worden behaald. De laatste functie is alleen met een volledig prototype inclusief meerdere modulaire aansluitingen te testen.

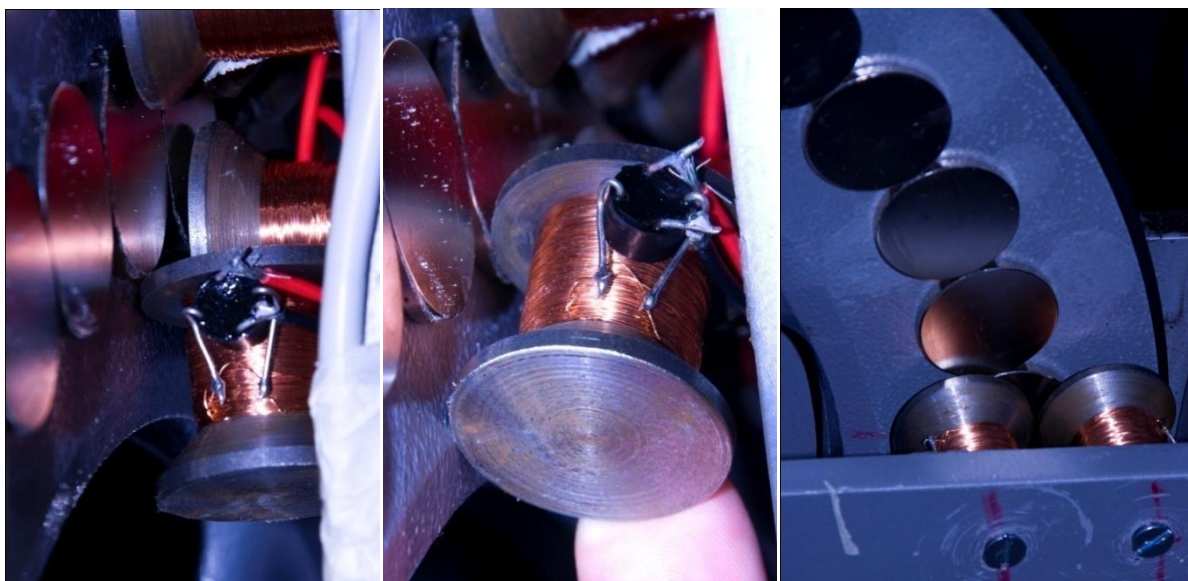
Uitvoering

Voor de uitwerking is er geen volledig prototype gebouwd. Vanwege het aantal onderdelen en de benodigde tijd werd vanuit de werkplaats geadviseerd om een gereduceerde versie te testen. Deze aanbeveling bleek zeer waardevol gezien enkele complicaties die uit de tests terug kwamen.

De gebruikte onderdelen zijn als volgt:

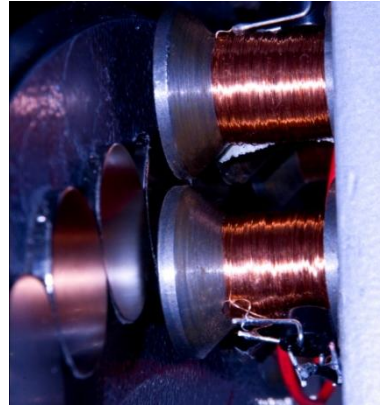
- Rond 30 x 3 mm N45 Nickel magneten[45]
- Gelijkrichter B500C1500R[46]
- Diode 1N4007[47]
- Emailleerd koperdraad 0,2 mm²[48]
- Draaischakelaar 1 – 12 standen
- Steca Solsum 6.6F[49]

Het prototype is aangepast om op een bestaande spinning fiets een gedeelte van het prototype te integreren. Hierbij werden de magneten direct op het vliegwiel geplaatst en enkelzijdig langs het vliegwiel een zestal aangepaste spoelen geplaatst. De spoelen waren zo vormgegeven dat ze maximaal de magnetische velden konden opnemen en door de spoel heen leiden. Dankzij de geleidende constructie van de spinning fiets worden deze velden via een andere spoel naar een andere magneet geleidt.



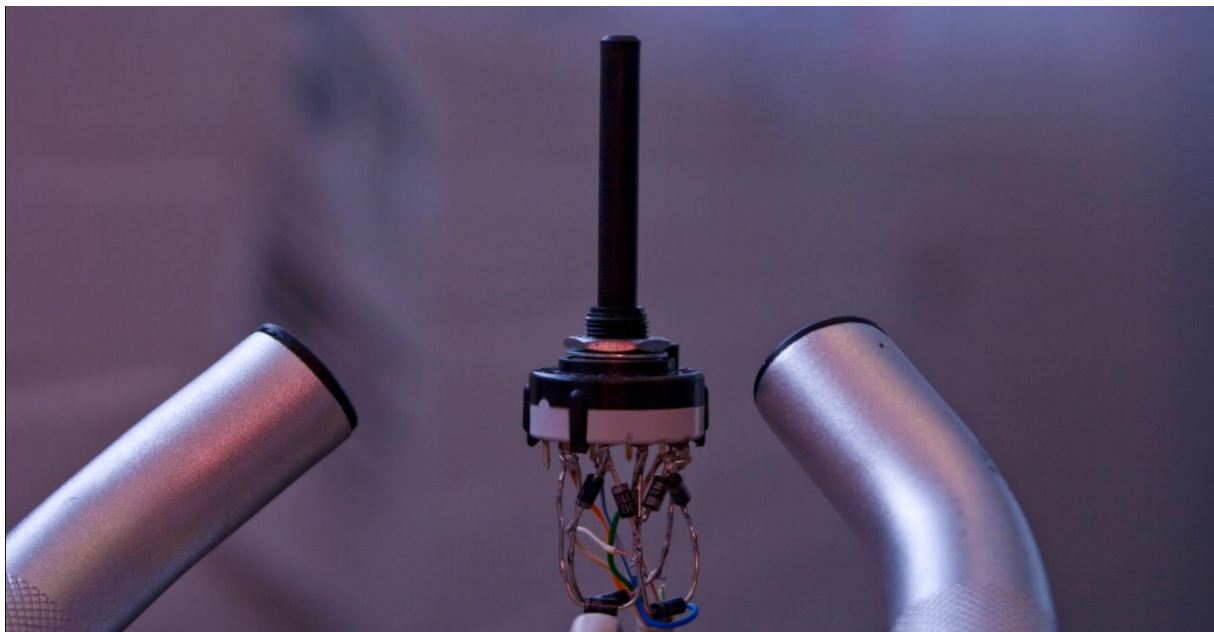
Figuur 24 - Spoelen en magneten

Deze aangepaste spoelen zijn in verband met de missende overbrenging en bijbehorende ratio aangepast betreffende het koperdraad. Aan de hand van de verwachte spanningen en stroomsterktes bij de te verwachten toerentallen, is er een aangepaste dikte koperdraad gekozen om een gewenst aantal wikkelingen te realiseren die genoeg voltage zouden leveren.



Figuur 25 - Spoel zijwaarts ter illustratie aangepaste vorm

De geleverde energie komt na de rectificatie naar gelijkspanning door de gelijkrichter in wisselende spanningen en stroomsterktes uit deze spoelen en worden met een fysieke schakeling geregeld. Deze schakeling is met 1N4007 diodes gemaakt waarmee bij elke stap hoger op de draaischakelaar de vorige stap nog steeds werkt. Dankzij de eenrichtingsgeleiding van de diodes kan er wel naar de volgende stap energie worden doorgelaten, maar nooit terug.



Figuur 26 - Schakelaar met zichtbare diodes

De energie die uiteindelijk door de schakelaar wordt doorgelaten wordt richting een batterijlader voor zonnepanelen geleid. Deze Steca Solsum 6.6F is een kleine lader die met behulp van een accu een constante uitgangsspanning levert. De niet gebruikte energie wordt in de accu opgeslagen en de rest wordt tot een maximale stroomsterkte van 6 ampère op de uitgang geleverd.



Figuur 27 - Steca Solsum 6.6F

Alhoewel er zeer specifiek is gekozen om zonder accu te werken bij het concept, is er voor het prototype vanwege de zeer lage prijs van de lader toch voor een accu gekozen. Hiermee wordt wel direct benadrukt waarom dit bij het eindproduct niet wenselijk is.

Resultaten

Bij de metingen kwamen meerdere onverwachte resultaten naar voren. Alhoewel de berekeningen zeer accuraat bleken te zijn na aanpassing van de magnetische kracht, waren de verschillen tussen de onbelaste spanning en belaste spanning vrij hoog.

Op het maximale toerental wat een fietser weet te bereiken kunnen de spoelen een spanning van maar liefst 100 Volt realiseren, echter zodra er stroom gaat lopen en er een belasting wordt aangesloten kan er met moeite nog een 50 Volt behaald worden. Ook bleek de maximale stroomsterkte te blijven hangen op ongeveer 1 ampère. Deze was initieel nog lager daar de diodes in de schakeling een lagere doorlating hebben, maar ook zonder schakeling werd er geen ruime overschrijding behaald. De verwachte opbrengst van het prototype was gericht op 70Watt maximaal, waarmee 50Watt bij de initiële opstelling geen slecht resultaat te noemen is. De lagere opbrengst is te wijten aan de weerstand van het systeem en niet perfect gewikkelde spoelen (de spoelen zijn handmatig gewikkeld waarmee niet elke draad ideaal is opgespannen).

Een ander onderdeel waar geen zekerheid over te krijgen is, is de draaddikte. Deze wordt wisselend 0,20 mm² en 0,20 mm in diameter genoemd. Alhoewel gezien de dikte het laatste voor waarheid wordt beschouwd zijn de berekeningen gedaan op basis van oppervlakte en de daarbij behorende opbrengsten. Ook het uitblijven van het doorsmelten van de draad suggereert dat beiden niet geheel correct zijn, 0,20 mm in diameter zou bij een stroomsterkte boven 0,3 ampère problemen moeten vertonen.

De complicaties kwamen echter voornamelijk op twee gebieden naar voren. De magneten en de spoelen bleken beiden een aantal onverwachte problemen te vertonen. Bij de spoelen bleek een grote hitteontwikkeling te ontstaan aan het uiteinde dat vlak bij de magneten zat. Niet de spoelen

zelf, maar de uiteinden van de kern vertoonden een grote temperatuurstijging door de wisselende magnetische velden. De spoelen bleven verhoudingsgewijs zeer koel echter zonder koeling vanuit de roterende onderdelen verdeelde deze thermische energie zich over alle onderdelen.

De andere complicaties kwamen naar voren vanuit de magneten. Deze hadden een uniforme indeling over het vliegwiel en er was aangenomen dat deze soepel zouden kunnen wisselen langs de spoelen. In realiteit bleek een zeer grote resonantie het gevolg te zijn. Het gebruik van een gelijke afstandsverdeling tussen spoelen onderling en de magneten onderling, zorgt voor een zeer onstabiele situatie. Het gebruik van een afwijkende afstand of verschillend aantal spoelen/magnetten per totale omwenteling, is noodzakelijk om de resonantie te voorkomen.

Het bleek ook dat het lagere toerental de resonantie benadrukt en dat het gebruik van een ratio bij de overbrenging daarom relevant is. Een minimale 3:1 is een minimale aanrader die in combinatie met een asymmetrische indeling van spoelen ten opzichte van magneten de resonantie zou moeten wegnemen. Helaas bleek het vliegwiel zelf ook een van de redenen te zijn dat er een grote mate van resonantie plaats vond. Ondanks de aanname dat een dergelijk solide onderdeel in de spinning fiets goed gelagerd zou zijn, bleek deze zeer slecht tegen zijdelingse krachten te kunnen. De uitslag op het vliegwiel bleek zelfs in de millimeters te lopen waarmee bij de initiële opbouw de magneten het vliegwiel aan overige onderdelen wist te verbinden.

Hiermee terugkomend op de magneten moet gezegd worden dat de werkelijke sterkte van de magneten te raden overlaat. Doordat meetapparatuur op dit gebied vrij prijzig is en het bepalen van de kracht in Gauss, benodigd voor de berekeningen, niet direct uit de vermeldde kracht in Newton is te leiden is er een aanname gedaan op basis van oppervlakte en gemelde veldsterkte. Deze waarde bleek bij de tests vele malen te hoog te liggen en een nieuwe waarde ($0,30 \text{ Tesla per m}^2$ t.o.v. $1,37 \text{ Tesla per m}^2$) bleek op alle gebieden een kloppend geheel te leveren. Zoals in [bijlage E](#) te zien is, is met de aangepaste waarde een onbelaste voltage van 80 Volt te verwachten bij een toerental van 130 omwentelingen per minuut. De gemeten 100 Volt bij een geschat toerental van 160~180 is derhalve zeer duidelijk binnen de grenzen. Ook metingen met wisselende toerentallen bleken met de aanpassing geheel naar verwachting te zijn. Het probleem is echter dat de werkelijke sterkte van de magneten een groot onderdeel is in het definiëren van de onderdelen van het concept.

Aanbevelingen

Aan de hand van de resultaten kunnen enkele aanbevelingen worden meegenomen op het concept.

- De werkelijke sterkte van de magneten moet vooraf bekend zijn voor bepaling van wikkelingen, draaddikte en ratio van overbrenging
- De thermische energie op de uiteinden van de magnetische geleiding dient in het ontwerp worden meegenomen.
- Een asymmetrisch ontwerp qua magneten en spoelen moet worden neergezet.

De sterkte van de magneten spreekt voor zich, zonder een precies getal kan er geen correcte wikkeling, draaddikte of ratio worden bepaald om de generatoren een zeer precies resultaat te leveren.

De thermische energie was vooral gericht op het uiteinde, in het concept ontwerp zijn deze uiteinden al verwijderd van de spoelen. Een additionele koelrib die door de behuizing van deze onderdelen steekt kan de extra energie afvoeren weg van de spoelen waar de draad niet mag smelten.

Met het asymmetrische ontwerp wordt vooral gericht op een afwijkend aantal magneten ten opzichte van spoelen. In het originele ontwerp zitten 20 spoelen rondom een schijf met 20 magneten gepositioneerd. Door hier een magneet aan toe te voegen zal de afstand tussen magneten en spoelen variëren over de schijf. Doordat er niet tegelijkertijd van pool gewisseld wordt, wordt ook de resonantie weggenomen.

In het uiteindelijke prototype is geen electronica diep uitgewerkt. Het ontwikkelen van een schakelende voeding met “MMPT” om een ideale efficiëntie te realiseren bleek niet noodzakelijk in het uiteindelijke prototype. De achterliggende gedachte is echter onderzocht en voor een elektricien geen uitdaging. Het ontwikkelen van eigen componenten verlaagt de prijs en zorgt voor een op maat gemaakt geheel. Door de stabielere uitgangsspanning kan de energie met een enkele centrale netgekoppelde voeding in het net worden teruggevoerd en de locatie van energie voorzien.

De resultaten spreken echter wel over een duidelijke mogelijkheid om een product te creëren waarmee energie terug geleverd kan worden en dat met een modulair gedeelte op vele cardio apparatuur kan worden aangesloten. **Het principe zou daarom in overleg met een grote fabrikant van dergelijke apparatuur moeten worden besproken en mogelijkheden tot een gezamenlijke presentatie tot een groenere maatschappij worden ontwikkeld.**

Conclusie

De gewenste resultaten zijn niet allemaal behaald. Ondanks een sterke basis voor een product is het gewenste doel 'klaar voor productie' niet behaald en is ook het prototype niet marketing technisch van het gewenste niveau dat er direct mee gepresenteerd kan worden.

De onderzoeken tonen echter wel dat er een markt is waar dankzij de analyses er ook mogelijkheid tot het terugverdienen is van de gemaakte kosten. In toevoeging van het feit dat meerdere personen trachten te starten met een dergelijke groene ontwikkeling kan er ook gesteld worden dat er animo is, maar simpelweg nog geen concrete resultaten zijn behaald. Met een enkel product in Amerika en enkele gepatenteerde ideeën voor het opwekken van energie, is het voornamelijk China die met de eerste producten opkomt. Hierbij toevoegend dat de voornaamste fabrikant van apparatuur, TechnoGym, dit nog niet bereikt, is er genoeg ruimte voor ontwikkeling.

Het concept mag misschien minder volledig zijn dan enthousiast werd beoogt, de basis is concreet genoeg om met specifieke aanpassing, zoals wordt aanbevolen, een marketing technisch sterk product neer te zetten waarmee 'Groen' en 'Maatschappelijk verantwoord' een profiel kan worden neergezet.

Dankwoord

De volgende personen hebben meegedragen aan de resultaten:

Dhr. N. Spikker

Dankzij technische feedback als mede hulp in de productie van het prototype gaat mijn dank uit naar de heer Spikker voor zijn hulp in deze opdracht. Een beter inzicht in tijdsplanning voor de productie en goede inschatting op materiaal en uitvoering hebben een grootschalige vertraging voorkomen en, zoals bij het uiteindelijke prototype, behoed voor een kostbare fout.

Dhr. T. Gorter

Als klankbord bij het uitzoeken van de elektronische componenten en schakelingen heeft de heer Gorter meerdere cruciale knelpunten weten te omzeilen. Ondanks het niet gebruiken van de ontwikkelde schakelingen bij het huidige prototype kunnen aanbevelingen richting schakelende voedingen en diens constructie mede dankzij de heer Gorter gemaakt worden.

Dhr. R. Goosen

In overleg met de heer Goosen is gedefinieerd bij welke bewegingen (con- of excentrisch) er mocht worden ingegrepen met apparatuur. Dankzij deze overleggen en definiëringen konden zeer gerichte keuzes gemaakt worden.

In additie wil ik graag benadrukken hoe enorm beide begeleiders, Mevr. R. Warntjes en Dhr. E. Hekman, hebben meegeholpen aan de opdracht. Variërend in de vormen van advies en motivatie hebben zij bijgedragen aan een uitgebreid verslag en goed verloop van de opdracht.

Als laatste en zeker niet minste verdienen alle collega's onder leiding van Dhr. W. Snellenberg Jr. op FysioFit lof voor de warmte en gezelligheid waarmee de periode is verlopen en waarmee een aanhoudende motivatie heeft geregeerd.

Referenties

1. Voedingscentrum. *Energie en broeikasgassen*. juni 3, 2009 [Last viewed: 01-09-2009]; Available from: <http://www.voedingscentrum.nl/nl/eten-herkomst/milieu/energie-en-broeikasgassen.aspx>.
2. Decker, K.D. *Wind up your laptop*. December 17, 2007 [Last viewed: 01-09-2009]; Available from: <http://www.lowtechmagazine.com/2007/12/wind-up-your-la.html>.
3. Company, T.-T.W. *Profesionele Fitness | Thuis Fitness*. 2009 [Last viewed: 09-09-2009]; Available from: http://www.technogym.com/nl/viewdoc.asp?co_id=13&la=10.
4. Cycling, B.B.I. *Welcome to BodyBike International*. 2009 [Last viewed: 09-09-2009]; Available from: <http://www.body-bike.com/>.
5. Rotterdam, W. *Energieopwekkende dansvloer*. 2008 [Last viewed: 10-08-2009]; Available from: http://www.watt-rotterdam.nl/106-Energieopwekkende_dansvloer_Energie.
6. Tamara Onos, A.O. *Fitness, een bron van energie*. 2006 [Last viewed: 08-09-2009]; Available from: <http://www.duurzamedinsdag.nl/index.php?item=2235&initiatief=2559>.
7. Leeuw, H.d. *Energiewinning*. 2008 [Last viewed: 08-09-2009]; Available from: <http://www.duurzamedinsdag.nl/index.php?item=9763&initiatief=8994>.
8. Groot, Y.d. *ECO-sportschool (op door apparaten opgewekte energie)*. 2009 [Last viewed: 08-09-2009]; Available from: <http://www.duurzamedinsdag.nl/index.php?item=9798&initiatief=10389>.
9. Peeples, L. *Watts of Sweat*. Februari 24, 2009 [Last viewed: 03-09-2009]; Available from: <http://scienceline.org/2009/02/24/enviro-peeples-human-power-energy-fitness-gym/>.
10. KAMENKA, C.B., *THE ELECTRIC GYM NETWORK* 2008: Canada. Available from: http://v3.espacenet.com/publicationDetails/biblio?CC=CA&NR=2581830A1&KC=A1&FT=D&date=20080915&DB=EPODOC&locale=nl_nl.
11. Powell, D. *Device Gives New Meaning to "Power Walking"*. Februari 7, 2008 [Last viewed: 01-09-2009]; Available from: <http://sciencenow.sciencemag.org/cgi/content/full/2008/207/1>.
12. Levesque, T. *HUMAN-POWERED GYMS in Hong Kong*. March 8, 2007 [Last viewed: 01-09-2009]; Available from: <http://www.inhabitat.com/2007/03/08/human-powered-gyms-in-hong-kong/>.
13. esp@cenet. *esp@cenet portal*. 2009 [Last viewed: 03-09-2009]; Available from: <http://www.espacenet.com/index.en.htm>.
14. ZHANG, H., *Dual-purpose apparatus for body building and electricity generating* 2007: China. Available from: http://v3.espacenet.com/publicationDetails/biblio?DB=EPODOC&adjacent=true&locale=nl_nl&FT=D&date=20070620&CC=CN&NR=2912706Y&KC=Y.
15. FitnessLifeGezondheid.nl. *Tunturi Hometrainer F30*. 2009 [Last viewed: 08-09-2009]; Available from: <http://www.fitnesslifegezondheid.nl/default.php?HoofdCatID=0060&SubCatID=0063&ArtikelID=0271>.
16. Company, T.T.W. *Producten die meer calorieën en minder natuurlijke hulpbronnen verbranden*. 2009 [Last viewed: 08-09-2009]; Available from: http://www.technogym.com/gb/viewdoc.asp?co_id=3143.
17. Inc., T.G.R. *About the Technology*. 2008 [Last viewed: 03-09-2009]; Available from: <http://www.egreenrevolution.com/product.aspx?setting=1>.
18. Dynamo, H. *Human Dynamo*. 2009 [Last viewed: 03-09-2009]; Available from: <http://www.humandynamo.net/>.
19. JL Carbon Free Energy Co., L. *Body-Building Generator*. 2009 [Last viewed: 08-09-2009]; Available from: http://carbonfreeenergy.en.alibaba.com/productgroupdetail-200632168/body_building_generator.html.

20. Keijzer, J., *Fitness-inrichting*. 2004: Netherlands. Available from:
[http://nl.espacenet.com/search97cgi/s97.cgi.exe?action=View&VdkVgwKey=NL1021619C2&DocOffset=1&DocsFound=3&QueryZip=%28fitness%29+%3CIN%3E+ti&Collection=dips&SearchUrl=http%3A%2F%2Fnl%2Espacenet%2Ecom%2Fsearch97cgi%2Fs97%5Fcgi%2Eexe%3Fa ction%3DFilterSearch%26QueryZip%3D%2528fitness%2529%2B%253CIN%253E%2Bti%26Filt er%3Dnl%252Fnl%252Fspacefilt%252Ehts%26ResultTemplate%3Dnl%252Fnl%252Fresults% 252Ehts%26Collection%3Ddips%26ResultStart%3D1%26ResultCount%3D10&ViewTemplate= nl/nl/textdoc.hts&ViewErrorTemplate=nl/nl/incerror.hts&DocsFound=1=3&BeginHighlight=<s pan>&EndHighlight=&HLNavigate=.](http://nl.espacenet.com/search97cgi/s97.cgi.exe?action=View&VdkVgwKey=NL1021619C2&DocOffset=1&DocsFound=3&QueryZip=%28fitness%29+%3CIN%3E+ti&Collection=dips&SearchUrl=http%3A%2F%2Fnl%2Espacenet%2Ecom%2Fsearch97cgi%2Fs97%5Fcgi%2Eexe%3Fa ction%3DFilterSearch%26QueryZip%3D%2528fitness%2529%2B%253CIN%253E%2Bti%26Filt er%3Dnl%252Fnl%252Fspacefilt%252Ehts%26ResultTemplate%3Dnl%252Fnl%252Fresults% 252Ehts%26Collection%3Ddips%26ResultStart%3D1%26ResultCount%3D10&ViewTemplate= nl/nl/textdoc.hts&ViewErrorTemplate=nl/nl/incerror.hts&DocsFound=1=3&BeginHighlight=<s pan>&EndHighlight=&HLNavigate=)
21. Piels, W., *Step voor fitness-doeleinden*. 1997: Netherlands. Available from:
[http://nl.espacenet.com/search97cgi/s97.cgi.exe?action=View&VdkVgwKey=NL1002729C2&DocOffset=3&DocsFound=3&QueryZip=%28fitness%29+%3CIN%3E+ti&Collection=dips&SearchUrl=http%3A%2F%2Fnl%2Espacenet%2Ecom%2Fsearch97cgi%2Fs97%5Fcgi%2Eexe%3Fa ction%3DFilterSearch%26QueryZip%3D%2528fitness%2529%2B%253CIN%253E%2Bti%26Filt er%3Dnl%252Fnl%252Fspacefilt%252Ehts%26ResultTemplate%3Dnl%252Fnl%252Fresults% 252Ehts%26Collection%3Ddips%26ResultStart%3D1%26ResultCount%3D10&ViewTemplate= nl/nl/textdoc.hts&ViewErrorTemplate=nl/nl/incerror.hts&DocsFound=1=3&BeginHighlight=<s pan>&EndHighlight=&HLNavigate=.](http://nl.espacenet.com/search97cgi/s97.cgi.exe?action=View&VdkVgwKey=NL1002729C2&DocOffset=3&DocsFound=3&QueryZip=%28fitness%29+%3CIN%3E+ti&Collection=dips&SearchUrl=http%3A%2F%2Fnl%2Espacenet%2Ecom%2Fsearch97cgi%2Fs97%5Fcgi%2Eexe%3Fa ction%3DFilterSearch%26QueryZip%3D%2528fitness%2529%2B%253CIN%253E%2Bti%26Filt er%3Dnl%252Fnl%252Fspacefilt%252Ehts%26ResultTemplate%3Dnl%252Fnl%252Fresults% 252Ehts%26Collection%3Ddips%26ResultStart%3D1%26ResultCount%3D10&ViewTemplate= nl/nl/textdoc.hts&ViewErrorTemplate=nl/nl/incerror.hts&DocsFound=1=3&BeginHighlight=<s pan>&EndHighlight=&HLNavigate=)
22. ESVELT, S.A., *Exercise machine for use in home, capable of generating electricity using pedal powered dynamo*. May 17, 2005: Netherlands. Available from:
http://v3.espacenet.com/publicationDetails/biblio?CC=NL&NR=1028719C1&KC=C1&FT=D&date=20050517&DB=EPODOC&locale=en_V3.
23. Shkondin, V.V., *Electric Motor*. May 26, 2005: Russia, United Kingdom. Available from:
http://v3.espacenet.com/publicationDetails/biblio?CC=US&NR=2005110365A1&KC=A1&FT=D&date=20050526&DB=EPODOC&locale=nl_nl.
24. Seiler, S. *Efficiency, Economy and Endurance Performance*. 1996, revised 2005 [Last viewed: 02-09-2009]; Available from: <http://home.hia.no/~stephens/effiperf.htm>.
25. FAO. *THE ADOPTION OF JOULES AS UNITS OF ENERGY*. March 22 till April 2, 1971 [Last viewed: 02-09-2009]; Available from:
<http://www.fao.org/docrep/meeting/009/ae906e/ae906e17.htm>.
26. Kluwer, *Basisveiligheid VCA (B-VCA) / druk 1*. 2007 Available from:
[http://books.google.com/books?id=zB6KSkMPIZcC&pg=PT1&lpg=PT1&dq=%2B%22Basisveili gheid+VCA+\(B-VCA\)%22+%2B%22arbo%22+%2Bsite:books.google.nl&source=bl&ots=8_l1nCG3vZ&sig=BI-eMHScQ_jpcgoPn7g7_WoW20s&hl=nl&ei=9lWnSvL2CMTk-QbijazMCA&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=1#v=onepage&q=&f=false](http://books.google.com/books?id=zB6KSkMPIZcC&pg=PT1&lpg=PT1&dq=%2B%22Basisveili gheid+VCA+(B-VCA)%22+%2B%22arbo%22+%2Bsite:books.google.nl&source=bl&ots=8_l1nCG3vZ&sig=BI-eMHScQ_jpcgoPn7g7_WoW20s&hl=nl&ei=9lWnSvL2CMTk-QbijazMCA&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=1#v=onepage&q=&f=false).
27. Werkgelegenheid, M.v.S.Z.e. *Arbeidsomstandighedenbesluit Artikel 3.4*. Januari 15, 1997 [Last viewed: 03-09-2009]; Available from:
<http://lexius.nl/arbeidsomstandighedenbesluit/artikel3.4>.
28. Werkgelegenheid, M.v.S.Z.e. *Arbeidsomstandighedenbesluit Artikel 3.5*. Januari 15, 1997 [Last viewed: 03-09-2009]; Available from:
<http://lexius.nl/arbeidsomstandighedenbesluit/artikel3.5>.
29. Ross Tucker, T.M., Estelle V. Lambert, Timothy D. Noakes, *The rate of heat storage mediates an anticipatory reduction in exercise intensity during cycling at a fixed rating of perceived exertion*. 2006, Cape Town: The Physiological Society
30. Mastervolt. *Solar Power: Netgekoppeld*. 2009 [Last viewed: 03-09-2009]; Available from:
http://www.mastervolt.com/prod_intro.php?lang=1§ion=solar_grid&1&prggr_id=1159&cat_id=13&tekst_id=72.
31. Alxion. *Technical Characteristics 145 STK Alternators*. 2009 [Last viewed: 14-09-2009]; Available from: http://www.alxion.com/e_produit/82.pdf.
32. Unie, P.v.d.E., *Richtlijn 2002/95/EG van het Europees Parlement en de Raad van 27 januari 2003 betreffende beperking van het gebruik van bepaalde gevaarlijke stoffen in elektrische en*

- elektronische apparatuur. Februari 13, 2003. Available from: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2003:037:0019:0023:NL:PDF>.
33. INVENTUM. *SH20 - Gebruiksaanwijzing*. 2009 [Last viewed: 08-09-2009]; Available from: http://www.vitalitysport.com/site_picts/downloads/SH20_ga_086.pdf.
 34. Total, *Microwarmtekrachtkoppeling. Je eigen elektriciteit produceren*, in *TOTAL MAZOUT*. 2009. Available from: <http://www.total.be/be/content/NT000173F6.pdf>.
 35. H.E. Elzenga, J.A.M., J.P.M. Ros, *Micro-warmtekracht en de virtuele centrale, Evaluatie van transitie op basis van systeemopties*. 2006, Milieu en Natuur Planbureau. Available from: <http://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/500083003.pdf>.
 36. H.E. Elzenga, J.A.M., J.P.M. Ros, *Micro-warmtekracht en de virtuele centrale, Evaluatie van transitie op basis van systeemopties*. 2006, Milieu en Natuur Planbureau. p. 42. Available from: <http://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/500083003.pdf>.
 37. Technology, C.I.o. *Thermoelectrics - History*. 2009 [Last viewed: 16-09-2009]; Available from: http://www.thermoelectrics.caltech.edu/history_page.htm.
 38. Council, N.S.a.E.R. *New lithium battery can store and deliver more than three times power of conventional lithium batteries*. 2009 [Last viewed: 21-10-2009]; Available from: <http://www.sciencedaily.com/releases/2009/05/090518111731.htm#>.
 39. Thuis, D.E. GVB Amsterdam: 'Waterstof tankstations nu al economisch haalbaar'. 8 oktober 2008 [Last viewed: 27-10-2009]; Available from: <http://www.duurzameenergiethuis.nl/mobiliteit/gvb-amsterdam-waterstof-tankstations-nu-al-economisch-haalbaar-858.html>.
 40. Inc., A.H.C. *Honda FCX Clarity - Refueling*. 2009 [Last viewed: 29-10-2009]; Available from: <http://automobiles.honda.com/fcx-clarity/refueling.aspx>.
 41. Sigma-Aldrich. *295396 Hydrogen ≥99.99%*. 2009 [Last viewed: 28-10-2009]; Available from: <http://www.sigmaaldrich.com/catalog/ProductDetail.do?lang=en&N4=295396|ALDRICH&N5=SEARCH CONCAT PNO|BRAND KEY&F=SPEC>.
 42. Solarshop. *Fronius IG 30*. 2009 [Last viewed: 2-11-2009]; Available from: http://www.solarshop.net/product_info.php/products_id/929.
 43. Meewind. *Hoe het werkt*. 2009 [Last viewed: 2-11-2009]; Available from: <http://meewind.nl/hoe-het-werkt>.
 44. CBS. *CBS Statline - Aardgas en Elektriciteit; Gemiddelde Tarieven*. 2009 [Last viewed: 2-11-2009]; Available from: <http://statline.cbs.nl/StatWeb/publication/?DM=SLNL&PA=37359&D1=0-3,16-21,24&D2=25,30,35,40,42-62&HDR=T&STB=G1&VW=T>.
 45. Magnets4you. *Disc Magnet 30 x 3 mm N45 Nickel*. 2010 [Last viewed: 20-01-2010]; Available from: <http://www.magnet-shop.com/Neodymium-Magnets/Discmagnets/Disc-magnet-%D8-30-x-3-mm-N45-Nickel-pull-force-63-kg::805.html>.
 46. Nedis. *B500C1500R*. 2010 [Last viewed: 23-01-2010]; Available from: <http://www.nedis.nl/Articles/Diotec/B500C1500R.php>.
 47. Various, *Datasheet 1N4007*. 2010. Available from: http://www.datasheetcatalog.com/datasheets_pdf/1/N/4/0/1N4007.shtml.
 48. Elektromechanik, G. *Datenblatt typ: 60 75 68*. 1999 [Last viewed: 20-01-2010]; Available from: http://www2.produktinfo.conrad.com/datenblaetter/600000-624999/607568-da-01-de-Kupferlackdraht_110m.pdf.
 49. Steca. *STECA Steca Solsum F*. 2010 [Last viewed: 20-01-2010]; Available from: http://www.stecasolar.com/index.php?Steca_Solsum_F_en.
 50. FysioFit. *FysioFit Health Investment Center*. 2009 [Last viewed: 10-08-2009]; Available from: www.fysiofit.net.
 51. Ecomii, L. *An Encyclopedia of environmental terms and topics from ecomii ecopedia*. 2009 [Last viewed: 10-08-2009]; Available from: www.ecomii.com/ecopedia/cradle-to-cradle.
 52. William McDonough, M.B., *Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things*. 2002

53. Balance, C.f.a.W.i. *Our Common Future: Report of the World Commission on Environment*. 2009 [Last viewed: 10-08-2009]; Available from: <http://worldinbalance.net/agreements/1987-brundtland.php>.
54. Gyr, L. *Landis + Gyr*. 2009 [Last viewed: 15-09-2009]; Available from: <http://www.landisgyr.com/nl/en/pub/index.cfm>.
55. Laboratory, N.E.a.E.E. *II. The Hall Effect*. June 10, 2009 [Last viewed: 15-09-2009]; Available from: <http://www.eeel.nist.gov/812/effe.htm>.
56. Ecofys. *Toelichtingen Energievergelijker*. 2009 [Last viewed: 15-09-2009]; Available from: <http://www.energieprijzen.nl/index.php/veiligoverstappen/toelichtingen-energievergelijker>.
57. Physics, U.S.o. *Electric Motors and Generators*. Unknown [Last viewed: 04-09-2009]; Available from: <http://www.animations.physics.unsw.edu.au/jw/electricmotors.html#DCmotors>.

Bijlagen

Bijlage A – Plan van Aanpak

Titel:	Duurzaamheid met Fitness apparatuur
Opdrachtgever:	FysioFit
Student:	V.M. Kickert
Versie:	21-09-2009

Uitdagingschrijving:

FysioFit[50] is een fitness- en therapiecentrum voor gezondheid, revalidatie, arbeid en sport, daarbij wil men het maatschappelijke voorbeeld uitbreiden tot een bewustere levensstijl waarbij ook energie wordt meegenomen in de overwegingen. Voor dit doel is het van belang dat de gasten kunnen inzien hoe de inspanningen bijdragen aan een energiebewuste samenleving. De apparatuur biedt een hoge mate van mechanische energie en het winnen van deze energie vanuit de aanwezige apparatuur kan de gasten laten inzien hoeveel arbeid het kost om een bepaalde hoeveelheid energie te genereren.

Om de energie te kunnen opwekken wordt daarom een oplossing gezocht waarbij de aanwezige apparatuur en diens energievormen kunnen worden aangesproken. De hoeveelheid energie die zonder interferentie op de oefeningen kan worden gewonnen is onbekend en de eindbestemming van de energie is afhankelijk van de beschikbare hoeveelheid. Deze zaken dienen nader gespecificeerd te worden.

Actor:

FysioFit is een fitness- en therapiecentrum met als doel het complete leven te verbeteren. De aangeboden cursussen en begeleiding zijn niet alleen voor de korte duur, maar voor het bereiken van een gezond en evenwichtig leven. Hierbij dient het bewustzijn gestimuleerd te worden om in te zien hoe keuzes in leven (eten en drinken) invloed hebben op de persoonlijke omgeving, zowel lichamelijk als geestelijk.

Deze uitgebreide aanpak is voort gegroeid uit het verlangen het beste op de markt aan te bieden. FysioFit is daarom volledig gecertificeerd en kan zich binnen de markt niet verder specialiseren. FysioFit moet als de koploper worden beschouwd in dit proces en beschouwt . Deze motivatie en instelling draagt nu bij aan het verlangen ook de duurzaamheid en maatschappelijke waarde van diensten, apparatuur en locaties te vergroten.

Projectkader:

- Wat is de achtergrond van het probleem?
FysioFit wil meer 'Cradle to Cradle'[51] omgaan met hun apparatuur, locatie en bewustzijn van de gasten. Om dit te bereiken is het opvangen van de energie van de inspanningen één van de oplossingen om duurzamer met de locatie en apparatuur om te gaan. Daar de apparatuur niet 'in-house' wordt ontworpen, wordt een aanvullend product gewenst om een duurzamer geheel te realiseren.

- Welke problemen spelen er?

De huidige apparatuur kan niet zomaar worden aangepast en een bestaande infrastructuur voor de energie is nog niet aanwezig. De focus voor een oplossing moet zich richten op de integratie van de aanwezige fitnessstoestellen van het centrum voor het winnen van energie. De infrastructuur en toepassingsmogelijkheden voor de energie leveren een 'proof of principle' waaraan het te realiseren productconcept kan worden getest.

De apparatuur waarop gericht moet worden bevat mechanische energie echter moet ook rekening gehouden worden met het creëren van hinder in beweging. De apparatuur is ontwikkeld om onder bepaalde belasting, bepaalde bewegingen uit te voeren en hierop mag geen hinder plaatsvinden voor de gebruiker.

De uitstraling van het te ontwerpen product moet overeenkomen met de huidige situatie. Een design naar omgeving is van belang om over te komen als één geheel.

- In welke richting wordt er naar een oplossing gezocht?

Als oplossing wordt er gezocht naar een modulair product waarbij op verschillende apparatuur de mechanische energie kan worden omgezet tot energie die bruikbaar is in de locatie. De focus ligt meer op het winnen van energie uit de mechanische energie dan de toepassingen later binnen de locatie.

Er zal gewerkt worden naar een prototype dat op een enkel apparaat 'Proof of Principle' kan leveren. Hiermee wordt de basis gelegd voor overige modulaire aansluitingen.

Doelstelling:

Het doel van deze opdracht is het onderzoeken van de mogelijkheden waarmee FysioFit energie, die tijdens het gebruik van fitness apparaten wordt gegenereerd, kan benutten. Op basis van de onderzochte mogelijkheden wordt een productconcept gepresenteerd. Hierbij is het belangrijk dat dit product met verschillende apparatuur valt te combineren en past binnen de locatie van FysioFit.

Aan de hand van een analyse van de huidige apparatuur, het opstellen van de eisen waaraan het product zal moeten voldoen en een onderzoek naar de mogelijkheden voor het toepassen van de gewonnen energie, zullen een aantal concepten worden ontwikkeld. Na het toetsen van de concepten aan de gestelde eisen en wensen zal het beste concept worden uitgewerkt tot een presentbaar eindconcept. Een analyse van het eindconcept moet bepalen of FysioFit dit eindconcept tot product laat omzetten. Het gehele project, inclusief afronding en verslaglegging, zal plaatsvinden binnen een tijdsbestek van 14 weken.

Vraagstelling:

1. Wat bieden de huidige apparaten voor mogelijkheden?
 - 1.1 Wat zijn de fysieke limitaties aan de apparaten?
 - 1.2 Wat zijn de esthetische limitaties die de apparaten meebrengen?
 - 1.3 Welke veiligheidsaspecten dienen meegenomen te worden?
 - 1.4 Wie zijn de belanghebbenden in de huidige situatie?
 - 1.5 Welke resultaten zijn er op dit gebied al bekend?
 - 1.6 Wat zijn de beschikbare oplossingen op de markt?
 - 1.7 Hoeveel potentiële energie bevat de apparatuur?
 - 1.8 Wanneer kan de energie met minimale hinder worden aangesproken?
2. Wat zijn de eisen en wensen waaraan het concept dient te voldoen?
 - 2.1 Wat zijn de eisen die door FysioFit worden gesteld?
 - 2.2 Wat zijn de wensen die door FysioFit worden gesteld?
 - 2.3 Wat zijn de eisen die door gebruikers worden gewenst?
 - 2.4 Wat zijn de wensen die door gebruikers worden gewenst?
 - 2.5 Wat zijn de eisen opgelegd betreffende veiligheid?
 - 2.6 Wat zijn de technische functies voor de concepten?
3. Wat zijn de beschikbare mogelijkheden op het gebied van energiewinning?
 - 3.1 Wat zijn de mogelijkheden om energie te winnen?
 - 3.2 Waarmee kan de energie worden omgezet?
 - 3.3 Hoe kan de energie worden toegepast in de huidige situatie?
 - 3.4 Hoe kan de energie gewonnen worden zonder hinder voor de gebruikers van de apparatuur?
 - 3.5 Wat zijn de mogelijkheden voor de infrastructuur?
4. Welke oplossing is het meest geschikt voor de huidige situatie?
 - 4.1 Welke oplossingen zijn er mogelijk binnen de locatie?
 - 4.2 Welke beoordelingscriteria kunnen het best gehanteerd worden om de concepten te hanteren?
 - 4.3 Wat voor evaluatiemethode wordt er gebruikt?
 - 4.4 Welk concept voldoet het beste aan de beoordelingscriteria?
5. Wanneer vervult het eindconcept de verwachtingen van FysioFit?
 - 5.1 Wat zijn de criteria voor het gewenste eindresultaat?
 - 5.2 Wat voor evaluatiemethode wordt er gebruikt?
 - 5.3 Welke concessies mogen er gemaakt worden voor productie?

Materiaal:

Hieronder wordt per deelvraag bekeken welke bronnen met ontsluiting gebruikt gaan worden.

Wat bieden de huidige apparaten voor mogelijkheden?

Vraag 1.1:	Werkelijkheid	> observatie
	Personen	> interviews met werknemers, managers en gasten
Vraag 1.2:	Personen	> interviews met werknemers en managers
Vraag 1.3:	Literatuur	> zoekstelsel
Vraag 1.4:	Werkelijkheid	> observatie
	Literatuur	> zoekstelsel
	Personen	> interview werknemers, managers en gasten
Vraag 1.5:	Literatuur	> documenten
		> zoekstelsel
Vraag 1.6:	Literatuur	> documenten
		> zoekstelsel
Vraag 1.7:	Literatuur	> zoekstelsel
	Documenten	> inhoudsanalyse
Vraag 1.8:	Personen	> interviews met fysiotherapeuten
	Werkelijkheid	> observatie

Wat zijn de eisen en wensen waaraan het concept dient te voldoen?

Vraag 2.1:	Personen	> interviews met managers
Vraag 2.2:	Personen	> interviews met werknemers en managers
Vraag 2.3:	Personen	> interviews met gasten
	Literatuur	> zoekstelsel
Vraag 2.4:	Personen	> interviews met gasten
	Literatuur	> zoekstelsel
Vraag 2.5:	Literatuur	> zoekstelsel
Vraag 2.6:	Documenten	> inhoudsanalyse
	Werkelijkheid	> interviews met managers

Wat zijn de beschikbare mogelijkheden op het gebied van energiewinning?

Vraag 3.1:	Literatuur	> zoekstelsel
	Documenten	> inhoudsanalyse
Vraag 3.2:	Literatuur	> zoekstelsel
	Documenten	> inhoudsanalyse
Vraag 3.3:	Werkelijkheid	> observatie
	Literatuur	> inhoudsanalyse
	Documenten	> inhoudsanalyse
Vraag 3.4:	Werkelijkheid	> observatie
	Personen	> interviews met fysiotherapeuten
	Literatuur	> inhoudsanalyse
	Documenten	> inhoudsanalyse

Vraag 3.5:	Literatuur	> zoekstelsysteem
	Documenten	> inhoudsanalyse
	Werkelijkheid	> interviews managers

Welke oplossing is het meest geschikt voor de huidige situatie?

Vraag 4.1:	Literatuur	> zoekstelsysteem
Vraag 4.2:	Documenten	> inhoudsanalyse
Vraag 4.3:	Literatuur	> inhoudsanalyse
Vraag 4.4:	Documenten	> inhoudsanalyse

Wanneer vervult het eindconcept de verwachtingen van FysioFit?

Vraag 5.1:	Personen	> interview met managers
Vraag 5.2:	Literatuur	> inhoudsanalyse
Vraag 5.3:	Personen	> interview met managers

Knelpunten:

Het huidige proces bevat veel onderzoek naar energie en de mogelijkheden waarmee er binnen de situatie kan worden gewerkt. Deze onderzoeken leveren de bepaling van de toetsing van de concepten en kunnen de voortgang van het eindconcept beïnvloeden. Het eindresultaat moet binnen de huidige en toekomstige situatie inzetbaar zijn en voldoen aan de verwachtingen van FysioFit als mede voorzien in een 'Cradle to Cradle' situatie. Hiermee moet rekening gehouden worden met eisen die in de toekomst mogelijk scherper zullen zijn.

De bewegingen die gemaakt worden staan bekend als ex- en concentrisch. Het winnen van energie bij de ene beweging veroorzaakt een zwakkere tegenbeweging. Dit is een knelpunt voor de mate waarin energie kan worden gewonnen.

Onderzoekstrategie:

Eerst zullen een analyse van de apparatuur, gebruikers en bewegingen, een analyse van vergelijkbare onderzoeken en een marktonderzoek uitgevoerd worden.

Wanneer de mogelijkheden en limitaties hieruit bekend zijn kunnen de eisen en wensen in kaart worden gebracht. Met deze eisen en wensen zullen de concepten ontwikkeld worden, dit is een iteratief proces.

Hierna wordt het concept, dat het beste aan de gestelde beoordelingscriteria voldoet, gekozen en uitgewerkt tot een eindconcept van het systeem. Dit eindconcept wordt getoetst aan de opgestelde beoordelingscriteria, waarna het uiteindelijke concept klaar moet zijn om geproduceerd te kunnen worden. Hierbij moet gedacht worden aan een gebruikers evaluatie en 'Proof of Principle' evaluatie.

Begripsbepaling:

- Cradle to Cradle

Hiermee wordt een duurzamere manier van ontwerpen bedoeld. Deze nieuwe 'kijk' is gedefinieerd in het boek 'Cradle to Cradle: Remaking the way we make things' van William McDonough en Michael Braungart[52] en heeft als oorsprong de duurzame ontwikkeling zoals deze is gedefinieerd in 1987 in het Brundtland rapport[53]. De definitie zoals in het Brundtland[53] rapport is beschreven, gaat zo ver als het voorzien in eigen noden als mede meer mogelijkheden voor de toekomst te generen.

Bijlage B – Berekening Energie Fitness apparatuur

De potentiële energie kan worden geschat op basis van een empirische bepaling van de trainingsgewichten. De totale hoeveelheid energie die potentieel per tijdseenheid beschikbaar is, is te bepalen door het percentage weerstand maal de totale hoeveelheid Kg.'s die verplaatst wordt maal de zwaartekrachtconstante maal de gemiddelde hoogteverplaatsing van alle gewichten te doen.

$$W_{\text{pot}} = R\% * \sum m * g * \bar{x}(h) / s$$

Doordat we nu praten over potentiële energie per seconde is voor de vergelijking direct de W van watt geplaatst.

Er zijn per dag ongeveer 100 personen actief met de fitnessapparaten. Ieder persoon doet 3 herhaalsetjes van minimaal 12 herhalingen per apparaat (het exacte aantal mensen met 12 of 15 herhalingen is enkel na inventarisatie van alle, niet digitale, schema's te bepalen). Dit betekent dat er per dag op 1 apparaat $100 * 12 * 3 = 3600$ herhalingen worden gedaan, om en nabij.

Op basis van 15 apparaten is er een gemiddelde uitslag gemeten van 28 cm en een lage inschatting (door de begeleidende fysiotherapeuten per apparaat) van 20kg. tot 30kg. per apparaat over 15 apparaten gemiddeld. Nu kunnen we een totaal van $15 * 20\text{kg.} = 300\text{kg.}$ aan gewichtsverzetten over alle apparaten schatten om alle apparaten als 1 apparaat te beschouwen. We hebben zoals eerder gesteld iets meer dan 3500 herhalingen per dag wat een hoogte van $0,28 \text{ m} * 3500 \text{ herhalingen} = 980 \text{ meter}$ aan afstand inhoudt.

$$E_{\text{pot}} = \sum m * g * \bar{x}(h)$$

$$E_{\text{pot}} = 300 * 9,81 * 840 = 2.884.140 \text{ Joule}$$

Dit nu terugrekenend naar een bruikbare maat, delen we deze hoeveelheid energie door 3600 seconden, hierdoor krijgen we energie per tijdseenheid wat in Wh of KWh wordt uitgedrukt en een duidelijker beeld geeft.

$$2884140 / 3600 = 801 \text{ Wh of } 0,8 \text{ KWh}$$

Hiervan kunnen wij slechts een procentuele verhoging bij doen zonder de oefeningen teveel te limiteren.

$5\% * 801\text{Wh} = 40 \text{ Wh}$ per dag. Dit betekent bijna anderhalve dag arbeid om een gloeilamp van 60Watt 1 uur te laten branden in het meest ongunstige geval.

In het meest gunstige geval blijft de uitslag weliswaar hetzelfde maar kunnen zowel het aantal herhalingen (meer bezoekers) als het aantal kilo's verzet toenemen. In dit meest gunstige geval zal de totale hoeveelheid energie als volgt uitvallen:

$$E = (15 * 30) * 9,81 * (0,28 * 4000) = 450 * 9,81 * 1120 = 4.944.240 \text{ Joule}$$

Dit maakt 1373 Wh of $1,37 \text{ KWh}$ waarvan 68 Wh (op basis van 5%) per dag gewonnen kan worden.

Bijlage C – Energieverbruik FysioFit

FysioFit

Bij FysioFit is een meter van Landis & Gyr[54] type ZMB120dr53 die met twee analoge telwerken werkt. De meter werkt met een zogeheten 'Direct Field Sensor' die ontwikkeld is op principe van het Hall effect[55] en kan hierdoor niet zoals de Ferraris-teller terug tellen.

Om deze specifieke reden zijn er twee mogelijkheden, een vervanging van de meter zodat deze kan terugtellen of onder het gebruik blijven om de energie niet zonder vergoeding terug te leveren.

Energieverbruik

Het gemiddelde verbruik is bekend uit de jaarafrekeningen die men ontvangt van de energiemaatschappij. Tevens zijn er met steekproeven gekeken naar de mate van verbruik tijdens openingstijden. Deze waarden zijn grotendeels te verklaren na de inventarisatie van de aanwezige apparatuur.

	Telwerk I	Telwerk II	Totaal
Jaarafrekening	80.182	24.056	104.238
Gemiddeld per dag	307 ³	65,9	372,9
Steekproef per dag ⁴	300	27	327
Gemiddeld per uur actief ⁵	19,2	5,24	-
Steekproef per uur	23,5	3,3	-

In vergelijking tot een gemiddeld huishouden[56] wordt er per dag **meer** kWh verbruikt dan een huishouden per **maand** verbruikt. Dit grote verbruik is vrij specifiek toe te wijzen aan de omvang van de organisatie en enkele apparaten. In de tabel hieronder is hier een overzicht welke apparaten er bijdragen in de hoge mate van energieverbruik.

Apparatuur	Watt (*piek)	Operationeel	Schatting gebruik	Max. kWh	kWh.
84 x 36W TL bovenzaal	3.024	7:30 – 22:00	100%	43,848	43,848
18 x 60W benedenzaal	1.080	7:30 – 22:00	100%	15,66	15,66
45 x 20W Spot	900	7:30 – 22:00	100%	13,05	13,05
56 x 10W Spaarlampen	560	7:30 – 22:00	100%	8,12	8,12
Geschat:					
Sauna	18.000*	7:30 – 22:00	60%	261	156,6
Koffieapparaat	2.310*	24h	60%	55,44	33,264
3 x 2000W TechnoGym Loopband	6.000 ⁴	7:30 – 21:00	10%	81	8,1
6 x 100W TechnoGym Langlauf	600 ⁴	7:30 – 21:00	20%	8,1	1,62
9 x 50W TechnoGym Cardio	450 ⁴	7:30 – 21:00	50%	6,075	3,0375

³ 365 dagen – 52 weekenden i.v.m. dubbel tarief. Onder Telwerk II valt nu ook het weekendgebruik.

⁴ De steekproeven zijn afgenomen in de weken van 14-09-2009 tot 21-09-2009 op doordeweekse dagen en gemiddeld.

⁵ Telwerk I heeft 16 actieve uren per dag, waar Telwerk II het gehele weekend + 8 uren per nacht heeft. Uit de steekproeven blijkt het verschil dat het weekend toevoegt aan het gemiddelde van Telwerk II waar Telwerk I gelijkwaardig is.

Fiets					
2 x 150W TechnoGym Cardio Fiets met LCD	300 ⁴	7:30 – 21:00	50%	4,05	2,025
1 x Roeimachine	100 ⁶⁷	7:30 – 21:00	10%	1,35	0,135
1 x Luchtdrukgenerator	680*	24h	10%	16,32	1,632
3 x 150W Koelkasten	450*	24h	50%	10,8	5,4
Server + UPS (30W)	180	24h	100%	4,32	4,32
5 x 200W PC + 5x 100W LCD	1.200*	7:30 – 18:00	50% ⁸	12,6	6,3
Wasdroger (3 X 1,5 uur)	2.200*	4,5 uur per dag	50%	9,9	4,95
Wasmachine (3 x 1,5 uur)	1.200*	4,5 uur per dag	50%	5,4	2,7
Vaatwasser	1.200*	4,5 uur per dag	50%	5,4	2,7
Diversen, o.a. Neon nacht ⁹	1300	22:00 – 7:30	100%	12,35	12,35
Schatting				574,783	325,8115
Gemeten verbruik					327

Energieverbruik	Verbruik	Tarief	Totaal
Telwerk I	80.182	0,1299	10.415,64
Telwerk II	24.056	0,0820	1.972,59
Belasting 0 – 10.000 kWh	10.000	0,1291	1.291
Belasting 10.001 – 50.000 kWh	50.000	0,0474	2.370
Belasting 50.001 en meer	50.795	0,0126	630
Totaal excl. netwerkkosten			16.679,23 ¹⁰

Aanbevelingen

Het grootste gedeelte van de kosten komen voort uit verlichting, sauna en koffieapparaat. Op deze gebieden zijn vele besparingen te behalen en kunnen ook vrij gemakkelijk aanpassingen worden verricht.

De verlichting met TL-buizen kan beduidend worden verbeterd. Het aantal van 84 lampen is zeer hoog en effectievere verlichting met spaarlampen kan binnen de beschikbare 3 kWh voor hetzelfde resultaat zorgen. Ditzelfde geldt voor andere lampen. Het vervangen van de lampen richting spaarlampen zal een verlaging in het energiegebruik leveren.

Een alternatieve oplossing is het uitzetten van verlichting bij afwezigheid. De lichten verlopen via schakelaars waar deze eerder automatisch zouden moeten uitgaan indien men niet gebruik maakt van een zaal.

Het koffiezetapparaat verbruikt momenteel meer energie dan noodzakelijk. Met een gemiddelde van 1,4 kW per uur gebruik staat dit apparaat tussen 22.00 en 7.30 onnodig aan. Ondanks de startperiode van een half uur waar deze de volledige 2,31 kW zal gebruiken ligt de energie die bespaart wordt door het apparaat tussen 22.00 en 7.00 met 12,47 kWh beduidend hoger dan het uur

⁶ Apparatuur wordt enkele malen per uur gebruikt met het piekverbruik tijdens gebruik.

⁷ Documentatie ontbreekt, een schatting van 100W op basis van de andere apparatuur is hierom gemaakt.

⁸ Een werkstation verbruikt naar belasting, daarmee een inschatting van maximaal verbruik t.o.v. werkelijk.

⁹ Onverdeeld resultaat 1300 W waar Neon en andere diversen onder vallen.

¹⁰ De kosten zijn enkel stroom, belasting en BTW. Netwerk- en leverancierskosten volgen vanuit de leverancier.

tussen 7 en 8 waar deze een verhoogde 1,9 kWh zal verbruiken (een toename van 0,5 kWh t.o.v. een standaard uur).

Het laatste grote product is de sauna. Met een hoog geschat verbruik van bijna 12 kW per uur is het product, ondanks 45 minuten opstarttijd, een onderdeel wat bij uitschakeling van langer dan 2 uur al aanzienlijke besparingen levert. Een controle op het gebruik en bijbehorende tijdstippen kan een schema leveren waar de dienst minder beschikbaar is om zo verschillen te leveren.

In het kader van de opdracht kan een vergelijking worden gemaakt van het huidige verbruik. De sauna geniet een hoeveelheid energie dat er 40 actieve sporters met een prestatie van 300 Watt (niveau topsporter) nodig is om deze gedurende dat uur van energie te voorzien.

Er kan tevens gekeken worden naar de efficiëntie van de sauna, daar momenteel het merendeel van de energie verloren gaat door slechte isolatie richting kleedkamers en het gebouw zelf.

Als laatste is het onverdeeld resultaat van 1300 Watt gedurende de nacht een zeer hoog getal. In gedachte houdend dat de locatie groot is en er zeer veel apparatuur is, blijft een 1300 Watt aan energieverbruik uit 'uit het oog geplaatste' apparatuur veel. Onnodige apparatuur moet als dusdanig behandeld en verwijderd worden en 'standby' functies moeten vermeden worden. Een deel is toe te wijzen aan het reclamebord met verlichting, maar denkend aan TL-buizen blijft er te veel onverdeeld.

Buiten een aantal kleine apparaten, zoals de server, zou de apparatuur letterlijk uit moeten gaan en het nachtverbruik van 3,3 kWh terug moeten gaan naar een 'normale' paar honderd Watt.

Bijlage D – Theorie Generatoren

Generatoren zijn er in meerdere verschillende vormen, maar worden meestal op basis van spanning gescheiden. De gelijk- en de wisselspanning generator. Het verschil tussen deze twee is de wijze waarop de energie wordt afgenomen van de spoelen die door het magnetische veld worden bewogen. In de meest basis vorm wordt er bij de gelijkspanningsgenerator een onderbreking toegepast, de zogenaamde borstels, die ervoor zorgt dat de stroom ten alle tijden dezelfde richting aanhoudt. Deze onderbreking brengt echter vonken, ozone en extra slijtage met zich mee, wat bijvoorbeeld goed zichtbaar is bij een oudere boormachine waar de borstels vaak vonken en ozone genereren terwijl een baan zichtbaar is op de commutor.

Het mooie aan het principe, zie bron voor uitleg[57], is dat slechts met kleine additionele elektronische elementen de energie kan worden gestuurd tot electriciteit in de gewenste vorm. Bij voorkeur voor gelijkspanning is het dan ook aanbevolen om een wisselspanning met diodes te bewerken. Hiermee voorkomt men het verlies aan energie in de vonken en natuurlijk de slijtage bij het onderbreken van de energiestroom tijdens het wisselen van de richting. Een standaard spoel roterend in een magnetisch veld zal zonder aanpassingen een wisselspanning meebrengen. Afhankelijk van de hoeveelheid magnetische flux en het aantal windingen die de spoel bevat loopt deze spanning en stroom op tot een bruikbare hoeveelheid energie.

Alhoewel de generatoren op basis van spanning worden onderscheiden is het voornamelijk het verschil van beweging die de constructie bepaald. De meeste rotatie generatoren maken gebruik van het bewegen van de spoel door een magnetisch veld. Hierbij gebruik maken van meerdere polen indien mogelijk om meerdere fasen en hogere efficiëntie te realiseren, blijft het een basis principe van een spoel draaiend door een magnetisch veld.

Het alternatief is een lineaire generator waarbij een serie magneten, in wisselende richting geplaatst, langs spoelen worden bewogen. Het bewegen van het veld langs de spoelen veroorzaakt net zoals de spoel door het veld een elektrische spanning. Een bijkomend voordeel is dat door de hogere sterkte van de magneten de magneten nu bewogen kunnen worden. De originele constructies hadden magneten die met hun zwakkere veld een elektrische versterking konden gebruiken.

Hierbij waren twee oplossingen, de externe en de interne energiebron versterking. In beide gevallen verbruikt de generator een lichte hoeveelheid energie en heeft daarmee een lagere efficiëntie. Voor de interne versterking geldt dat de initiële energie die in het zwakke veld wordt opgewekt om de wikkelingen rondom de magneten wordt geleid om zodoende de magneet te versterken. De toename van het veld veroorzaakte een hogere spanning tot het moment waarop de magneten verzadigt raken vanaf wanneer de generator extern voor een spanning gaat zorgen. Hierbij is de draairichting van belang om zo niet de zwakke magneet te demagnetiseren. Bij een externe energiebron kan een volledig elektrische magneet gebruikt worden en is er geen kans op beschadiging. Om deze reden wordt de interne versie minder toegepast.

De nieuwere en sterkere Neodymium magneten maken het mogelijk om zonder de extra spanning een interessante spanning te leveren. Een bijkomend voordeel is dat deze nu in plaats van de spoel kunnen roteren wat met minder massa een voordeel oplevert in de opstartenergie. Ook het gebrek aan extra wikkelingen om de magneten zorgt voor lichtere en compactere generatoren.

Waar de meeste generatoren nog met de term dynamo worden betiteld, is de term origineel bedoeld voor een gelijkspanningsgenerator. De term wordt echter al jaren onzorgvuldig gebruikt daar de generator op een fiets een wisselspanninggenerator is en ook deze als dynamo wordt aangewezen.

Bijlage E –Berekeningen

Opbrengst Generators

De opbrengsten berekenend naar het maximale toerental per spoel, generator en dubbele set generators. Het bewerken van dit formuleblad levert per overbrenging en aangepaste magneten de gewenste resultaten die binnen 10% nauwkeurigheid vallen bij metingen op het prototype.

	Voeten	Vliegwiël	Aandrijf-fas	Generator
rpm	130,00	390,00	390,00	1170,00
Hz	2,17	6,50	6,50	19,50
Aantal poolen	39,00			
Hz Magneet	84,50	253,50	253,50	760,50
Overbrenging	3,00	1,00	3,00	
Tc totaal in Nm.	12,52	4,17	4,17	1,39
Max. Kg. Weerstand trapper	62,62			
Magneet in Tesla max	0,30			
Opp. Magneet	0,000706858	0,03		
Diameter Spoel	0,03	0,0009		
Afstand kern tot spoel	0,01	0,0001		
PHI	0,000212058	-0,000212058	0,000424115	
t	0,001314924			
N	250,00			
ur	700			
u0	1,25664E-06	(staal u/u0)		
u	0,000879646			
L	112131,60		Ohm * s => Ohm * 1/dt	
Stroom B = uH (mA)	0,000621785		B = uH & H = Wb/I => B = u Wb / I => I = u Wb / B	
Emf	80,63486594		E = N d(PHI2 - PHI1)/dt	
i	0,546882538		L di/dt = N dPHI/dt	
c	200		op welk vermogen is de gen gericht	
Tc	0,046388218		Tc = c PHI I	
Tc 6 spoelen	0,278329311			
Nm op As	1,391646553			
Stroom Inductiewet (A)	0,047307563		I = 2B(R^2 + x^2)^3/2 / u0 n R^2	
Watt per spoel	44,09780014	264,59		
Watt per 20 spoelen	881,9560028			
20 spoelen	881,9560028			
Dubbele generators	1763,912006			

Efficiëntie per methode opslag van energie

Voor de maximaal haalbare opbrengst van 400Wh, een sporter levert een uur lang 400Watt aan energie, zijn verschillende uitkomsten genomen om in de break-even terug te kunnen nemen.

		H2		Batterij		Omvormer
E in Wh		392,31		392,31		392,31
E in kJ		1.412,33		1.412,33		1.412,33
El => Opslag	66%	932,14	80%	1.129,86	100%	1.412,33
Opslag => El	70%	652,50	80%	903,89	100%	1.412,33
Omvormer	95%	619,87	95%	858,70	95%	1.341,71
E in Wh		172,19		238,53		372,70
% efficiëntie		43,89%		60,80%		95,00%
€ per	m3	€ 1,41			kWh	€ 0,14
aantal	m3	€ 0,07			kWh	€ 0,37
€ verdiend		€ 0,10				€ 0,05

Verloop van rente

Het verloop van rente met break-even overzicht aan de hand van energiemaatschappijen en stijging in prijzen.

2001	100,00%		Jaar	Rente	kWh €	kWh	Opbrengst	Lessen	Installatie 2%	Kostprijs p product
2002	107,30%	7,30%	1	107,30%	€ 0,14	1,67	€ 139,66	600,00	€ 1.900,34-	€ 190,03-
2003	115,13%	7,30%	2	115,13%	€ 0,15	1,67	€ 149,86	600,00	€ 1.788,49-	€ 178,85-
2004	123,54%	7,30%	3	123,54%	€ 0,16	1,67	€ 160,80	600,00	€ 1.663,46-	€ 166,35-
2005	132,56%	7,30%	4	132,56%	€ 0,17	1,67	€ 172,53	600,00	€ 1.524,20-	€ 152,42-
2006	142,23%	7,30%	5	142,23%	€ 0,18	1,67	€ 185,13	600,00	€ 1.369,55-	€ 136,96-
2007	152,62%	7,30%	6	152,62%	€ 0,20	1,67	€ 198,64	600,00	€ 1.198,30-	€ 119,83-
2008	163,76%	7,30%	7	163,76%	€ 0,21	1,67	€ 213,14	600,00	€ 1.009,12-	€ 100,91-
2009	175,71%	7,30%	8	175,71%	€ 0,23	1,67	€ 228,70	600,00	€ 800,60-	€ 80,06-
2010	188,54%	7,30%	9	188,54%	€ 0,24	1,67	€ 245,40	600,00	€ 571,21-	€ 57,12-
2011	202,30%	7,30%	10	202,30%	€ 0,26	1,67	€ 263,31	600,00	€ 319,32-	€ 31,93-
2012	217,07%	7,30%	11	217,07%	€ 0,28	1,67	€ 282,54	600,00	€ 43,17-	€ 4,32-
2013	232,91%	7,30%	12	232,91%	€ 0,30	1,67	€ 303,16	600,00	€ 259,13	€ 25,91
2014	249,92%	7,30%	13	249,92%	€ 0,32	1,67	€ 325,29	600,00	€ 589,60	€ 58,96
2015	268,16%	7,30%	14	268,16%	€ 0,35	1,67	€ 349,04	600,00	€ 950,43	€ 95,04
2016	287,74%	7,30%	15	287,74%	€ 0,37	1,67	€ 374,52	600,00	€ 1.343,96	€ 134,40
2017	308,74%	7,30%	16	308,74%	€ 0,40	1,67	€ 401,86	600,00	€ 1.772,70	€ 177,27
2018	331,28%	7,30%	17	331,28%	€ 0,43	1,67	€ 431,19	600,00	€ 2.239,34	€ 223,93
2019	355,46%	7,30%	18	355,46%	€ 0,46	1,67	€ 462,67	600,00	€ 2.746,80	€ 274,68
2020	381,41%	7,30%	19	381,41%	€ 0,50	1,67	€ 496,45	600,00	€ 3.298,18	€ 329,82
2021	409,26%	7,30%	20	409,26%	€ 0,53	1,67	€ 532,69	600,00	€ 3.896,83	€ 3.896,83

Bijlage F – 3D Model CD

Op deze pagina is een CD-rom toegevoegd met de SolidWorks bestanden van het oorspronkelijke model, de aangepaste prototype onderdelen en de technische tekeningen.