

Faculteit Industriële Ingenieurswetenschappen

master in de industriële wetenschappen: elektronica-
ICT

Masterthesis

SOTA onderzoek: meten van motivatie adhv wearables

Tibo Vandenberg

Scriptie ingediend tot het behalen van de graad van master in de industriële wetenschappen: elektronica-ICT

PROMOTOR :

dr. Eva GEURTS

PROMOTOR :

Hanne VAN OVERLOOP

Gezamenlijke opleiding UHasselt en KU Leuven



Universiteit Hasselt | Campus Diepenbeek | Faculteit Industriële Ingenieurswetenschappen | Agoralaan Gebouw H - Gebouw B | BE 3590 Diepenbeek

Universiteit Hasselt | Campus Diepenbeek | Agoralaan Gebouw D | BE 3590 Diepenbeek
Universiteit Hasselt | Campus Hasselt | Martelarenlaan 42 | BE 3500 Hasselt



2023
2024

Faculteit Industriële Ingenieurswetenschappen

master in de industriële wetenschappen: elektronica-
ICT

Masterthesis

SOTA onderzoek: meten van motivatie adhv wearables

Tibo Vandenberg

Scriptie ingediend tot het behalen van de graad van master in de industriële wetenschappen: elektronica-ICT

PROMOTOR :

dr. Eva GEURTS

PROMOTOR :

Hanne VAN OVERLOOP



KU LEUVEN

Woord vooraf

Door de psychologische insteek in dit onderzoek leek het me een interessante uitdaging om de aangeleerde ingenieursvaardigheden van de afgelopen jaren hierop toe te passen. Het is een zeer leerrijk traject geweest. Daarom zou ik graag mijn interne promotor dr. Eva Geurts bedanken voor de begeleiding, suggesties en vormgeving in dit onderzoek. Daarna zou ik ook graag mijn externe promotoren Wouter Goris en Hanne Van Overloop van Ready2Improve bedanken voor de expertise binnen het psychologische aspect van deze masterproef en voor het opstellen van het experiment.

Inhoudsopgave

| | |
|---|-----------|
| Woord vooraf | 1 |
| Lijst met tabellen | 7 |
| Lijst met figuren | 9 |
| Verklarende woordenlijst | 11 |
| Abstract | 13 |
| Abstract in English | 15 |
| 1 Inleiding | 17 |
| 1.1 Situering | 17 |
| 1.2 Probleemstelling | 17 |
| 1.3 Doelstellingen | 18 |
| 1.4 Methode | 18 |
| 1.5 Vooruitblik | 18 |
| 2 Bronnenstudie motivatie | 19 |
| 2.1 Inleiding | 19 |
| 2.2 Resultaten van de bronnenstudie | 19 |
| 2.2.1 Algemene benadering | 19 |
| 2.2.2 Doelstellingentheorie | 20 |
| 2.2.3 Behoeftenpiramide | 21 |
| 2.2.4 ERG-theorie | 21 |
| 2.2.5 Tweefactorentheorie | 22 |
| 2.2.6 Theorie van de drie noden | 22 |
| 2.2.7 Verwachtingstheorie | 23 |
| 2.2.8 Zelfdeterminatietheorie | 23 |
| 2.3 Conclusie | 25 |
| 3 Bronnenstudie | 27 |
| 3.1 Inleiding | 27 |
| 3.2 Bestaande producten | 27 |
| 3.2.1 Mindstretch | 27 |
| 3.2.2 Whoop | 28 |
| 3.2.3 Welltory | 28 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 3.2.4 | Oura Ring | 28 |
| 3.2.5 | Fitbit Coach | 28 |
| 3.2.6 | Polar Elixir | 28 |
| 3.2.7 | Garmin | 29 |
| 3.3 | Vragenlijsten | 29 |
| 3.3.1 | Basic Psychological Need Satisfaction and Frustration Scale | 29 |
| 3.4 | Octrooien | 29 |
| 3.4.1 | Niet-opdringerige schatting van motivatie | 29 |
| 3.4.2 | Geautomatiseerd systeem voor het meten van motivatie | 29 |
| 3.5 | Biomarkers | 30 |
| 3.5.1 | Activiteit | 30 |
| 3.5.2 | Slaap | 30 |
| 3.5.3 | Hartslagvariabiliteit | 30 |
| 3.5.4 | Elektrodermale activiteit | 33 |
| 3.5.5 | Elektro-encefalogram | 33 |
| 3.6 | Effect van wearables dragen | 34 |
| 3.7 | Conclusie | 34 |
| 4 | Methode | 37 |
| 4.1 | Experiment | 37 |
| 4.2 | Beschrijving dataset | 41 |
| 4.3 | Dataverwerking | 43 |
| 5 | Resultaten | 45 |
| 5.1 | Grafieken | 45 |
| 5.1.1 | Activiteit | 45 |
| 5.1.2 | Hartslag | 45 |
| 5.1.3 | Slaap | 45 |
| 5.2 | Correlaties | 46 |
| 5.3 | Gemiddelde waarden | 47 |
| 6 | Discussie | 53 |
| 6.1 | Grafieken | 53 |
| 6.1.1 | Activiteit | 53 |
| 6.1.2 | Hartslag | 53 |
| 6.1.3 | Slaap | 53 |
| 6.2 | Correlaties | 54 |
| 6.2.1 | HRV en motivatie | 54 |
| 6.2.2 | Activiteit en motivatie | 54 |
| 6.2.3 | Slaapefficiëntie en motivatie | 54 |
| 6.3 | Gemiddelde waarden | 54 |
| 6.4 | Algemene opmerkingen | 54 |
| 7 | Besluit | 57 |
| 7.1 | Limitaties | 57 |
| 7.2 | Conclusie | 57 |
| 7.3 | Toekomstig onderzoek | 57 |

| | |
|--|-----------|
| Literatuurlijst | 65 |
| A Bijlage - Basic Psychological Need Satisfaction and Frustration Scale | 67 |
| B Bijlage - Jupyter Notebook | 71 |
| B.1 Grafieken | 71 |
| B.2 Correlaties | 79 |
| B.3 Statistieken | 83 |

Lijst van tabellen

| | | |
|-----|--|----|
| 4.1 | Nood waarnaar de <i>statements</i> uit de vragenlijst peilen | 40 |
| 4.2 | De verzamelde data in verband met hartslag | 41 |
| 4.3 | De verzamelde data in verband met activiteit (deel 1) | 42 |
| 4.4 | De verzamelde data in verband met activiteit (deel 2) | 42 |
| 4.5 | De verzamelde data in verband met activiteit (deel 3) | 42 |
| 4.6 | De verzamelde data in verband met motivatie | 42 |
| 5.1 | Correlaties van HRV, actieve minuten en slaapefficiëntie met motivatie | 46 |
| 5.2 | Gemiddelde correlaties per categorie | 46 |
| 5.3 | Gemiddelde waardes in verband met de hartslag | 47 |
| 5.4 | Gemiddelde waardes voor fysieke activiteit | 47 |
| 5.5 | Gemiddelde waardes in verband met sedentair gedrag en slaap | 48 |
| 5.6 | Gemiddelde waardes voor de motivatie en de componenten daarvan | 48 |
| 5.7 | Gemiddelde waardes van de parameters van alle deelnemers | 48 |

Lijst van figuren

| | | |
|-----|---|----|
| 2.1 | Grafische voorstelling van de behoeftenpiramide [1] | 21 |
| 2.2 | ERG-theorie [1] | 21 |
| 2.3 | Motivatie op een continue schaal [2] | 24 |
| 3.1 | Lage versus hoge HRV [3] | 32 |
| 3.2 | HRV in het frequentiedomein [4] | 33 |
| 4.1 | <i>Dashboard</i> binnen het Improverplatform | 37 |
| 4.2 | Voorbeeld van een trainingsschema voor twaalf weken | 39 |
| 4.3 | Grafiek met de evolutie in HRV en hartslag in rust | 40 |
| 4.4 | Grafiek met scores op de drie noden en totale motivatie | 41 |
| 5.1 | Activiteit en motivatie in functie van de tijd (datum) | 50 |
| 5.2 | Hartslag in rust, HRV en motivatie in functie van de tijd (datum) | 51 |
| 5.3 | Slaapefficiëntie en motivatie in functie van de tijd (datum) | 52 |

Verklarende woordenlijst

| | |
|----------------------|--|
| <i>Biomarker</i> | Fysiek meetbare indicator van een biologisch proces, toestand of conditie. |
| Elektrocardiogram | Registratie van de elektrische activiteit van de hartspier, afgekort als ECG. |
| Elektro-encefalogram | Registratie van de elektrische activiteit vanuit de hersenen, afgekort als EEG. |
| <i>Gamification</i> | Toevoegen van competitieve en speelse elementen om een product of ander gegeven aantrekkelijker te maken. |
| Open source | Letterlijk vertaald als open bron. Wordt vaak binnen <i>software</i> -ontwikkeling gebruikt: de term verwijst ernaar dat de broncode vrij beschikbaar is om te raadplegen of zelf mee aan de slag te gaan. |
| Thermoregulatie | Handhaving van de lichaamstemperatuur. |
| Veerkracht | Het vermogen om effectief om te gaan met, aan te passen aan, en te herstellen van tegenslagen, stressvolle situaties of veranderingen. Hierbij worden basisfuncties en identiteit behouden of zelfs versterkt. |
| <i>Wearable</i> | Draagbare <i>tracker</i> die <i>biomarkers</i> meet. |
| Wilskracht | Vermogen om iets te doen, ondanks alle verleidingen om iets anders te doen. |

Abstract

Ready2Improve wil zijn digitale coachingsmethode verbeteren. Daarom is het waardevol om motivatie te meten voor een nauwkeurigere opvolging van klanten en om in te grijpen op het moment dat er een dip in motivatie optreedt. Deze masterproef heeft een theoretisch kader vastgelegd rondom motivatie. De belangrijkste theorie hiervoor is de zelfdeterminatietheorie (ZDT). Aan de hand van onder andere fysieke activiteit, slaap en hartslagvariabiliteit (gemeten via Fitbit-toestellen) werden verbanden gezocht met de motivatie. De motivatie werd gemeten bij 6 deelnemers tijdens een traject van 4 weken aan de hand van een vragenlijst, die ontwikkeld werd in het kader van de zelfdeterminatietheorie. Uit het experiment volgt dat een hogere hartslagvariabiliteit samenhangt met een hogere motivatie en vice versa. Voor toekomstig onderzoek wordt gesuggereerd om een *machine learning*-model te ontwikkelen en te voeden met zoveel mogelijk data die beschikbaar is binnen Ready2Improve. Hiervoor kunnen onder andere (maar niet alleen) slaap, fysieke activiteit, hartslagvariabiliteit en elektrodermale activiteit gebruikt worden als input features. Als target feature kan het resultaat van de vragenlijst dienen. Op deze manier kan een complex verband gezocht worden tussen meetbare factoren en de motivatie. Op lange termijn zou een indicatie van de motivatie verkregen kunnen worden door middel van voorspellingen op basis van metingen aan de hand van wearables.

Abstract in English

Ready2Improve wants to improve its digital coaching method. Therefore, it would be valuable to measure motivation for a more accurate follow-up of customers and to intervene when a dip in motivation occurs. This master's thesis has established a theoretical framework around motivation. The most important theory in this regard is the self-determination theory (SDT). Connections with motivation were sought based on, among other things, physical activity, sleep and heart rate variability (measured via Fitbit devices). Motivation was measured in 6 participants during a period of 4 weeks on the basis of a questionnaire developed in the context of self-determination theory. The experiment shows that a higher heart rate variability is associated with higher motivation and vice versa. For future research, it is suggested to develop a machine learning model and train it with as much data as possible available within Ready2Improve. For this purpose, sleep, physical activity, heart rate variability and electrodermal activity can be used as input features. The result of the questionnaire can serve as a target feature. In this way, a complex connection can be sought between measurable factors and motivation. In the long term, an indication of motivation could be obtained through predictions based on measurements using wearables.

Hoofdstuk 1

Inleiding

Dit eerste hoofdstuk voorziet de situering, probleemstelling, doelstellingen, de toegepaste methode en vooruitblik over deze masterproef. Dit geeft een globaal beeld over de reden waarom het onderzoek gevoerd is en de wijze waarop.

1.1 Situering

Ready2Improve is een Belgisch bedrijf waarvan het hoofdkantoor gevestigd is in Sint-Truiden met als missie “mensen inspireren om duurzaam gemotiveerd te zijn om gezonder te leven en zo de wereld een stukje gezonder maken” [5]. Het bedrijf biedt voornamelijk een groepsgerichte aanpak om de fitheid binnen bedrijven te verbeteren en werkt volgens een gestructureerde methode. Deze is gebaseerd op technologie, wetenschappelijk onderzoek en *gamification* [6].

Hiermee probeert het bedrijf ook om lage productiviteit, hoge stressniveaus en lage moraal aan te pakken. Op lange termijn kan dit banden smeden onder werknemers en burn-outs verminderen. Een bijkomend voordeel is het waarschijnlijke gewichtsverlies. Dit kan een belangrijke meerwaarde zijn voor de samenleving, aangezien 49 procent van de bevolking ouder dan 18 jaar te zwaar is met een Body Mass Index (BMI) van minstens 25 [7]. Zo organiseert Ready2Improve bijvoorbeeld ‘Het Fitste Bedrijf’: een project waarin werknemers van bedrijven uitgedaagd worden om binnen 12 weken hun fysieke gezondheid te verbeteren [8].

1.2 Probleemstelling

Voor Ready2Improve is het ontwikkelen van gezonde gewoontes de grootste drijfveer voor een duurzame, gezonde levensstijl. Dit gebeurt aan de hand van motivationele coaching om de motivationele kracht te versterken. Deze laatste is nodig om een gezonde levensstijl op lange termijn vol te houden. Het bedrijf wil zijn coachingsmethode verder digitaliseren, zodat het zijn impact kan vergroten om meer mensen te bereiken en tegelijk te kunnen opvolgen. Om die reden streeft Ready2Improve ernaar om de motivatie van zijn klanten digitaal te meten. Dit kan inzicht geven in de vooruitgang en moeilijke momenten. Dit zorgt voor de opportuniteit om (eventueel softwarematig) een interventie op te starten op een moment waarin een veranderende motivatie gedetecteerd wordt. Hiervoor zoekt het bedrijf informatie naar de fysiek meetbare componenten die in verband staan met de motivatie. Een bijkomende vraag is of de wearables die momenteel

gebruikt worden binnen de trajecten van Ready2Improve, in staat zijn om deze componenten meten. Na het ophalen van de gemeten data zou deze gefilterd en verwerkt moeten worden. Om de digitale coaching methode binnen Ready2Improve verder te optimaliseren, is het nodig om met dit onderzoek een basis te leggen voor toekomstige ontwikkelingen en implementaties omtrent het meten van motivatie.

1.3 Doelstellingen

Deze masterproef beoogt inzicht verkrijgen in de *state of the art* omtrent het meten van motivatie aan de hand van *wearables*. Hiervoor is het nodig om eerst een theoretisch kader vast te leggen rond motivatie en van daaruit verder te werken. Vervolgens zal een literatuurstudie uitwijzen of er al methoden bestaan om motivatie te meten aan de hand van *wearables*. Alternatieve technologieën of algoritmes die andere of gelijkaardige mentale componenten meten, kunnen evenzeer een meerwaarde bieden. Dit onderzoek tracht te bepalen welke fysiek meetbare factoren een invloed hebben op de motivatie. Daarnaast is het belangrijk om te weten of de *wearables* die momenteel binnen trajecten gebruikt worden, voldoen aan de specificaties om de gewenste factoren te meten en wat de haalbaarheid is om mensen continu een *wearable* te laten dragen. Een volgend doel is het afnemen van vragenlijsten en tegelijk meten en verwerken van de *wearables*' data. Om te bepalen of er verbanden zijn tussen de fysiek meetbare factoren of *biomarkers* en motivatie, is het een vereiste om de meetgegevens van de *wearables* te vergelijken met de resultaten van de vragenlijsten. Deze masterproef is voor Ready2Improve een belangrijke eerste stap richting het digitaal meten van motivatie en doelt op het leggen van de basis voor verdere toekomstige ontwikkelingen.

1.4 Methode

Na een extensieve literatuurstudie om te begrijpen wat het begrip motivatie inhoudt en welke technologieën er bestaan, volgt het experiment. In dit experiment volgen deelnemers één van de bestaande trajecten binnen Ready2Improve. Op basis van een initiële sportieve zelftest ontvangen de deelnemers een persoonlijk trainingsschema. Gedurende dit traject dragen de deelnemers een *wearable* om meetgegevens te verzamelen. Tijdens het experiment vullen de deelnemers elke week minstens twee keer een vragenlijst in omtrent motivatie. De resultaten van de vragenlijst worden daarna vergeleken met de meetgegevens van de *wearables*.

1.5 Vooruitblik

Hoofdstuk 2 bespreekt een bronnenstudie omtrent het begrip motivatie, wat een groot deel van dit onderzoek beslaat. Hierin wordt een theoretische omkadering vastgelegd rondom het begrip motivatie, gebaseerd op recente literatuur. Hoofdstuk 3 van deze masterproef behandelt een literatuurstudie waarin onderzocht wordt of er al methodes, algoritmes of patenten bestaan waarin motivatie of andere mentale componenten gemeten worden. Hoofdstuk 4 bespreekt de methode en aanpak van het verrichte experiment. Hoofdstuk 5 behandelt de resultaten van het experiment dat uitgevoerd werd. Daarna volgt de interpretatie van de resultaten in hoofdstuk 6. Finaal bespreekt hoofdstuk 7 de limitaties, conclusie en invloed van deze masterproef op toekomstig onderzoek.

Hoofdstuk 2

Bronnenstudie motivatie

2.1 Inleiding

Motivatie is een abstract gegeven en daarom is het van belang om te begrijpen wat de afkomst is van dit begrip en wat het betekent in een bredere context. Daarna wordt er verder toegespitst op de ontleding van motivatie binnen een psychologische context. Er bestaan namelijk verschillende theorieën die motivatie beschrijven. Dit hoofdstuk behandelt een aantal invloedrijke theorieën. Deze vertonen gelijkenissen en overlappingen, maar ook verschillen. Het doel hier is niet om een finale theorie te bekomen omtrent motivatie, maar wel om een idee te krijgen van de huidige benaderingen naar motivatie en om een theoretisch kader vast te leggen waarbinnen dit onderzoek kan plaatsvinden.

2.2 Resultaten van de bronnenstudie

2.2.1 Algemene benadering

De term ‘motivatie’ wordt in Van Dale gedefinieerd als ‘beweegreden, drijfveer’ [9]. De etymologische afkomst van het woord ‘motivatie’ ligt in het Latijnse ‘movere’, dat vertaald wordt als ‘bewegen’. Vandaar dat de term ‘motivatie’ in verband gebracht wordt met de betekenis ‘beweegreden’. Letterlijk vertaald kan ‘motivatie’ gezien worden als hetgeen wat mensen beweegt of richting geeft tot bepaald gedrag [10].

In het moderne bedrijfsleven wordt motivatie vooral in verband gebracht met efficiënt en productief werken: een hogere motivatie zorgt ervoor dat werknemers beter presteren [11]. Binnen het grotere plaatje speelt motivatie een rol in hoe de mens door het leven beweegt. Motivatie is over het algemeen een belangrijke kracht voor het initiëren en onderhouden van doelgericht gedrag. Op persoonlijk vlak streeft de mens naar het ontwikkelen van zijn zelfbewustzijn en het realiseren van dromen en ambities. Dit helpt om sterke en zwakke punten te begrijpen, het geeft ons richting om doelen te bereiken en helpt om nieuwe vaardigheden te verwerven en kennis uit te breiden.

Evolutionair gezien is motivatie één van de hulpmiddelen die helpen om te overleven en de mens in staat stelt om zich aan te passen aan veranderende omstandigheden. Het doel hiervan is om het welzijn te behouden opdat het grotere doel bereikt wordt: de soort in stand houden [12].

Om de soort in stand te houden, is het nodig voor mensen (maar ook voor elke andere soort in de natuur) te slagen in een aantal taken [13]. Tot deze taken behoren het optimaliseren van het aantal en de overleving van genkopieën, het handhaven van lichamelijke integriteit, het vermijden van externe bedreigingen, het optimaliseren van omgevings- en sociaal kapitaal, en het verwerven van voortplantings- en overlevingsvaardigheden [14]. De term ‘veerkracht’ is een belangrijk onderdeel binnen ‘motivatie’. Binnen evolutionaire context is dit het vermogen van een soort om zich aan te passen aan veranderingen in de omgeving en om te herstellen van tegenslagen. Dit is belangrijk in kader van bijvoorbeeld klimaatveranderingen of habitatverlies. Soorten met grotere veerkracht hebben grotere kans op overleven en te aarden onder veranderende omstandigheden [15]. Algemeen gezien is veerkracht dus het aanpassingsvermogen aan veranderende omstandigheden. In het dagelijkse leven zouden dit bijvoorbeeld tegenslagen kunnen zijn en de ingesteldheid waarmee een individu hiermee omgaat.

Motivatie wordt in de hersenen gereguleerd door onder andere dopamine [16]. Dopamine is een neurotransmitter en wordt ook wel ‘gelukshormoon’ genoemd. Het vrijgeven van dopamine zorgt voor een euforisch gevoel. Dit werkt volgens een beloningssysteem: bij het bereiken van een doel geven de hersenen een beloning, namelijk een afgifte van dopamine. Hierdoor ontstaat een drift om bepaalde zaken na te streven zoals eten, drinken, sporten of het bereiken van een doel. Dit gebeurt allemaal om de beloning te krijgen. Het streven naar deze doelen is noodzakelijk om als mens in goede gezondheid te blijven. Echter heeft dit beloningssysteem ook een keerzijde: de kans op verslaving [17]. Zowel drugs, fastfood, gokken als scrollen door sociale media zorgen voor zeer hoge en snelle pieken in dopamine. Dit maakt het zeer moeilijk om hiervan af te kicken, omdat de hersenen hevig verlangen naar dopamine.

Binnen de psychologie wordt onderscheid gemaakt tussen intrinsieke en extrinsieke motivatie. Intrinsieke motivatie komt vanuit de persoon zelf. Zo kan een persoon een sport beoefenen omdat hij of zij dit fijn vindt en een boek lezen uit interesse. In beide gevallen zijn het spontane gevoelens die leiden tot dit gedrag [10]. Bij extrinsieke motivatie is de motivatie afkomstig van externe factoren, bijvoorbeeld voor een overwinning of geld enerzijds of voor het vermijden van een straf anderzijds [18].

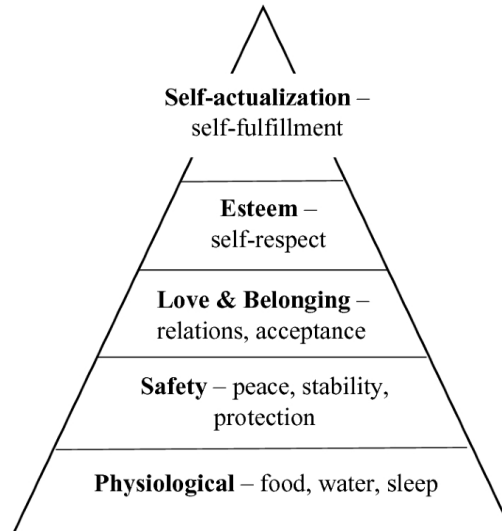
Een veelvoorkomende term binnen motivatietheorieën is wilskracht. Wilskracht gaat over de discipline om iets te doen. Motivatie daarentegen gaat eerder over de beweegredenen om iets wel of niet te doen. Wilskracht kan vergeleken worden met een spier of batterij. Als er in korte tijd veel van gevraagd wordt, raakt deze moe en raakt de energie op. Na een tijdje herstelt het weer. Wilskracht is een concept binnen motivatie dat invloed heeft op korte termijn. Op lange termijn is het belangrijk om wilskracht niet uit te putten omdat het moeilijker wordt om impulsen te beheersen, wat kan leiden tot ongewenst gedrag. Een potentieel gevolg hiervan is dat er moeilijkheden ontstaan bij het najagen en bereiken van doelen.

2.2.2 Doelstellingentheorie

Locke benadrukt in de doelstellingentheorie het verband tussen doelen zetten en prestaties [19]. De beste prestaties vinden plaats wanneer het doel zeer specifiek gedefinieerd en uitdagend maar niet onbereikbaar is. Het is daarenboven belangrijk om feedback te krijgen. Ook deadlines spelen een rol bij het stellen en bereiken van het doel [20].

2.2.3 Behoeftenpiramide

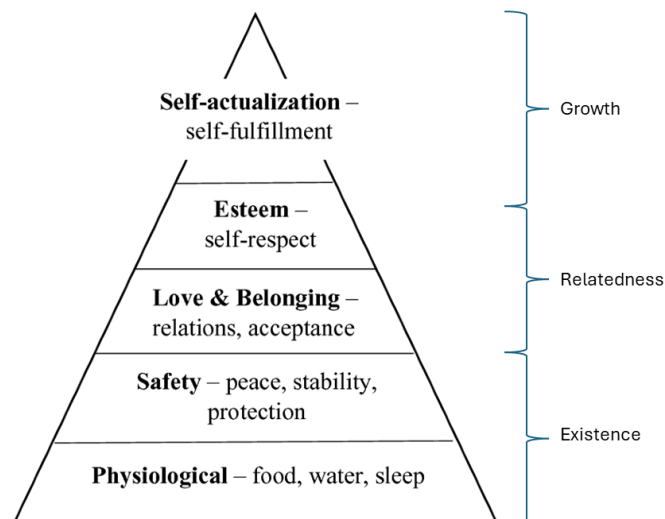
De behoeftenpiramide van Maslow stelt dat mensen gemotiveerd worden doordat ze noden hebben [21]. Hierbij is een hiërarchische orde aanwezig die ervoor zorgt dat mensen niet gemotiveerd zijn door een bepaalde nood, totdat alle lager gelegen noden voltooid zijn [21]. Zo zal een individu niet gemotiveerd zijn op vlak van relaties zolang de noden op vlak van fysiologische welgesteldheid en veiligheid niet voldaan zijn. Figuur 2.1 toont de piramide met de noden [1].



Figuur 2.1: Grafische voorstelling van de behoeftenpiramide [1]

2.2.4 ERG-theorie

De ERG-theorie van Alderfer is een verder ontwikkelde versie van de behoeftenpiramide. ERG staat voor *existence*, *relatedness* en *growth* oftewel het bestaan, verwantschap en groei [22]. Deze drie componenten zijn gereduceerd uit de vijf componenten van de behoeftenpiramide. Figuur 2.2 toont de overgang van vijf componenten uit de piramide naar drie componenten.



Figuur 2.2: ERG-theorie [1]

De component *existence* of bestaan omvat basisbehoeften die essentieel zijn om te overleven.

Hiertoe behoren onder andere voedsel, water, onderdak en veilige leefomstandigheden. *Relatedness* of verwantschap betreft relaties hebben met anderen en geaccepteerd worden in sociale kringen. *Growth* of groei omvat de behoefte aan persoonlijke ontwikkeling.

2.2.5 Tweefactorentheorie

Herzberg stelt in de tweefactorentheorie dat tevredenheid en ontevredenheid geen exacte tegengestelden zijn, maar onafhankelijk zijn. Dit betekent dat als de ontevredenheid stijgt, de tevredenheid niet noodzakelijk daalt. De theorie werd afgetoetst aan de hand van interviews met accountants en ingenieurs. De gedachte hierachter was dat deze jobs belangrijk zijn of worden in de businesswereld [23]. Daarnaast definieert Herzberg motivatiefactoren en hygiënefactoren. Motivatiefactoren zijn aspecten van het werk die zorgen voor werktevredenheid en motivatie. Voorbeelden hiervan zijn erkenning, prestatie, verantwoordelijkheid, groei en het werk zelf [24]. Hygiënefactoren hebben betrekking op de context waarin het werk plaatsvindt. Voorbeelden hiervan zijn salaris, arbeidsomstandigheden, beleid van de organisatie en werksfeer [25]. Verder bepaalt Herzberg ook dat motivationele factoren voor (al dan niet) tevredenheid zorgen en hygiënefactoren zorgen voor (al dan niet) ontevredenheid. Dit betekent dat bijvoorbeeld erkenning zorgt voor tevredenheid en dat het gebrek aan erkenning niet noodzakelijk zorgt voor ontevredenheid. Hieruit volgt ook het omgekeerde: de afwezigheid van factoren die zorgen voor ontevredenheid, zorgen niet voor een gevoel van tevredenheid [21]. Een voorbeeld om dit verder te verduidelijken: stel dat een software-ontwikkelaar bij een bedrijf werkt dat hem een goed salaris, aangename werkomstandigheden en werkzekerheid biedt, dan zijn dit hygiënefactoren die ervoor zorgen dat hij niet ontevreden is over zijn werk. Echter wanneer hij geen erkenning krijgt voor geleverde prestaties of geen kansen ziet om door te groeien in het bedrijf, ontbreekt het aan motivatiefactoren. Indien de leidinggevende beslist om toch een kans te geven om door te groeien, zal de motivatie stijgen. Wanneer de leidinggevende beslist om enkel het salaris te verhogen zonder aandacht te schenken aan erkenning, zal dit hoogstwaarschijnlijk niet leiden tot een hogere werktevredenheid, hoewel het wel helpt om ontevredenheid te voorkomen.

De tweefactorentheorie is gelijkend op de behoeftenpiramide maar introduceert meer factoren om te meten hoe gemotiveerd werknemers zijn binnen de werksfeer. Verder stelt de theorie dat intrinsieke en extrinsieke factoren onafhankelijk zijn ten opzichte van elkaar. Daarnaast gaat de theorie ervan uit dat extrinsieke factoren de ontevredenheid van werknemers ondermijnen, hoewel het ook geen tevredenheid levert. Genoeg intrinsieke motivatie zal de innerlijke groei bevorderen en zorgen voor een hogere productiviteit. Net zoals tevredenheid en ontevredenheid niet noodzakelijk strikt tegenovergesteld zijn, geldt dit ook voor intrinsieke en extrinsieke motivatie [25].

2.2.6 Theorie van de drie noden

De theorie van de drie noden werd ontwikkeld door McClelland en bevindt zich in een eerder organisatorische en leidinggevende context. De theorie contourt dat er 3 verlangens zijn die elke persoon kan ervaren, namelijk macht, verbondenheid en succes [26]. Een van deze kenmerken is gebruikelijk meer dominant aanwezig. Mensen bij wie de nood voor succes aanwezig is, zullen hard werken. Personen bij wie de nood aan verbondenheid het meest prominent aanwezig is, zullen meer tijd spenderen aan het onderhouden van sociale banden. Individuen waarbij de nood aan succes het hoogst aanwezig is, houden discipline hoog in het vaandel en genieten van

erkenning en competitie [26]. Mensen bij wie de nood voor macht aanwezig is, hebben graag invloed en controle. Ze zullen ook proberen op te klimmen in de hiërarchische orde, in de hoop meer macht verkrijgen.

2.2.7 Verwachtingstheorie

Vroom stelt in de verwachtingstheorie dat een individu handelt volgens de verwachting op een mogelijke uitkomst van de activiteit. De theorie is dus gebaseerd op het idee dat het gedrag gemotiveerd is op basis van het geanticipeerd resultaat of potentieel succes. De theorie bestaat uit drie grote pijlers: valentie, instrumentaliteit en verwachting. Valentie verwijst naar de waarde van de uitkomst. Een individu kan bijvoorbeeld zeer veel waarde hechten aan een geldbeloning. De instrumentaliteit verwijst naar de sterkte tussen het gedrag en de gewenste uitkomst. Het is de mate van verwachting dat bijvoorbeeld een goede prestatie leidt tot een bonus. De verwachting is het verband tussen de inspanning van de persoon en de prestatie van het gedrag [27]. Een nadeel van deze theorie is dat ervan uitgegaan wordt dat individuen rationeel denken en handelen om de verwachte uitkomst zoveel mogelijk in hun voordeel te laten spelen, door bijvoorbeeld een zo hoog mogelijk geldbeloning te ontvangen. De theorie houdt geen rekening met gevallen wanneer er emotioneel gehandeld wordt [28].

2.2.8 Zelfdeterminatietheorie

Binnen Ready2Improve wordt de zelfbeschikkingstheorie of zelfdeterminatietheorie (ZDT) gebruikt om motivatie te definiëren. Daarom zal er dieper ingegaan worden op deze theorie. Volgens deze theorie zijn er drie belangrijke componenten: autonome motivatie, gecontroleerde motivatie en amotivatie. De eerste verwijst naar vrijwillige motivatie of gedrag dat gedreven wordt door dat de persoon het zelf wil. Gecontroleerde motivatie wordt gedreven door externe positieve of negatieve feedback, namelijk respectievelijk een beloning of straf. Ook externe verwachtingen behoren hiertoe. Amotivatie is de afwezigheid van motivatie [29].

Net zoals er fysiologische of primaire biologische behoeften zijn die ervoor zorgen dat het menselijke lichaam kan functioneren, zijn er ook psychologische behoeften. Deze behoeften worden ook wel de drie noden genoemd. Binnen de ZDT zijn dit autonomie, competentie en verbondenheid [10]. De theorie stelt dat de groei van een persoon enkel kan plaatsvinden wanneer er voldaan is aan deze drie basisbehoeften. Deze behoeften komen ook voor in de hogere niveaus binnen de behoeftenpiramide van Maslow.

Competentie gaat over het gevoel dat een individu goed is in hetgeen hij of zij doet. Verbondenheid houdt in erbij te horen en zich gewaardeerd te voelen. Autonomie betekent in deze context niet om onafhankelijk te zijn, maar wel om het recht te hebben zelf beslissingen te maken. Het tegengestelde hiervan is heteronomie: een andere persoon zal alle beslissingen nemen. Intrinsieke motivatie is per definitie autonoom doordat het vrijwillig voortkomt uit de persoon zelf, zoals De Charms gesteld heeft [30].

De zelfdeterminatietheorie gaat ervan uit dat dit geldt voor elke persoon, ongeacht de leeftijd, geslacht of cultuur. De basisbehoeften kunnen op elk moment bevredigd of gefrustreerd worden. Dit zorgt voor een variatie van de basisbehoeften en dus ook variatie in motivatie doorheen de tijd.

De theorie focust vooral op het psychologische niveau, hoewel er verschillende onderzoeken ook

aandacht hebben voor processen op biologisch niveau, meer specifiek in de neurowetenschappen [31].

Figuur 2.3 toont de manier waarop ZDT motivatie differentieert op een continue schaal van ‘gecontroleerd’ tot ‘autonoom’ [2].

| | | | | | |
|----------------------------------|--|-------------------------------|---|------------------------------|-----------------------------|
| Amotivation | Extrinsic motivation | | | | Intrinsic motivation |
| <i>Non Regulation</i> | <i>External Regulation</i> | <i>Introjected Regulation</i> | <i>Identified Regulation</i> | <i>Integrated Regulation</i> | <i>Intrinsic Regulation</i> |
| Least self-determined | ←————→ | | | | Most self-determined |
| Amotivation = lack of motivation | Controlled motivation = low-quality motivation | | Autonomous motivation = high-quality motivation | | |

Figuur 2.3: Motivatie op een continue schaal [2]

De reden waarom een persoon bepaalde acties onderneemt, kan beschreven worden op een schaal met aan de ene kant van het spectrum het minst zelfgedetermineerd, en aan de andere kant het meest zelfgedetermineerd. Uiterst links in de tabel staat de amotivatie oftewel het tekort aan motivatie. Uiterst rechts staat intrinsieke motivatie, wat overeenkomt met het meest zelfgedetermineerd. Bij *non-regulation* wordt iemands gedrag niet gereguleerd door enige vorm van motivatie. Dit staat dan ook onder het begrip *amotivation* oftewel het gebrek aan motivatie. *External regulation* is de meest extreme vorm van gecontroleerde motivatie. De enige reden voor bepaald gedrag is om een gewenst gevolg te bereiken, zoals een beloning krijgen of een straf vermijden. Bij *introjected regulation* is het gedrag gedeeltelijk maar niet volledig geïnternaliseerd. Een individu zal bijvoorbeeld sporten om het schuldgevoel achteraf te vermijden [32]. *Identified regulation* vindt plaats wanneer een individu zich kan vinden in de redenen om dat gedrag te vertonen of omdat ze het persoonlijk belangrijk vinden. *Integrated regulation* komt overeen met gedragingen die in overeenstemming zijn met de persoonlijke waarden of doelen. De figuur maakt ook duidelijk dat gecontroleerde motivatie gelijk is aan laag-kwalitatieve motivatie. Autonome motivatie daarentegen is een hoog-kwalitatieve vorm van motivatie.

Volgens ZDT ondermijnt de extrinsieke motivatie de intrinsieke motivatie [18]. Een geldbeloning of verplichting zal er dus voor zorgen dat een persoon minder (intrinsiek) gemotiveerd zal zijn. Zo kan ook geredeneerd worden dat stress een factor is die de intrinsieke motivatie ondermijnt. Stress kan de perceptie van autonomie verminderen. Als mensen het gevoel hebben dat externe factoren hen onder druk zetten en hun keuzes beperken, kunnen ze minder intrinsieke motivatie ervaren. Deadlines of externe verwachtingen bijvoorbeeld kunnen leiden tot een gevoel van dwang, wat de autonomie en de intrinsieke motivatie ondermijnt. Stress kan invloed hebben op de verbondenheid met anderen. Als stress leidt tot conflicten of isolatie, kan het gevoel van verbondenheid verminderen. Dit kan op zijn beurt de intrinsieke motivatie ondermijnen. Indien de voldoening dus op een van de basisbehoeften daalt, daalt de totale motivatie. Niet alle stress heeft dezelfde impact op intrinsieke motivatie. Eustress (positieve stress) kan soms motiverend zijn en gevoelens van competentie versterken, vooral als het gepaard gaat met uitdagende maar haalbare doelen. Daarentegen kan chronische stress schadelijk zijn voor de intrinsieke motivatie. De context en de individuele perceptie van stress spelen een cruciale rol.

2.3 Conclusie

Het begrip motivatie is beschreven vanuit diverse standpunten: zowel vanuit een beknopte samenvatting van het biologische aspect als vanuit theorieën die ontwikkeld zijn binnen de psychologie. Elke theorie benadert motivatie vanuit een ander perspectief. Hoewel verschillend in hun benadering, bieden ze gezamenlijk een breed begrip van motivatie. Een aantal theorieën proberen motivatie te herleiden tot de kern door een aantal noden te definiëren, zoals de theorie van de drie noden en de ERG-theorie. Ook de ZDT definieert drie psychologische basisbehoeften, oftewel de drie noden die tevredengesteld of gefrustreerd kunnen worden. Deze laatste theorie vormt een belangrijk aanknopingspunt voor deze masterproef omdat het een aantal overlappingen en gelijkenissen vertoont met andere besproken theorieën. Zo komt de competentie overeen met de behoefte aan waardering en erkenning binnen de behoeftenpiramide. Hier zoeken individuen waardering door prestaties. De behoefte aan competentie binnen de ZDT komt overeen met de motivatiefactoren zoals erkenning, succes en prestaties binnen Herzbergs tweefactorentheorie. Instrumentaliteit uit Vrooms verwachtingstheorie kan in verband gebracht worden met de behoefte autonomie uit de ZDT, aangezien individuen bij beide theorieën percipiëren dat ze zelf invloed hebben op hun keuzes en de uitkomst ervan. De competentiebehoefte in de ZDT kan gezien worden als een onderdeel van de doelstellingentheorie aangezien het stellen en bereiken van doelen de behoefte aan competentie vervult. Andere elementen van de ZDT die in de andere theorieën voorkomen, zijn onder andere de nadruk op persoonlijke groei, de rol van sociale relaties en de invloed van autonomie en competentie op de motivatie. Aangezien er binnen Ready2Improve ook rond deze theorie gewerkt wordt, zal de ZDT in het verdere verloop van deze masterproef gebruikt worden als theoretisch kader omtrent motivatie.

Hoofdstuk 3

Bronnenstudie

3.1 Inleiding

In het eerste deel van deze bronnenstudie ligt de nadruk op bestaande technologieën, algoritmes en producten in verband met het meten van mentale componenten. Hiertoe behoren ook vragenlijsten omtrent motivatie en octrooien. Daarnaast is het doel hier om te bepalen welke fysieke factoren of *biomarkers* een indicatie geven over de mentale toestand. Uiteindelijk wordt onderzocht wat de haalbaarheid en effect is van het continu dragen van *wearables*.

3.2 Bestaande producten

3.2.1 Mindstretch

Mindstretch is een algoritme ontwikkeld door Biorics. Het geeft inzicht in focus, gezondheid, energie en prestaties [33]. Daarnaast meet Mindstretch de mentale energie aan de hand van de volgende redenering: de totale energie van een individu is de som van de energie in het metabolisme, fysieke activiteit, thermoregulatie en mentale energie. Dit kan wiskundig geformuleerd worden als volgt:

$$\text{totale energie} = \text{metabolisme} + \text{fysieke activiteit} + \text{thermoregulatie} + \text{mentale energie} \quad (3.1)$$

Deze gelijkheid kan herschreven worden:

$$\text{mentale energie} = \text{totale energie} - \text{metabolisme} - \text{fysieke activiteit} - \text{thermoregulatie} \quad (3.2)$$

Biorics meet mentale energie gebaseerd op een aantal factoren in *real-time*: fysieke conditie, mentale status, slaapkwaliteit en slaperigheid. De website vermeldt ook het gebruik van de hartslagvariabiliteit, maar het exacte algoritme dat gebruikt wordt om dit te verwerken, wordt niet vrijgegeven [33]. De hartslagvariabiliteit of *heart rate variability* (HRV) wordt later in de bronnenstudie uitgebreid uitgelegd.

3.2.2 Whoop

Whoop voorziet een armband die dienst doet als *fitness tracker*. Whoop geeft via een app inzicht in slaap, lichamelijke belasting, herstel en stress [34]. De app berekent een *readiness*-score gebaseerd op de HRV [35]. Dit toont hoe klaar de persoon is om de dag te beginnen en hindernissen te overwinnen. Een exact algoritme wordt niet vermeld, enkel dat de slaap, activiteit en HRV belangrijk zijn.

3.2.3 Welltory

Welltory is een applicatie die beschikbaar is voor zowel iOS als Android maar voorziet zelf geen hardware. De bedoeling is dat mensen hun eigen *wearable* koppelen aan Welltory. Welltory voorziet een algoritme om inzicht te geven in persoonlijk welzijn en stress door het gebruik van artificiële intelligentie [36]. Het exacte algoritme is niet raadpleegbaar, maar er wordt vermeld dat het gebaseerd is op de HRV. Het is zelfs noodzakelijk dat de *wearable* HRV kan meten. *Wearables* die in staat zijn om de HRV te meten maar niet gebruikt kunnen worden, zijn toestellen waarvan de data niet opgehaald kan worden door een externe applicatie. Daarnaast organiseert Welltory *open source* projecten waar ze data en tools beschikbaar stellen. Zo is er een *GitHub-repository* met data rond onder andere hartslag, slaap en bloeddruk [37]. Het doel hier was om patronen te zoeken om symptomen van Covid-19 te voorspellen. Met de data konden ontwikkelaars aan de slag. Van de ontwikkelaars werd ook verwacht open en transparant te zijn. Een van de conclusies was dat HRV ook nuttig kan zijn om vroege stadia van ziektes, inclusief Covid-19, te detecteren [38]. Daarnaast werkt Welltory samen met de wetenschappelijke *community* om het product te verbeteren en de werking ervan te valideren. Hierin wordt opnieuw het belang van HRV benadrukt [39].

3.2.4 Oura Ring

De Oura Ring wordt gedragen aan een van de vingers en meet activiteit, slaap en hartslag. Net zoals Whoop voorziet het een *readiness*-score aan het begin van de dag. Deze score is gebaseerd op onder andere de HRV [40]. Het exacte algoritme is niet publiekelijk beschikbaar.

3.2.5 Fitbit Coach

Het *premium*-abonnement van Fitbit voorziet een *readiness*-score en een stress-score. Google benadrukt dat deze scores gebaseerd zijn op slaap, activiteit en HRV. Indien de gebruiker slecht scoort, is het nodig om “het lichaam en de geest rust te gunnen” [41]. Ook Google maakt het algoritme hiervoor niet publiekelijk raadpleegbaar.

3.2.6 Polar Elixir

Het bedrijf Polar omschrijft zijn technologie als *biosensing technology* en geeft het de naam Polar Elixir [42]. Polar ontwikkelt geavanceerde *wearables* die eerder aanleunen bij de categorie *smartwatches*. De webpagina vermeldt dat de horloges een ECG-meting uitvoeren, de hartslag meten, huidtemperatuur meten en de zuurstofsaturatie in het bloed bepalen. Polar toont aan de gebruikers onder andere de mate van herstel aan de hand van HRV-waardes. Hoe Polar deze gegevens precies verwerkt, wordt niet vermeld.

3.2.7 Garmin

Een ander bedrijf dat geavanceerde *wearables* ontwikkelt is Garmin. Garmin geeft feedback onder de naam *Body Battery* over het energiepeil van de gebruiker. Hiervoor worden fysieke activiteit, slaap en HRV gebruikt [43]. Daarnaast wordt Garmin geprezen omwille van zijn zeer nauwkeurige ECG-metingen in vergelijking met toegewijde medische apparatuur [44].

3.3 Vragenlijsten

3.3.1 Basic Psychological Need Satisfaction and Frustration Scale

De *Basic Psychological Need Satisfaction and Frustration Scale* (BPNSFS) is een vragenlijst in het kader van de ZDT [45]. De vragenlijst bestaat uit 24 *statements* die elk peilen naar een van de drie noden waaruit motivatie bestaat volgens de ZDT: autonomie, competentie en verbondenheid. Afhankelijk van de aangeduide score en de specifieke nood waarnaar gepeild wordt, volgt een uiteindelijke score per nood en een totale score. Het precieze systeem om de scores te berekenen wordt verder toegelicht in 4.

3.4 Octrooien

3.4.1 Niet-opdringerige schatting van motivatie

Dit octrooi is gericht op de ontwikkeling van een draagbaar elektronisch toestel dat een indicatie kan geven van de motivatie. De schatting voor motivatie wordt gedaan op basis van de fysieke activiteit (stappen, actieve minuten, verbrande calorieën, sedentaire minuten), voedselinname (calorie-inname, aantal glazen water), productiviteit (werkuren, tijd op sociale media) en slaap (totaal aantal uren slaap, bedtijd, tijd van ontwaken). Ook wordt de hartslag mee in rekening genomen en eventueel zelfs elektro-encefalogramsignalen (EEG). Onderliggend gebruikt het de zelfdeterminatietheorie om een uitspraak te doen omtrent motivatie. Het toestel bevat het geheugen met instructies en een of meerdere processors. Er wordt data verzameld waarbij de gebruiker geen doelgericht gedrag vertoont. Er wordt ook data verzameld wanneer de gebruiker doelgericht gedrag vertoont. Er wordt een dataverdeling vastgelegd voor de tweede situatie. De eerste dataverdeling wordt geanalyseerd om asymmetrie te vinden. Op basis van verschillen hiertussen wordt een indicatie gegeven rond de motivatie [46].

3.4.2 Geautomatiseerd systeem voor het meten van motivatie

De technologie meet het standaard wandeltempo van de gebruiker. De technologie meet ook het snelle wandeltempo en berekent het verschil hiertussen en beschouwt dit als motivatieverschil. Dit verschil wordt vergeleken met referentiemetingen en normwaarden die aangeven wat het typische of verwachte motivatieverschil zou moeten zijn. Op basis hiervan wordt de motivatie bepaald en via een signaal doorgestuurd, bijvoorbeeld naar een *monitoring* systeem [47].

3.5 Biomarkers

De gemiddelde commercieel beschikbare *mid-range wearables*, waaronder smartwatches en fitnesstrackers, meten tegenwoordig een waaier aan factoren en verzamelen een massa aan data. Hiertoe behoren fysiologische *real-time* metingen omtrent onder andere hartslag, slaappatronen en fysieke activiteiten. Om de motivatie te kunnen meten, is het belangrijk om verschillende fysiek meetbare factoren in verband te brengen met motivatie.

3.5.1 Activiteit

Tot activiteit behoren het aantal afgelegde stappen en verbrande calorieën, maar ook de duur en intensiteit van trainingen. Zo toont een onderzoek aan dat fysieke activiteit de academische motivatie bij kinderen verhoogt [48]. Er kan ook vanuit gegaan worden dat een hogere motivatie resulteert in meer activiteit en omgekeerd dat meer activiteit afkomstig is van grotere motivatie.

3.5.2 Slaap

Zowel de kwantiteit als kwaliteit van slaap zijn cruciaal in het normaal functioneren. Zo wordt minstens 7 uur slaap per nacht aangeraden voor volwassenen [49]. Een van de functies van slaap is het zorgen voor emotionele en motivationele regulatie [50]. Meer slaap zorgt voor een hogere motivatie bij studenten aan de universiteit. Slaaptekort is een van de drie grote redenen waarom studenten lager scoren [51]. Ook onder atleten zorgt meer slaap voor een hogere motivatie [52].

3.5.3 Hartslagvariabiliteit

Hartslagvariabiliteit, hartslagwisselingen of kortweg HRV (van het Engelse *heart rate variability*) is de fluctuatie in de tijdsintervallen tussen opeenvolgende hartslagen en kan beschreven worden als een indicatie voor (onder andere) het energieniveau, stressniveau, herstelvermogen en mentale focus van de mens [53]. Zoals Shaffer [54] stelt is het hart geen metronoom. Stel dat een hart klopt met een hartslag van 60 slagen per minuut, betekent dit niet dat het hart precies elke seconde klopt. De HRV wordt beïnvloed door een samenspel van zowel fysiologische als psychologische factoren. Het belangrijkste hierin is de wisselwerking tussen het sympathisch en parasympathisch zenuwstelsel. Het sympathisch zenuwstelsel verbindt interne organen met de hersenen via spinale zenuwen. Wanneer de wervelkolomzenuwen worden gestimuleerd, bereiden ze het lichaam voor op stress door de hartslag en bloeddruk te verhogen, ook gekend als *fight-or-flight response*, waarvoor het sympathisch zenuwstelsel dus verantwoordelijk is. De HRV verlaagt. Het parasympathisch deel zorgt voor de *rest-and-digest response*. De hartslag verlaagt en de HRV verhoogt doordat de intervallen tussen hartslagen groter worden. Een hogere HRV wijst op betere stressbestendigheid en herstelvermogen. Volgens Ernst [55] is de HRV een representatie van zowel de toestand van het hart als van het brein. Er wordt gesuggereerd dat er samenhang is met gedragsmatige en psychologische ervaringen. Angststoornissen bijvoorbeeld worden in verband gebracht met een lagere HRV [56]. Anhedonie, een aandoening waarbij een persoon niet in staat is om vreugde te ervaren, vertoont een volledige afwezigheid van motivatie. Mensen met deze aandoening hebben een lagere HRV [57] [58]. Er is geen perfect moment om de HRV te meten. Het is vooral belangrijk om consistent op hetzelfde moment van de dag de HRV te meten, bijvoorbeeld een gemiddelde over de nacht, wanneer er nog geen ‘ruis’ is bijgekomen van stressgebonden situaties, telefoon,

werk, sociale media enzoverder. De gemiddelde HRV-waarde voor volwassenen is 42 ± 15 [59]. De waarde ligt over het algemeen hoger voor jongeren en mannen.

Om de HRV te berekenen in het tijdsdomein, is het nodig om eerst de *root mean square* of RMS-waarde te behandelen. Dit is het kwadratisch gemiddelde. Voordelen hiervan zijn de robuustheid tegen storingen in de data en het wordt minder beïnvloed door extremen. De kwadraten van een reeks getallen worden bij elkaar opgeteld, daarna wordt het gemiddelde genomen. Finaal wordt de vierkantswortel genomen van het resultaat. De RMS-waarde kan voorgesteld worden aan de hand van formule 3.3. Hierbij is n gelijk aan het aantal getallen.

$$\text{RMS} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i^2} \quad (3.3)$$

Met behulp van hetzelfde principe wordt de HRV berekend. Hierbij wordt de RMS-waarde berekend op basis van de verschillen tussen opeenvolgende waarden. Vandaar de term RMSSD, *root mean square of successive differences* oftewel het kwadratisch gemiddelde van opeenvolgende verschillen in tijd. Formule 3.3 moet aangepast worden aangezien het niet nodig is om de waarden zelf te kwadrateren, maar wel de verschillen tussen de opeenvolgende intervallen. Vandaar de volgende vergelijking:

$$x_i = RR_{i+1} - RR_i \quad (3.4)$$

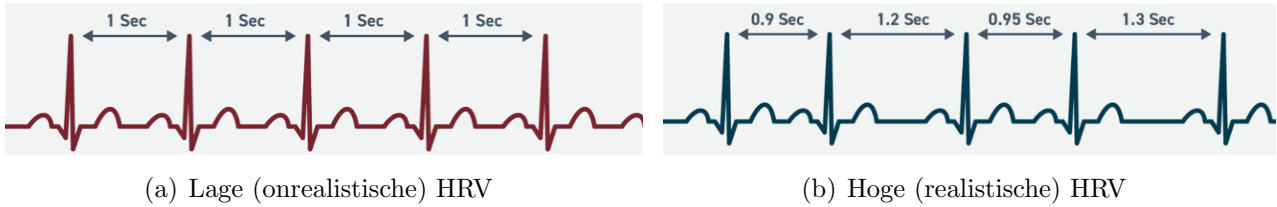
RR is hier het tijdsinterval tussen 2 R-golven van de elektrocardiogram (ECG) oftewel het tijdsinterval tussen twee opeenvolgende hartslagen.

Vergelijking 3.4 invullen in formule 3.3 geeft de vergelijking 3.5.

$$\text{RMSSD} = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^{N-1} (RR_{i+1} - RR_i)^2} \quad (3.5)$$

Concreet gebeurt het volgende: het verschil tussen het volgende en het huidige tijdsinterval wordt gekwadrateerd, dit gebeurt voor elke twee opeenvolgende tijdsintervallen; de waarden worden opgeteld en hiervan wordt het gemiddelde genomen door te delen door het aantal intervallen; uiteindelijk wordt de wortel genomen om tot de originele schaal te komen. Dit is de RMS-waarde. Origineel stelde n het aantal waarden voor. Het aantal waarden waardoor nu gedeeld moet worden, is gelijk aan het aantal opeenvolgende paren van intervallen. Dit komt overeen met het aantal tijdsintervallen minus één. In formule 3.5 is N gelijk aan het aantal tijdsintervallen.

Figuur 3.1 vergelijkt door middel van een ECG de hartslagen bij een hoge en lage HRV [3].



Figuur 3.1: Lage versus hoge HRV [3]

Op figuur (a) is te zien dat de intervallen tussen de hartslagen telkens exact een seconde zijn. In de praktijk is dit onmogelijk, maar het is een illustratie om aan te tonen dat hier geen variatie is in de intervallen tussen opeenvolgende hartslagen, waardoor een lage HRV verkregen wordt. Dit kan ook aangetoond worden met formule 3.5. Het verschil in tijd tussen de intervallen is gelijk aan nul seconden, dus het kwadraat en som blijven gelijk aan nul. We gaan ervan uit dat het aantal intervallen strikt groter is dan een. Delen door het aantal intervallen min 1 zal altijd uitkomen op nul. De wortel nemen van nul blijft nul, waardoor de HRV ook gelijk is aan nul. In figuur (b) is meer variatie in de intervallen, wat uitkomt op een hogere HRV. De exacte waarde kan berekend worden aan de hand van formule 3.5:

$$\text{RMSSD} = \sqrt{\frac{1}{N-1} \times [(1,2 - 0,9)^2 + (0,95 - 1,2)^2 + (1,3 - 0,95)^2]} \quad (3.6)$$

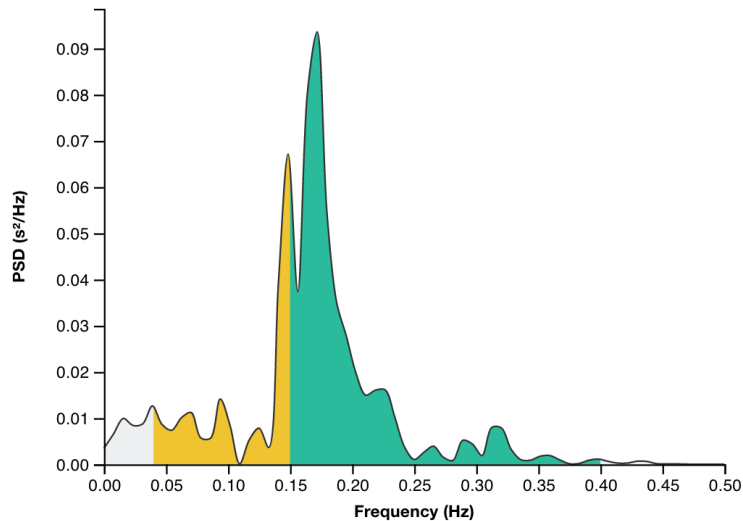
$$\text{RMSSD} = \sqrt{\frac{1}{N-1} \times (0,09 + 0,0625 + 0,1225)} \quad (3.7)$$

Het aantal intervallen N is gelijk aan 4. Dit invullen in 3.7 geeft het volgende resultaat:

$$\text{RMSSD} = \sqrt{\frac{1}{3} \times 0,275} \quad (3.8)$$

$$\text{HRV} = \text{RMSSD} = \sqrt{0,09167} = 0,302 \text{ s} = 302 \text{ ms} \quad (3.9)$$

Het voorstellen van de hartslag (en van de HRV) wordt meestal gedaan aan de hand van een electrocardiogram (ECG), zoals in figuur 3.1. Dit wordt opgesteld op basis van de elektrische activiteit, afkomstig van het hart. Zowel de hartslag als de HRV worden meestal uitgedrukt in het tijdsdomein. Een HRV meting (van ongeveer vijf minuten) kan ook uitgedrukt worden in het frequentiedomein. Een signaal omzetten van het tijdsdomein naar het frequentiedomein kan via de Fouriertransformatie. Zo kan het hartritme ontbonden worden in de verschillende frequenties waaruit het hartritme bestaat. Figuur 3.2 toont een voorbeeld van de HRV, ontbonden in het frequentiedomein [4]. De X-as toont het frequentiespectrum. De Y-as toont de *power spectral density* (PSD), uitgedrukt in de amplitude in kwadraat per frequentie-eenheid. Dit is de sterkte van het signaal.



Figuur 3.2: HRV in het frequentiedomein [4]

Er wordt onderscheid gemaakt tussen een aantal componenten, namelijk:

- totale sterkte,
- lage frequentie (LF),
- hoge frequentie (HF),
- LF/HF-ratio.

Het LF-bereik gaat van 0,04 Hz tot 0,15 Hz. Vanaf hier start het HF-bereik, tot 0,40 Hz. Het frequentiedomein geeft meer inzicht in welk deel van het zenuwstelsel actief is, namelijk sympathisch of parasympathisch. Een lage LF/HF-ratio wijst op dominantie van het parasympathisch zenuwstelsel en lagere HRV. Een hoge LF/HF-ratio wijst op een dominantier sympathisch zenuwstelsel en hogere HRV [4].

3.5.4 Elektrodermale activiteit

Elektrodermale activiteit (EDA) verwijst naar “de variatie in elektrische eigenschappen van de huid, als gevolg van de secretie van zweet. Door het aanbrengen van een lage constante spanning, kunnen veranderingen in de geleiding van de huid gemeten worden op een niet-invasie manier” [60]. EDA kan in verband gebracht worden met stress [61], [62]. Het is mogelijk om door middel van EDA kalmte en stress in een individu te onderscheiden [63], [64]. Op basis van EDA wordt namelijk het sympathisch zenuwstelsel gemonitord [65].

3.5.5 Elektro-encefalogram

Elektro-encefalogram (EEG) is een meting van elektrische activiteit van de hersenen. Een onderzoek heeft een neurale netwerk ontworpen om de motivatie te meten aan de hand van EEG [66]. Bovendien worden delta golven die afkomstig zijn uit de hersenen en meetbaar zijn via EEG, in verband gebracht met motivationele processen. Dit is te verklaren doordat delta golven geassocieerd worden met oude, eenvoudige processen [67]. *Wearables* die rond de pols gedragen worden, kunnen dit logischerwijs niet meten, maar er bestaan *wearables* in de vorm van bijvoorbeeld

een haarband, koptelefoon of helm [68]. Die worden op het hoofd geplaatst en zijn zeer mobiel, in tegenstelling tot de traditionele, medische *setting* waarin EEG gemeten wordt. Commercieel beschikbare toestellen halen een batterijduur van maximum negen uur, wat te weinig is om te gebruiken in het dagelijkse leven [69].

3.6 Effect van wearables dragen

Het is belangrijk te weten wat de haalbaarheid is om deelnemers van trajecten continu *wearables* te laten dragen en wat het effect ervan is. Volgens het (interne) onderzoek van Nano4Sports (verbonden aan IMEC, door Emmanuel Rios Velazquez en Remi De Zoeten) dat uitgevoerd is op de data die vertrouwelijk beschikbaar is binnen Ready2Improve, is het dragen van een wearable geen significante factor voor progressie. Met andere woorden, het dragen van wearables zorgt niet voor meer fysieke of mentale vooruitgang dan wanneer de wearables niet gedragen worden. Wel toont het Nano4Sports onderzoek aan dat er progressie geboekt wordt wat betreft fitheid na een trainingsperiode van 12 weken. Daarnaast is er opgemerkt dat verschillende resultaten geboekt worden bij verschillende persoonlijkheden.

Waar de wearable wel voor zorgt, is het nauwkeuriger volgen van trainingsschema's. Mensen met (in dit geval) een Fitbit, zijn 4.4 keer meer bezig met trainen gedurende de 12 weken. Er is rekening gehouden met verschillende factoren zoals gender, leeftijd en seizoensgebondenheid. Daarnaast heeft een hogere Body Mass Index (BMI) ook een licht maar significant positief effect op het naleven van het trainingsschema.

Onder de mensen die geen Fitbit droegen maar wel het trainingsschema volgden, volgden 36 procent hun voortgang manueel op. Bij Fitbit-gebruikers is dit percentage 20 procent. Het is logisch dat dit bij Fitbit-gebruikers lager is, omdat zij minder voortgang manueel moeten bijhouden omdat de Fitbit een groot aantal activiteiten kan verwerken. Een voorbeeld waarbij deze personen manueel hun voortgang volgen, is zwemmen. Niet elke Fitbit kan dit namelijk meten.

Uit andere vragenlijsten waarin gepolst wordt naar hoe het is om wearables te dragen, blijkt dat gebruikers positief tegenover *wearables* staan als het gaat om hun gezondheid [70]. Volgens Yen [71] “hebben slimme draagbare apparaten potentiële voordelen vanuit psychologisch perspectief bij het vormgeven van een gezonde levensstijl en het verbeteren van de kwaliteit van leven. Het vergroten van de bruikbaarheid van commerciële, goed ontworpen slimme draagbare apparaten is een innovatieve en effectieve strategie voor het bevorderen van de volksgezondheid”. Bovendien helpen de interactiviteit en *gamification* bij de getrouwheid voor het blijven dragen van *wearables*. De betrokkenheid en *gaming*-elementen (zoals uitdagingen en beloningen) zorgen voor een gevoel van plezier [72].

3.7 Conclusie

De biomarkers die het meest voorkomt, is de HRV. Daarnaast zijn zowel de hoeveelheid slaap als fysieke activiteit (zoals aantal stappen en inspanningen met hogere hartslag) belangrijke factoren. Deze drie grote categorieën kunnen gemeten worden door elke recent uitgebrachte *wearable* van bekende merken. EDA is ook een interessante biomarker, maar wordt momenteel enkel ondersteund door de geavanceerdere toestellen. Aan de hand van EEG-signalen kan motivatie gemeten

worden, maar dit kan niet gemeten worden door *wearables* gedragen rond de pols. Indien de *wearables* voor EEG-signalen in de toekomst een grotere batterijduur hebben en nog kleiner worden, kan hier wellicht een grotere commerciële markt voor ontstaan.

De BPNSFS-vragenlijst is de meest geschikte vragenlijst wat betreft het peilen naar de drie noden en motivatie in context van de ZDT.

Ten slotte is het realistisch om te verwachten dat mensen de *wearables* het grootste deel van de tijd dragen. Dit heeft vooral positieve effecten op het nauwgezet opvolgen van de trainings-schema's.

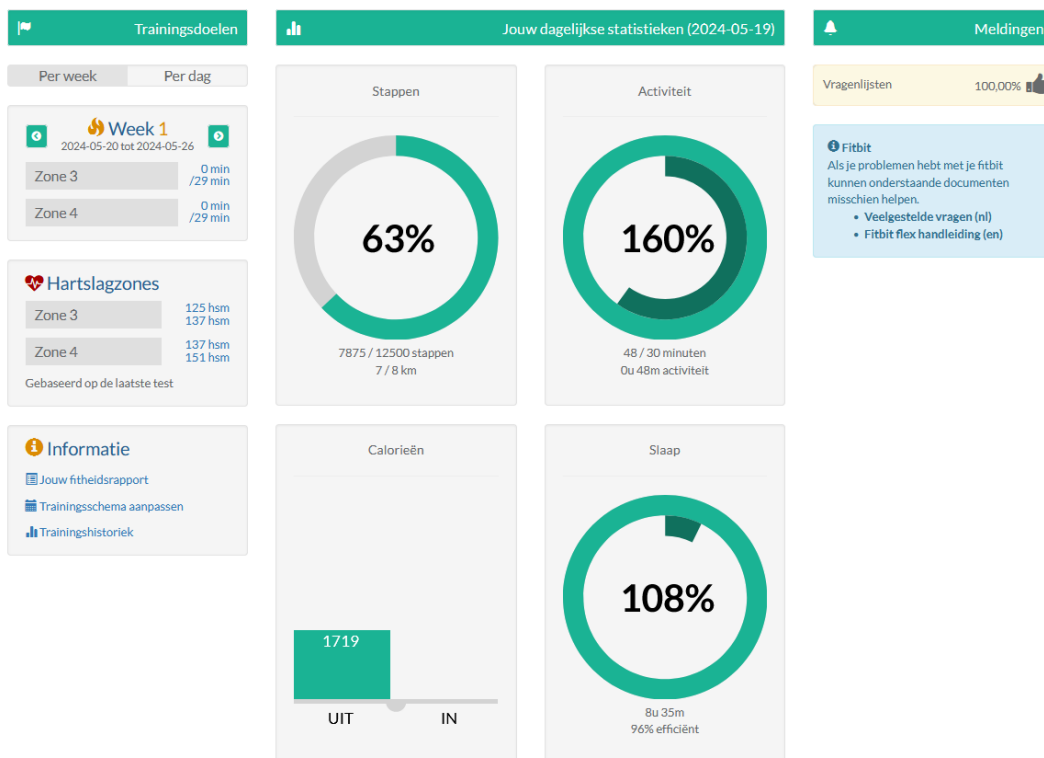
Hoofdstuk 4

Methode

Dit hoofdstuk biedt een gedetailleerde beschrijving van de methode. De eerste stap hierin is de uitvoering van het experiment. Daarna volgt een beschrijving van datastructuur. Ten slotte wordt de dataverwerking behandeld.

4.1 Experiment

Het experiment werd opgezet via het Improverplatform. Via dit platform hebben coaches en leidinggevenden binnen Ready2Improve de mogelijkheid om fysieke prestaties van klanten op te volgen. Bovendien kunnen klanten via dit platform hun persoonlijke statistieken raadplegen, trainingsschema's bekijken en vragenlijsten invullen. Figuur 4.1 toont het *dashboard* op het Improverplatform.



Figuur 4.1: *Dashboard* binnen het Improverplatform

Hierop zijn de hoeveelheid stappen, minuten activiteit, verbrande calorieën en uur slaap te zien. Dit geeft snel een overzicht van de fysieke beweging en slaap.

Voor het experiment wordt gebruikt gemaakt van Fitbit Inspire 2 *wearables*. Een persoon droeg een Fitbit Charge 2. Het bedrijf Fitbit is ondertussen overgenomen door Google. In principe kunnen alle modellen gekoppeld worden aan het Improverplatform, zolang ze de vereiste gegevens meten. Hieronder volgt een klein overzicht van de functionaliteit van dit Fitbit-model:

- accelerometer, geeft de versnelling in m/s^2 ;
- *bluetooth*, om de gegevens te synchroniseren met het verbonden apparaat;
- hartslagsensor, geeft de hartslag en HRV;
- slaapmonitor, geeft aantal minuten diepe slaap;
- stappenteller, geeft het aantal stappen;
- *stopwatch*, om bijvoorbeeld te tijdsduur van een activiteit bij te houden;
- traptredenteller, geeft het aantal bewandelde trappen;
- trilfunctie, om *feedback* aan de gebruiker te geven.

Er zijn zes deelnemers aan het traject, inclusief de auteur van deze masterproef. De deelnemers hebben de Fitbit ingesteld met behulp van de Fitbit-applicatie, die beschikbaar is voor zowel Android als iOS. Registreren of inloggen gebeurt aan de hand van een Google-account. De verbinding tussen de Fitbit en de app loopt via *bluetooth*. Daarna wordt de Fitbit gekoppeld aan het Improverplatform door in te loggen met hetzelfde Google-account en toegang tot de Fitbit data toe te staan aan Ready2Improve. Vanaf nu is de verzamelde data niet alleen te zien in de Fitbit-applicatie, maar ook op het *dashboard* van het Improverplatform.

De Fitbit *wearables* meten activiteit, slaap en HRV. EDA wordt niet gemeten in dit experiment, omdat de Fitbit Inspire 2 dit niet ondersteunt. In dit traject wordt voor elke parameter een waarde per dag verkregen. Zoals eerder vermeld is het belangrijk om HRV op een consistent moment te meten. Dit is een gemiddelde waarde van de meetgegevens doorheen de nacht. Het voordeel hiervan is dat pieken geëlimineerd worden en er nog geen stress aanwezig is van activiteiten gedurende de dag, aangezien stress de HRV verlaagt.

In het begin van het traject werden de deelnemers gevraagd om een sportieve zelftest uit te voeren: een afstand van 2,4 km lopen of 2 km wandelen. Op het Improverplatform werd de tijd en maximale hartslag geregistreerd. Ook de lengte en gewicht werden geregistreerd. Op basis van deze gegevens werd een persoonlijk trainingsschema opgesteld door Ready2Improve. Dit schema werkt aan de hand van een aantal minuten sporten in bepaalde hartslagzones. Dit kan ingevuld worden door een sport naar keuze. Figuur 4.2 toont een voorbeeld van een trainingsschema dat twaalf weken duurt.

| Maandag | Dinsdag | Woensdag | Donderdag | Vrijdag | Zaterdag | Zondag | Totaal | Benodigd |
|---------|---------|----------|-----------|---------|----------|--------|--------|----------|
| | | 30m | | 30m | | | 60m | 58m |
| 20m | | 40m | | 20m | | | 80m | 62m |
| 20m | | 40m | | 20m | | | 80m | 70m |
| | | 30m | | 30m | | | 60m | 58m |
| 30m | | 30m | | 30m | | | 90m | 69m |
| 30m | | 30m | | 30m | | | 90m | 76m |
| 30m | | 40m | | 30m | | | 100m | 83m |
| 30m | | 30m | | 30m | | | 90m | 76m |
| 30m | | 30m | | 30m | | | 90m | 84m |
| 30m | | 30m | | 30m | | | 90m | 84m |
| 30m | | 30m | | 30m | | | 90m | 84m |
| 30m | | 30m | | 30m | | | 90m | 76m |

Figuur 4.2: Voorbeeld van een trainingsschema voor twaalf weken

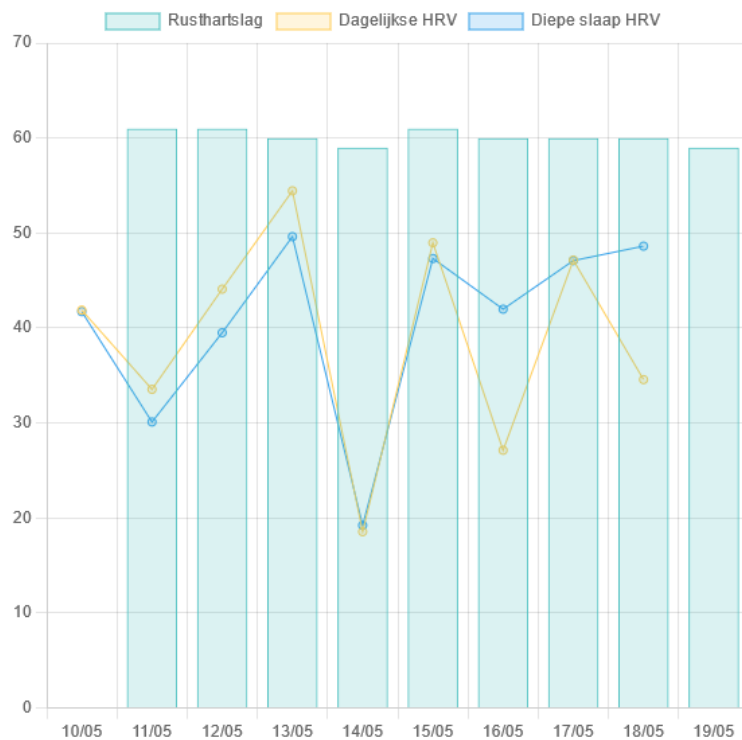
De hartslagzones worden bepaald op basis van de maximale hartslag. Hartslagzone 3 komt overeen met een ondergrens van 50 procent van de maximale hartslag en een bovengrens van 60 procent van de maximale hartslag. Hartslagzone 4 komt overeen met een interval van 60 tot 70 procent van de maximale hartslag. Volgens het trainingsschema duurt een korte training ongeveer 20 minuten en deze training dient uitgevoerd te worden in hartslagzone 4. Een lange training duurt 40 minuten in hartslagzone 3. De specifieke persoonlijke hartslagzones kunnen geraadpleegd worden op het *dashboard* van het Improverplatform. Deze hartslagzones kunnen ook ingesteld worden op de Fitbit-applicatie. Dit maakt het handiger om een bepaald aantal minuten te trainen binnen een hartslagzone, omdat de Fitbit de hartslag registreert en bijhoudt hoe lang er getraind is binnen de gewenste hartslagzone.

Tijdens de trainingsperiode werd twee keer per week een vragenlijst ingevuld omtrent motivatie. De vragenlijst werd opengesteld op het Improverplatform en kon rechtstreeks op dit platform ingevuld worden. De bronnenstudie omtrent motivatie had besloten dat het onderzoek gebruik zou maken van de ZDT als theoretische omkadering rond motivatie. Daarom werd er gewerkt met de BPNSFS-vragenlijst. Deze kan geraadpleegd worden in bijlage A. Deze vragenlijst peilt naar de drie noden van motivatie, volgens de ZDT. De vragenlijst bestaat uit 24 *statements* waarbij elk *statement* peilt naar de tevredenstelling of frustratie van een bepaalde nood. Er kan een score gegeven worden tussen 1 en 5, waarbij 1 staat voor helemaal niet akkoord en 5 voor helemaal akkoord met de stelling. Tabel 4.1 toont met welke nood de vragen verbonden zijn. De score voor de tevredenheid of frustratie van een specifieke nood is gelijk aan de opgetelde scores. Zo is de score voor de tevredenheid van autonomie gelijk aan de opgetelde scores van vraag 1, 7, 13 en 19. De totale score op de nood zelf is het verschil tussen de tevredenheid en de frustratie. De totale score is de som van de scores op de drie noden. Het Improverplatform toont zowel de totale score als de scores op de drie noden. Zo kan er nagekeken worden welke nood bijvoorbeeld lager scoort of de totale score naar omlaag haalt. Per nood geldt dat: de maximale score op tevredenheid gelijk is aan 20; de minimale score op de frustratie 4 is; de maximale score op die nood gelijk is aan 16. De maximale score op de totale motivatie is dus 48. De laagst mogelijke score is -48.

Tabel 4.1: Nood waarnaar de *statements* uit de vragenlijst peilen

| Nood | | <i>statements</i> |
|---------------|--------------|-------------------|
| autonomie | tevredenheid | 1, 7, 13, 19 |
| | frustratie | 2, 8, 14, 20 |
| verbondenheid | tevredenheid | 3, 9, 15, 21 |
| | frustratie | 4, 10, 16, 22 |
| competentie | tevredenheid | 5, 11, 17, 23 |
| | frustratie | 6, 12, 18, 24 |

Het *dashboard* op het Improverplatform werd specifiek ontwikkeld voor dit onderzoek door Tjorven Bollingh (*IT consultant* binnen Ready2Improve) en toont feedback aan de gebruiker wat betreft de hartslag in rust, HRV, motivatie en de evolutie ervan. Dit gebeurt aan de hand van twee grafieken. Figuur 4.3 toont de hartslag in rust met een groen staafdiagram. De gele grafiek toont de dagelijkse HRV en de blauwe toont de HRV tijdens diepe slaap. De X-as bevat de datum.



Figuur 4.3: Grafiek met de evolutie in HRV en hartslag in rust

Figuur 4.4 toont de scores op de drie noden in het blauw, geel en rood. De totale motivatie wordt weergegeven in het groen. De gehele motivatie is de som van de score op de drie noden. De noden kunnen zowel positief als negatief zijn. Dit laatste komt voor indien de frustratie op een bepaalde nood groter is dan de tevredenheid op deze nood.



Figuur 4.4: Grafiek met scores op de drie noden en totale motivatie

Op het Improverplatform staat onder de grafiek voor de motivatie ook uitleg over de betekenis van de drie noden en over de manier waarop deze individueel verbeterd kunnen worden. De score op verbondenheid kan verhoogd worden door mensen te zoeken om samen te sporten. De score op autonomie zou verbeterd kunnen worden door doelen te stellen op basis van je eigen waarden. Beslissingen maken die persoonlijke behoeften weerspiegelen en duidelijk grenzen naar anderen communiceren, worden als tips meegegeven. Om de score op competentie te verbeteren, worden best de gebieden geïdentificeerd waarin de deelnemer wil groeien. Nieuwe vaardigheden leren en feedback vragen kunnen het zelfvertrouwen en bekwaamheid vergroten.

4.2 Beschrijving dataset

Na de dataverzameling wordt de informatie verwerkt. De verzamelde data wordt opgeslagen in .json-formaat. Dit onderdeel van deze thesis beschrijft hoe de data eruit ziet. Tabel 4.2 geeft een voorbeeld van de hartslagmetingen, vastgelegd door de Fitbit.

Tabel 4.2: De verzamelde data in verband met hartslag

| Pseudoniem | date | resting_heart_rate | daily_rmssd (ms) | deep_rmssd (ms) |
|------------|------------|--------------------|------------------|-----------------|
| Jovi | 2024-02-17 | 61 | 143,633 | 136,587 |
| Tom | 2024-05-01 | 60 | 123,994 | 136,749 |
| Jan | 2024-04-05 | 57 | 113,623 | 120,887 |
| Bart | 2024-05-16 | 65 | 164,114 | 132,487 |

De werkelijke naam wordt niet getoond in de data om de privacy van de gebruikers te beschermen. Daarna volgt de datum waarop de gegevens verzameld zijn. De derde kolom toont de hartslag in rust en wordt uitgedrukt in aantal slagen per minuut. De twee laatste kolommen tonen de *root mean square of successive differences* (RMSSD) op korte, dagelijkse termijn en in diepe slaap. Deze laatste twee waarden worden uitgedrukt in milliseconden.

Een voorbeeld van de verzamelde data in verband met activiteit wordt getoond in tabel 4.3.

Tabel 4.3: De verzamelde data in verband met activiteit (deel 1)

| Pseudoniem | date | lightlyActive (min) | fairlyActive (min) | veryActive (min) |
|------------|------------|---------------------|--------------------|------------------|
| Jovi | 2024-02-17 | 25 | 11 | 15 |
| Tom | 2024-05-01 | 45 | 5 | 15 |
| Jan | 2024-04-05 | 13 | 12 | 15 |
| Bart | 2024-05-16 | 54 | 25 | 15 |

Tabel 4.3 illustreert voor elke deelnemer op een bepaalde dag de mate van inspanning, namelijk *lightlyActive*, *fairlyActive* en *veryActive*. Dit zijn het aantal minuten dat er inspanning geleverd is in de specifieke hartslagzones die vastgelegd werden bij de initiële zelftest. Hierbij is het belangrijk te weten dat de *veryActive* waarde verdubbeld wordt [73]. Google wil gebruikers belonen voor hun hoge inspanningen door het aantal zoneminuten hiervoor te verdubbelen.

Tabel 4.4 toont het aantal stappen en het aantal minuten sedentair gedrag per dag.

Tabel 4.4: De verzamelde data in verband met activiteit (deel 2)

| Pseudoniem | date | steps | sedentary (min) |
|------------|------------|-------|-----------------|
| Jovi | 2024-02-17 | 6102 | 505 |
| Tom | 2024-05-01 | 4604 | 351 |
| Jan | 2024-04-05 | 1057 | 404 |
| Bart | 2024-05-16 | 8065 | 458 |

Tabel 4.5 toont een voorbeeld van de activiteitgegevens in verband tot slaap.

Tabel 4.5: De verzamelde data in verband met activiteit (deel 3)

| Pseudoniem | date | Asleep (min) | sleepEfficiency (%) |
|------------|------------|--------------|---------------------|
| Jovi | 2024-02-17 | 494 | 92 |
| Tom | 2024-05-01 | 580 | 88 |
| Jan | 2024-04-05 | 410 | 96 |
| Bart | 2024-05-16 | 355 | 91 |

Het aantal minuten in slaap wordt voorgesteld door de kolom *Asleep*. Er wordt een slaapscore door Fitbit zelf toegekend. Die staat in de kolom *sleepEfficiency*.

Tabel 4.6 illustreert een voorbeeld van de motivatiegegevens, verkregen uit de vragenlijst. De kolom *motivation* geeft de totale score voor motivatie. De kolommen *autonomy*, *relatedness* en *competence* geven de scores weer voor die specifieke noden. De som van deze drie noden resulteert in de totale score voor de motivatie.

Tabel 4.6: De verzamelde data in verband met motivatie

| Pseudoniem | date | motivation | autonomy | relatedness | competence |
|------------|------------|------------|----------|-------------|------------|
| Jovi | 2024-05-05 | 24 | 8 | 8 | 8 |
| Tom | 2024-04-20 | 22 | 6 | 8 | 8 |
| Jan | 2024-04-29 | 23 | 8 | 9 | 6 |
| Bart | 2024-04-16 | 21 | 5 | 9 | 7 |

4.3 Dataverwerking

Om het verwerken van de data te automatiseren, is er gebruik gemaakt van Jupyter Notebook. Dit is een interactief, computationeel en *open source* platform waarop Python code geschreven kan worden in combinatie met het schrijven van tekst in *markdown* [74]. Dit maakt het een handige *tool* voor het verwerken en visualiseren van data. Er zijn drie Jupyter Notebook-bestanden gebruikt voor het verwerken van de meetgegevens van het experiment. De code hiervoor is bijgevoegd in bijlage B.

Het eerste script zorgt ervoor dat de .json-bestanden correct geformatteerd zijn en verwijdert *entries* waarin de hartslag gelijk is aan nul. In deze *entries* is ook de HRV gelijk aan nul, waardoor er weinig nuttige gegevens uit gehaald kunnen worden. Dit is een teken dat de Fitbit fout heeft gemeten, of dat de Fitbit niet correct gedragen werd. Daarnaast worden er voor elke deelnemer drie grafieken getekend op basis van de volgende parameters:

- HRV, hartslag in rust en motivatie in functie van de tijd;
- aantal minuten activiteit en motivatie in functie van de tijd;
- slaapefficiëntie en motivatie in functie van de tijd.

De code hiervoor kan geraadpleegd worden in bijlage B.1.

Het tweede script berekent voor elke deelnemer de correlaties tussen een aantal parameters:

- correlatie tussen HRV en motivatie;
- correlatie tussen aantal minuten activiteit en motivatie;
- correlatie tussen slaapefficiëntie en motivatie.

Alvorens de correlaties te berekenen, wordt de data genormaliseerd in dit script. De waarden worden geschaald naar een bereik tussen 0 en 1. Daarna worden de resultaten hiervan gebundeld in een .csv-bestand. Het volgende hoofdstuk bespreekt de resultaten hiervan. Bijlage B.2 bevat de code voor dit script.

Het derde script berekent voor elke persoon de gemiddelde waarde voor elke parameter en bundelt deze in een .csv-bestand. Ook hiervan wordt het resultaat behandeld in hoofdstuk 5. De code van dit script kan geraadpleegd worden in bijlage B.3.

Hoofdstuk 5

Resultaten

5.1 Grafieken

Dit hoofdstuk geeft een concrete beschrijving van de verzamelde data en de verwerking ervan. Verschillende parameters zullen in grafieken geplot worden om verbanden te zoeken. Daarna worden de correlaties tussen deze parameters gegeven voor elke deelnemer. Voor elke correlatie wordt het gemiddelde genomen van de gehele groep, om een globaal beeld te verkrijgen. Uiteindelijk worden de gemiddeldes van alle deelnemers berekend voor elke parameter. Dit laat toe om inzicht te verkrijgen in de levensstijl van de kandidaten.

5.1.1 Activiteit

Figuur 5.1 toont de activiteit en motivatie in functie van de tijd, voor de zes deelnemers. Dit laat toe om trends te zoeken in de activiteit en motivatie. Voor deelnemers 2, 3 en 6 volgen de minuten lichte activiteit de trends in motivatie. Bij deelnemer 5 is er sinds 21/05/2024 niks meer gemeten.

5.1.2 Hartslag

Figuur 5.2 illustreert de hartslag in rust, HRV en motivatie in functie van de tijd voor alle deelnemers. Ook hier helpen de grafieken met het bepalen van gelijkaardige trends. De trend voor de hartslag in rust toont voor geen enkele deelnemer gelijkaardige trends met de motivatie. Voor deelnemer 1, 2, 3 en 6 toont de motivatie gelijkaardige trends met de HRV. Wanneer de HRV begint te stijgen, begint ook de motivatie te stijgen en vice versa. Voor deelnemer 1 en 2 zijn er een paar momenten zonder meetgegevens. Voor deelnemer 5 zijn er opnieuw geen meetgegevens sinds 21/05/2024.

5.1.3 Slaap

Figuur 5.3 toont de slaapefficiëntie en motivatie in functie van de tijd voor alle deelnemers. Voor deelnemer 1 is er een tegengestelde trend. Op momenten dat de slaapefficiëntie stijgt, daalt de motivatie en omgekeerd. Deelnemer 2 volgt ongeveer dezelfde trend, maar op een iets minder uitgesproken manier. Bij deelnemer 3 volgt de motivatie het patroon van de slaapefficiëntie in

grote lijnen. Bij andere deelnemers is geen duidelijk patroon te herkennen. Bij deelnemer 5 zijn opnieuw geen meetgegevens beschikbaar sinds 21/05/2024 voor de slaapefficiëntie.

5.2 Correlaties

De correlatie illustreert het verband tussen twee variabelen. De correlatiecoëfficiënt is een waarde tussen -1 en 1. Een positieve waarde duidt op een gelijke trend: beide variabelen stijgen of dalen op hetzelfde moment. Een negatieve waarde duidt op een tegengestelde trend: wanneer een van beide variabelen stijgt, daalt de andere. Een waarde dichterbij nul duidt op weinig tot geen verband. Een waarde dichterbij -1 of 1 is het teken van een groter verband tussen beide variabelen. De correlaties tussen een aantal factoren zijn berekend en uitgezet in tabel 5.1: kolom `deepRmssd_C` toont de correlatie tussen `deepRmssd` (HRV in diepe slaap) en motivatie; de kolom `lightlyActive_C` de correlatie tussen `lightlyActive` en motivatie; de kolom `fairlyActive_C` staat voor de correlatie tussen `fairlyActive` en motivatie; `veryActive_C` voor de correlatie tussen `veryActive` en motivatie; en `sleepEfficiency_C` toont de correlatie tussen `sleepEfficiency` en motivatie.

| Deelnemer | <code>deepRmssd_C</code> | <code>lightlyActive_C</code> | <code>fairlyActive_C</code> | <code>veryActive_C</code> | <code>sleepEfficiency_C</code> |
|-----------|--------------------------|------------------------------|-----------------------------|---------------------------|--------------------------------|
| 1 | 0.776 | -0.150 | -0.007 | -0.107 | -0.637 |
| 2 | | -0.524 | -0.721 | 0.152 | 0.326 |
| 3 | -0.124 | 0.291 | 0.410 | 0.019 | -0.487 |
| 4 | 0.395 | 0.936 | 0.087 | 0.151 | 0.904 |
| 5 | 0.238 | -0.642 | 0.084 | 0.220 | 0.108 |
| 6 | | -0.401 | 0.149 | -0.881 | -0.704 |

Tabel 5.1: Correlaties van HRV, actieve minuten en slaapefficiëntie met motivatie

Deelnemer 2 en 6 hebben geen score voor de correlatie tussen `deepRmssd` en motivatie. Bij de kolom `lightlyActive_C` is er een uitschieter voor deelnemer 4, met een correlatie van 0.936 tussen `lightlyActive` en motivatie. De correlatie tussen `fairlyActive` en motivatie heeft een uitschieter voor deelnemer 2, met een waarde gelijk aan -0.721. Voor `veryActive_C` is er een opvallende waarde voor deelnemer 6, gelijk aan -0.881. Het is opvallend dat dit de deelnemers zijn zonder correlatie in de kolom `deepRmssd_C`. De kolom `sleepEfficiency_C` bevat een uitschieter voor deelnemer 4, namelijk een correlatie met de motivatie van 0.904. Zoals eerder vermeld had deze persoon ook een hoge correlatie tussen `lightlyActive` en motivatie. Tabel 5.2 toont de gemiddelde waarden van de correlatie per categorie.

| Correlatie | <code>deepRmssd_C</code> | <code>lightlyActive_C</code> | <code>fairlyActive_C</code> | <code>veryActive_C</code> | <code>sleepEfficiency_C</code> |
|------------|--------------------------|------------------------------|-----------------------------|---------------------------|--------------------------------|
| Gemiddelde | 0.321 | -0.285 | 0.071 | -0.119 | 0.043 |

Tabel 5.2: Gemiddelde correlaties per categorie

De gemiddelde correlatie tussen de HRV (in diepe slaap) en motivatie is licht positief met een waarde van 32.1 procent. De gemiddelde correlatie tussen `lightlyActive` en motivatie is -28.5 procent. Dit duidt op een licht negatief verband. De gemiddelde correlatie tussen `veryActive` en de motivatie is -11.9 procent wat duidt op een licht negatief verband. De twee resterende gemiddelde correlaties wijzen op een verwaarloosbaar verband met de motivatie.

5.3 Gemiddelde waarden

De gemiddelde waarden voor elke parameter maken het mogelijk om inzicht te krijgen in de groep deelnemers. Er namen 6 personen deel aan het experiment, waarvan 2 vrouwen en 4 mannen. De gemiddelde leeftijd is 34 jaar en 8 maanden. De gemiddelde waarden voor alle parameters van elke deelnemer worden hier in vier tabellen weergegeven om de leesbaarheid optimaal te houden en het overzicht te bewaren. Tabel 5.3 toont de gemiddelde meetgegevens per dag in verband met de hartslag en HRV.

| Deelnemer | restingHeartRate | dailyRmssd (ms) | deepRmssd (ms) |
|-----------|------------------|-----------------|----------------|
| 1 | 59.77 | 49.21 | 42.37 |
| 2 | 49.42 | 56.54 | 49.66 |
| 3 | 57.93 | 41.99 | 43.65 |
| 4 | 51.32 | 61.05 | 48.34 |
| 5 | 54.33 | 87.46 | 50.23 |
| 6 | 66.87 | 28.11 | 25.44 |

Tabel 5.3: Gemiddelde waarden in verband met de hartslag

Per kolom liggen de waarden dicht bij elkaar. Er zijn twee uitschieters: deelnemer 5 heeft een dailyRmssd van 87.46 slagen per minuut, wat hoger ligt dan bij de andere deelnemers; deelnemer 6 had een lage deepRmssd van 25.44 ms.

Tabel 5.4 toont het aantal stappen en activiteit binnen of buiten de vooraf bepaalde hartslagzones van de deelnemers.

| Deelnemer | steps | lightlyActive (min) | fairlyActive (min) | veryActive (min) |
|-----------|----------|---------------------|--------------------|------------------|
| 1 | 7285.76 | 222.59 | 18.93 | 6.69 |
| 2 | 8779.94 | 257.44 | 25.61 | 14.89 |
| 3 | 4440.67 | 146.00 | 9.17 | 9.17 |
| 4 | 9104.00 | 227.39 | 14.07 | 25.04 |
| 5 | 9875.00 | 227.83 | 32.83 | 29.33 |
| 6 | 13155.68 | 284.76 | 31.42 | 52.92 |

Tabel 5.4: Gemiddelde waarden voor fysieke activiteit

Deelnemer 3 had veruit de laagste hoeveelheid totale fysieke activiteit gedurende het experiment, in tegenstelling tot persoon 6. Deze had de veruit de hoogste hoeveelheid wat betreft fysieke activiteit.

Tabel 5.5 toont de gemiddelde waarden voor het aantal sedentaire minuten, het aantal minuten slaap en de slaapefficiëntie voor de deelnemers.

| Deelnemer | sedentary (min) | Asleep (min) | sleepEfficiency (%) |
|-----------|-----------------|--------------|---------------------|
| 1 | 779.66 | 360.31 | 92.81 |
| 2 | 707.33 | 415.78 | 94.91 |
| 3 | 756.23 | 447.52 | 96.72 |
| 4 | 690.57 | 387.67 | 94.93 |
| 5 | 615.17 | 412.40 | 92.00 |
| 6 | 637.71 | 368.51 | 89.95 |

Tabel 5.5: Gemiddelde waarden in verband met sedentair gedrag en slaap

Tabel 5.6 toont de gemiddelde score voor de motivatie en de componenten ervan voor alle deelnemers. De score op motivatie is gelijk aan de som van de scores op de drie basisbehoeften.

| Deelnemer | motivation | autonomy | competence | relatedness |
|-----------|------------|----------|------------|-------------|
| 1 | 10.75 | -0.13 | 2.88 | 8.00 |
| 2 | 9.25 | -1.75 | 2.50 | 8.50 |
| 3 | 7.11 | 1.11 | 2.33 | 3.67 |
| 4 | 32.17 | 13.67 | 6.50 | 12.00 |
| 5 | 31.38 | 12.50 | 7.88 | 11.00 |
| 6 | 24.20 | 10.40 | 5.80 | 8.00 |

Tabel 5.6: Gemiddelde waarden voor de motivatie en de componenten daarvan

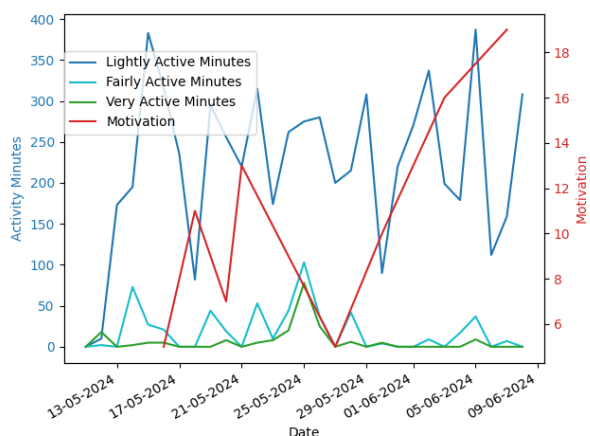
Het gemiddelde wordt voor elke kolom berekend van de tabellen 5.3, 5.4, 5.5 en 5.6. De resultaten worden getoond in tabel 5.7.

| Parameter | gemiddelde |
|---------------------|------------|
| restingHeartRate | 56.61 |
| dailyRmssd (ms) | 54.06 |
| deepRmssd (ms) | 43.67 |
| steps | 8766 |
| lightlyActive (min) | 227.00 |
| fairlyActive (min) | 21.34 |
| veryActive (min) | 22.17 |
| sedentary (min) | 697.78 |
| Asleep (min) | 398.20 |
| sleepEfficiency | 93.72 |
| motivation | 19.14 |
| autonomy | 5.97 |
| competence | 4.64 |
| relatedness | 8.52 |

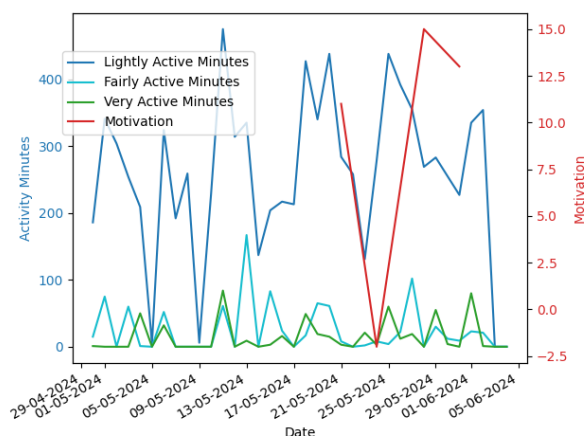
Tabel 5.7: Gemiddelde waarden van de parameters van alle deelnemers

Tabel 5.7 illustreert een algemeen beeld van de fitheid, de activiteit, slaap en motivatie van de groep deelnemers.

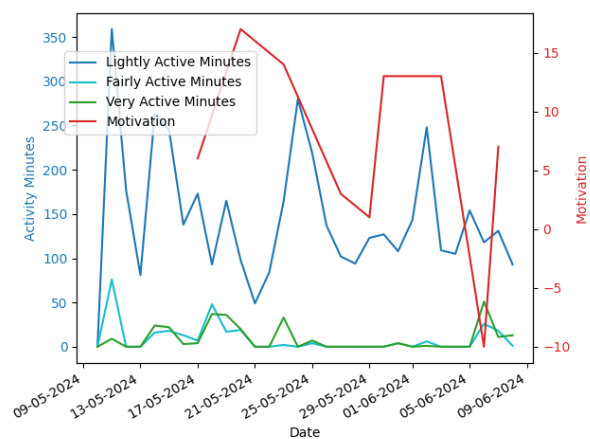
De gemiddelde hartslag in rust is tussen de 55 en 85 hartslagen per minuut [75]. In dit experiment was deze 56.61, wat duidt op een goede cardiovasculaire gezondheid onder de deelnemers. De gemiddelde HRV-waarde voor volwassenen is 42 ± 15 [59]. Zowel de gemiddelde dagelijkse HRV als de HRV in diepe slaap liggen binnen dit interval. Het gemiddeld aantal stappen is 8766 per dag, wat in de buurt komt van de 10000 stappen die aangeraden worden per dag door de Fitbit-toestellen. Het trainingsschema vroeg om tussen de 58 en 84 minuten aan gematigde tot hoge intensiteit te sporten. Zoals eerder vermeld verdubbelt Fitbit het aantal minuten voor hoge intensiteit. In werkelijkheid sportten de deelnemers gemiddeld 11 minuten en 5 seconden aan hoge intensiteit per dag. Deze waarde opgeteld met het aantal minuten activiteit aan gematigde intensiteit geeft 32 minuten en 26 seconden. Per week geeft dit 226 minuten en 59 seconden. Dit is meer dan drie keer dan de gevraagde hoeveelheid binnen het trainingsschema. De gemiddelde slaapduur is 398.20 minuten oftewel ongeveer 6 uur en 38 minuten. De minimale 7 uur slaap die aangeraden wordt voor volwassenen wordt dus niet behaald [49]. Daarentegen is de gemiddelde slaapefficiëntie wel 93.72 procent. De gemiddelde motivatie is 19.14 op een schaal van -48 tot 48 oftewel 67.14 op een schaal van 0 tot 96. Dit komt overeen met 69.74 procent. Deelnemers zitten gemiddeld ongeveer 11 uur en 38 minuten per dag stil.



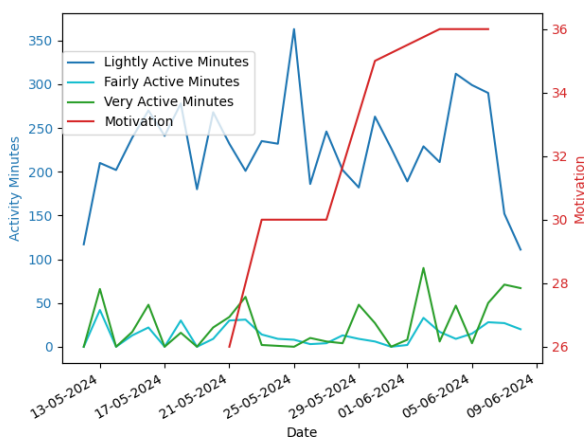
(a) Deelnemer 1



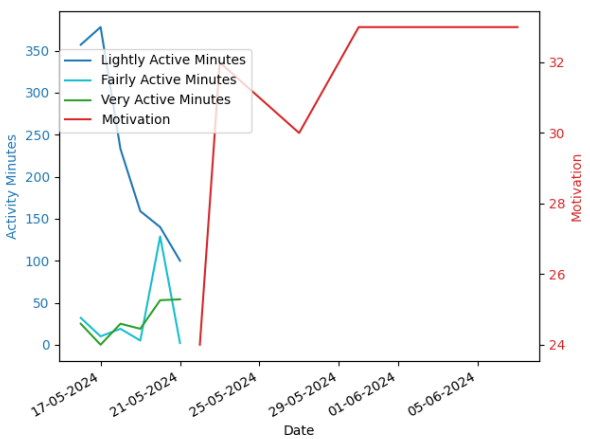
(b) Deelnemer 2



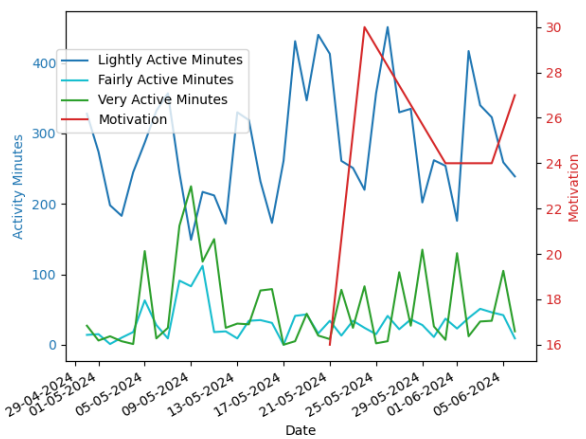
(c) Deelnemer 3



(d) Deelnemer 4

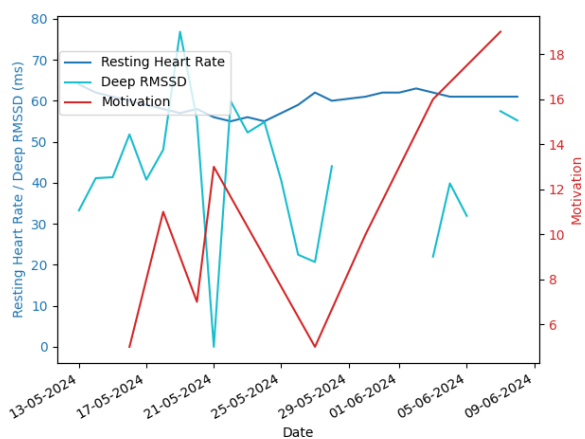


(e) Deelnemer 5

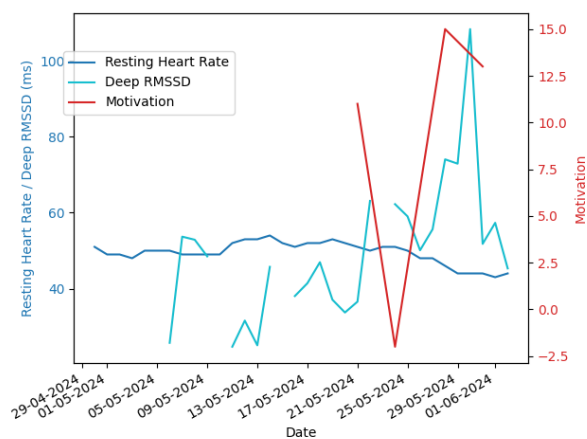


(f) Deelnemer 6

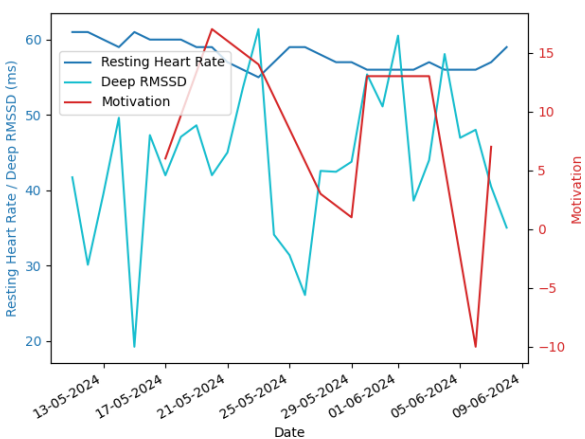
Figuur 5.1: Activiteit en motivatie in functie van de tijd (datum)



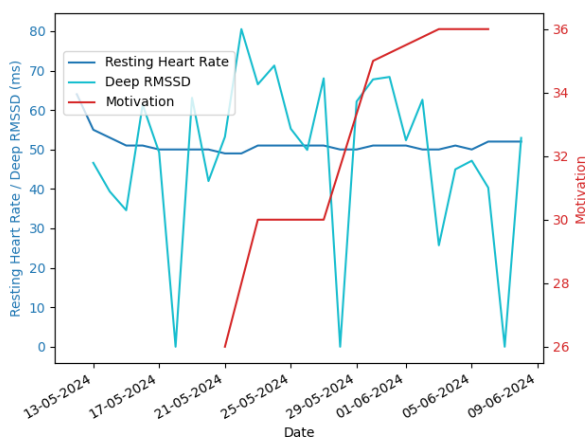
(a) Deelnemer 1



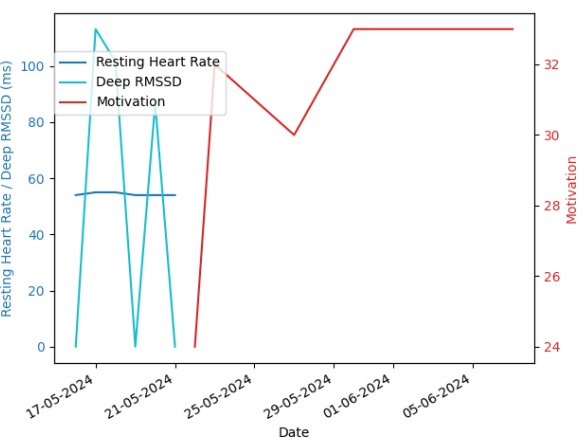
(b) Deelnemer 2



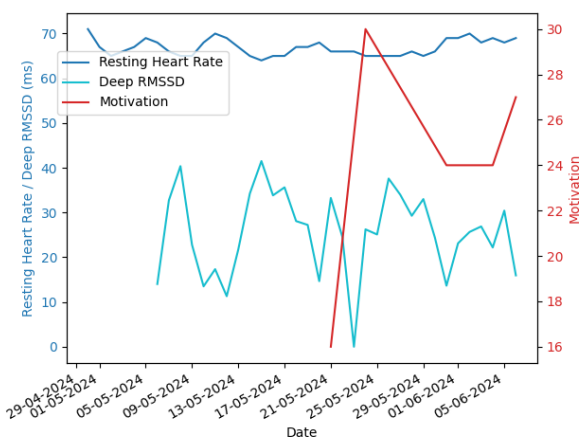
(c) Deelnemer 3



(d) Deelnemer 4

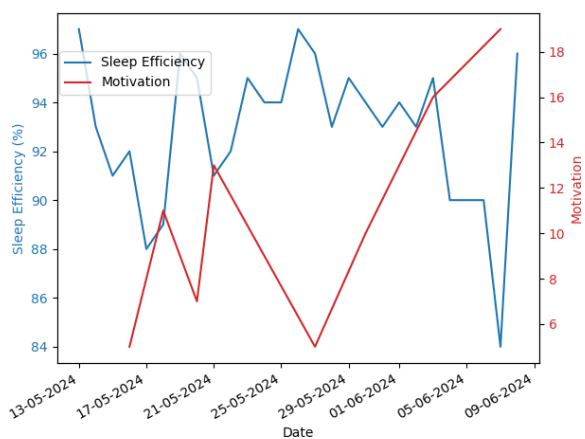


(e) Deelnemer 5

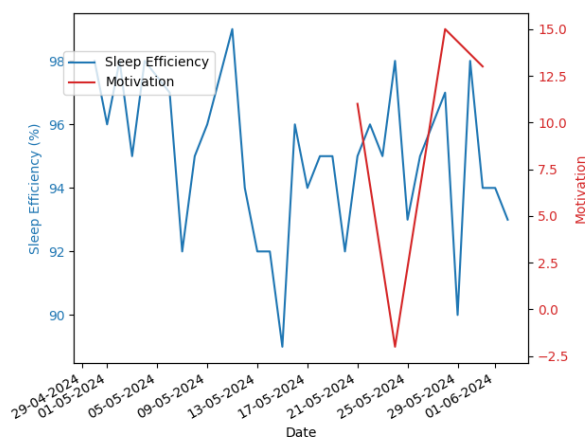


(f) Deelnemer 6

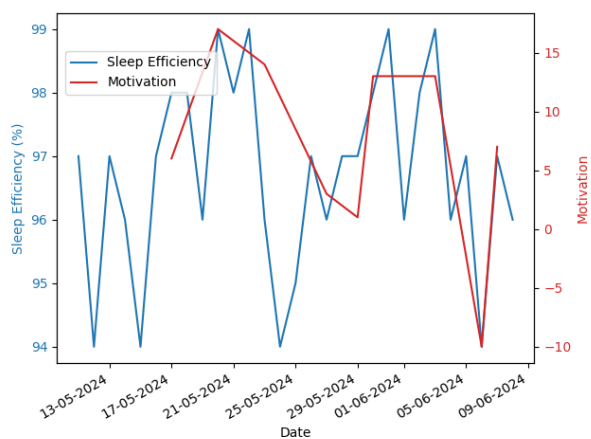
Figuur 5.2: Hartslag in rust, HRV en motivatie in functie van de tijd (datum)



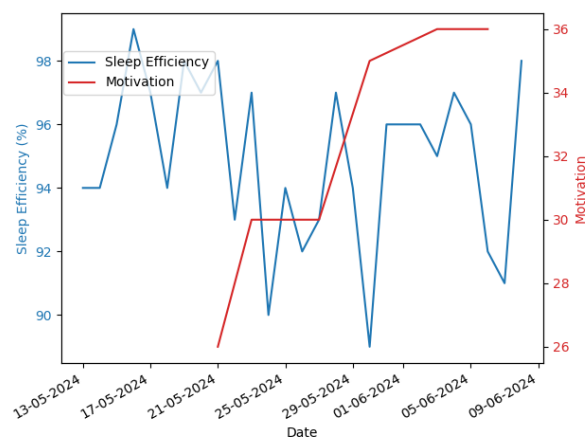
(a) Deelnemer 1



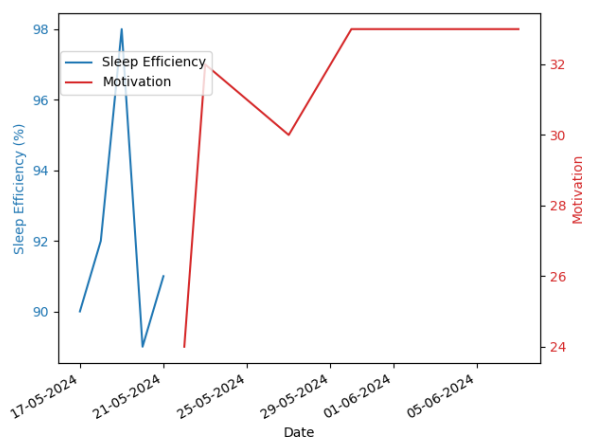
(b) Deelnemer 2



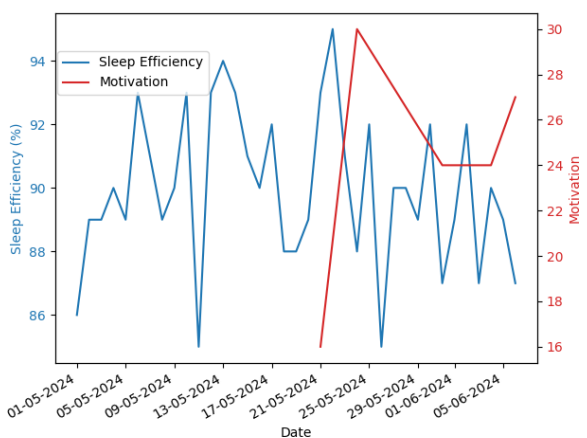
(c) Deelnemer 3



(d) Deelnemer 4



(e) Deelnemer 5



(f) Deelnemer 6

Figuur 5.3: Slaapefficiëntie en motivatie in functie van de tijd (datum)

Hoofdstuk 6

Discussie

Dit voorlaatste hoofdstuk behandelt de discussie in verband met de resultaten. Hierin worden merkwaardigheden vermeld en wordt een verklaring gezocht voor de resultaten van de meetgegevens, eventueel aan de hand van de ZDT. Hiertoe behoren de grafieken waarin de activiteit, hartslag en slaap vergeleken wordt met de motivatie en de correlaties. Verder volgt een korte discussie over de gemiddelde waardes. Finaal behandelt dit hoofdstuk algemene opmerkingen.

6.1 Grafieken

6.1.1 Activiteit

De trends die lichtelijk dezelfde patronen volgen, kunnen verklaard worden doordat een hogere motivatie leidt tot meer beweging. Het ontbreken van data voor deelnemer 5 kan op een aantal manieren verklaard worden. Deze deelnemer draagt een Fitbit waarbij iets misloopt in het verzamelen en/of doorsturen van de data, oftewel wordt de Fitbit niet meer gedragen. De kans op deze laatste optie wordt laag ingeschat, omdat de deelnemer wel de vragenlijst omtrent motivatie is blijven invullen tot het einde van het experiment.

6.1.2 Hartslag

De hartslag in rust bleef voor de deelnemers over het algemeen constant, waardoor het moeilijk is om trends te zoeken in vergelijking met fluctuaties in motivatie. De HRV toonde voor drie deelnemers veranderingen op momenten dat de motivatie veranderde. Voor deelnemer 1 en 2 zijn er een aantal momenten zonder meetgegevens. Dit komt doordat de data *null*-waarden toont voor de HRV en een waarde gelijk aan nul voor de hartslag. Dit is een teken dat deze persoon de *wearable* niet gedragen heeft (of niet op een correcte manier). Het kan ook een fout zijn van de Fitbit zelf, maar dit lijkt onwaarschijnlijk aangezien er gedurende het grootste deel van het experiment wel correcte metingen werden uitgevoerd.

6.1.3 Slaap

Bij de grafieken omtrent slaap en motivatie lijkt het verband tussen beide variabelen sterk afhankelijk van de persoon. Er kan geen algemeen visueel patroon herkend worden. Een verklaring hiervoor is dat veranderingen in slaapefficiëntie en motivatie geen verband vertonen.

6.2 Correlaties

6.2.1 HRV en motivatie

De correlaties zijn overwegend positief. Een gemiddelde correlatie van 32.1 procent laat een licht positief verband zien tussen de HRV en motivatie. HRV wordt onder andere gebruikt om energieniveau en stress aan te duiden, zoals in hoofdstuk 3 vermeld werd. Zo duidt een hogere HRV op meer energie en minder stress. Het is dus niet onlogisch dat een hogere motivatie voorkomt bij hoger energiepeil en minder stress. De reden dat er geen correlatiecoëfficiënt berekend is voor deelnemer 2 en 6, is te verklaren door fouten in de data of een tekort aan meetgegevens in combinatie met te weinig gegevens voor de vragenlijst.

6.2.2 Activiteit en motivatie

De afzonderlijke waarden van de correlaties liggen ver uit elkaar. De correlatie tussen lightlyActive en de motivatie is -28.5 procent wat een licht negatief verband aanduidt. Dit betekent dat activiteit aan lichte intensiteit gepaard gaat met een lagere motivatie. De waarde voor de correlatie tussen fairlyActive en motivatie is 7.1 procent, wat geen duidelijk verband voorstelt. De correlatie tussen veryActive en motivatie is -11.9 procent, wat een zeer licht negatief verband voorstelt. Een mogelijk reden voor deze twee licht negatieve correlaties is dat het volgen van een trainingsschema de autonomie inperkt. Het kan ervoor zorgen dat de deelnemers het gevoel van vrije keuze minder ervaren. Zoals de ZDT stelt, resulteert een lagere autonomie in een lagere motivatie, aangezien dit een van de drie psychologische basisbehoeften is. Daarnaast kan het trainingsschema op het eerste gezicht te zwaar zijn en de deelnemers het gevoel geven dat ze het niet zullen volhouden. Dit zorgt volgens de ZDT voor een daling in competentie. Vervolgens resulteert ook dit in een lagere motivatie. Op vlak van verbondenheid kan de motivatie eveneens beïnvloed worden, doordat de trainingsschema's en trainingen individueel verliepen.

6.2.3 Slaapefficiëntie en motivatie

De gemiddelde correlatie tussen de slaapefficiëntie en de motivatie is 4.3 procent. Dit betekent dat er geen verband is tussen de slaapefficiëntie en de motivatie, aangezien de correlatie dichtbij nul ligt. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat de slaapefficiëntie niet de volledige slaapkwaliteit in kaart brengt.

6.3 Gemiddelde waarden

Met een gemiddelde leeftijd van 34 jaar en 8 maanden is de groep relatief jong. Daarnaast is het ook een fitte, sportieve groep. Dit is deels te danken aan de leeftijd, maar ook aan het feit dat de werknemers binnen Ready2Improve in een professionele omgeving bezig zijn met gezondheid. Dit maakt dat er weinig variatie is binnen de groep deelnemers.

6.4 Algemene opmerkingen

Het is belangrijk om op te merken dat correlatie niet noodzakelijk gelijk staat aan oorzakelijk verband. Daarnaast ging het onderzoek ervan uit dat er lineaire verbanden zijn tussen de

parameters. De correlaties zijn dus ook berekend op basis van lineaire verbanden tussen de variabelen.

Daarnaast zijn er mogelijk defecte Fitbit-toestellen aanwezig in het experiment, wat de meetgegevens aanzienlijk inperkt. Er kan ook een kleine verschuiving zijn tussen HRV en motivatie. HRV wordt consistent gemeten (een gemiddelde over de nacht), maar het invullen van de vragenlijsten kan op een moment naar keuze gedaan worden door de deelnemers. Stel dat een deelnemer laat in de avond de vragenlijst invult, kan het zijn dat het beter is om het resultaat ervan te vergelijken met de HRV van de komende nacht dan met die van de vorige nacht. Daarnaast zijn er een aantal substanties die ervoor kunnen zorgen dat de HRV beïnvloed wordt. Zo is het geweten dat alcoholgebruik de HRV doet dalen [76].

Het concept van deelnemers een trainingsschema te geven en te werken volgens een individuele aanpak, kan de motivatie negatief beïnvloed hebben, aangezien activiteit aan lichte en hoge intensiteit gepaard gingen met lagere motivatie. Op het Improverplatform werd duidelijk gemaakt dat de training ingevuld kan worden door een sport naar keuze en op dagen naar keuze, zolang de wekelijkse doelen maar behaald werden. Dit geeft meer vrijheid en gevoel van autonomie dan een traditioneel, strikt trainingsschema. Echter blijft het gevoel van verplichting aanwezig, wat zorgt voor een daling in autonomie en motivatie. De trainingsschema's werkten ook op individuele basis. Het was beter geweest om deelnemers met gelijkaardige resultaten voor de fysieke zelftest samen te laten trainen, om op deze manier het gevoel van verbondenheid te verhogen. Hier komt de limiterende factor van de hoeveelheid deelnemers terug: in grote groepen is de kans groter dat er trainingsgroepen gevormd kunnen worden op basis van verschillende niveaus van fitheid.

Hoofdstuk 7

Besluit

Deze masterproef wordt afgesloten met een besluit omtrent het gehele onderzoek. Hierin worden de limitaties behandeld, gevolgd door een algemene, beknopte en concrete conclusie. Finaal volgt een blik op toekomstig onderzoek.

7.1 Limitaties

Omwille van de kleinschaligheid van het experiment, is de hoeveelheid data een limiterende factor. Doordat er een aantal externe personen betrokken waren, zorgde dit voor een *communicatie-overhead*, waardoor waardevolle tijd verloren ging en het experiment pas later kon starten dan voorzien. Daarnaast gaven de gebruikte Fitbit-toestellen soms verkeerde meetwaarden of droegen de deelnemers de Fitbit minder consistent dan verwacht, wat de dataset nog beperkter maakte. Bovendien was het via de Fitbit API niet mogelijk om meer data op te vragen per dag, omdat dit een duurdere licentie vereist.

7.2 Conclusie

Deze masterproef heeft verschillende benaderingen toegelicht naar motivatie toe en ervoor gekozen om de ZDT te kiezen als theoretische omkadering omtrent motivatie. Dit bepaalde ook de keuze voor de BPNSFS-vragenlijst. Verder kan uit dit onderzoek geconcludeerd worden dat het zinvol is om verder onderzoek te verrichten naar de activiteit, slaap, HRV en de betekenis ervan binnen motivatie. Deze fysieke parameters kunnen door elke *wearable* gemeten worden, ook door instapmodellen. De HRV toont een licht positieve correlatie met de motivatie. Dit wil zeggen dat een hogere HRV overeenkomt met een hogere motivatie. Een lagere HRV komt overeen met een lagere motivatie. De getrouwheid aan het dragen van *wearables* is geen probleem voor de deelnemers, mede omwille van de *gamification*.

7.3 Toekomstig onderzoek

Bij het voeren van gelijkaardige onderzoeken in de toekomst, is het niet alleen belangrijk om correlaties te zoeken van HRV, activiteit en slaap met motivatie, maar ook naar de causale verbanden. Dit kan meer inzicht geven in het meten van motivatie.

In toekomstig onderzoek kan het nuttig zijn om de deelnemers te vragen om labels toe te kennen omtrent hun gemoedstoestand aan bepaalde momenten. Dit kan helpen in het verklaren van bepaalde trends in motivatie en HRV. Het is ook belangrijk om in toekomstig onderzoek te bekijken op welke manier er zoveel mogelijk meetgegevens verzameld kunnen worden. Dit kan door trajecten te organiseren binnen grote bedrijven om zoveel mogelijk deelnemers te verzamelen. Daarnaast is het uitbreiden van de duur van het experiment van belang. Een langere periode waarover metingen uitgevoerd worden, zal namelijk resulteren in een grotere hoeveelheid data. Indien toekomstig onderzoek gebruik maakt van vragenlijsten, zal er nagedacht moeten worden om via een consistente methode gegevens te verzamelen, met focus op het tijdstip dat de vragenlijst ingevuld zou moeten worden. Indien de onderzoeken binnen klanten van Ready2Improve verlopen, zal er ook vanzelf een diversere groep deelnemers zijn. Zowel op vlak van leeftijd als sportiviteit zal er een grote variatie zijn. Daarnaast zou er met behulp van extra expertise een specifiekere vragenlijst voor ZDT opgesteld kunnen worden die echt peilt naar de motivatie, specifiek binnen het traject dat gevolgd wordt.

Verder is de EDA een interessante factor om verder te onderzoeken. Hierbij is het wel belangrijk om op voorhand te bepalen welke *wearables* in staat zijn dit te meten, aangezien dit niet door alle instapmodellen ondersteund wordt.

Indien er in de toekomst *wearables* op de markt komen aan concurrentiële prijzen en met langere batterijduur die in staat zijn EEG-signalen te meten, kan dit interessant zijn. Zoals eerder vermeld bestaan er al *machine learning*-algoritmes om motivatie te meten aan de hand van EEG-signalen.

Interessante *biomarkers* kunnen gebruikt worden als *input features* of *inputs* in een *machine learning*-model. De resultaten van de vragenlijsten omtrent motivatie kunnen dienen als *target features* oftewel *outputs*. *Machine learning*-modellen staan bekend om hun capaciteiten in het zoeken naar complexe verbanden tussen *inputs* en *outputs*. Op lange termijn, wanneer veel specifieke meetgegevens verzameld zijn, kan het *machine learning*-model gevoed worden met deze data. Het model is dan in staat om voorspellingen te doen over de motivatie, gebaseerd op de *biomarkers*. Over het algemeen geldt dat een grotere hoeveelheid data zorgt voor betere nauwkeurigheid in voorspellingen. Dit kan Ready2Improve de kans geven om geautomatiseerd en digitaal motivatie te meten om *dop-outs* tijdig te detecteren en in te grijpen.

Literatuurlijst

- [1] S. L. Navy, “Theory of Human Motivation—Abraham Maslow,” in *Science Education in Theory and Practice: An Introductory Guide to Learning Theory*, B. Akpan and T. J. Kennedy, Eds. Cham: Springer International Publishing, 2020, pp. 17–28. [Online]. Available: https://doi.org/10.1007/978-3-030-43620-9_2
- [2] R. M. Ryan and E. L. Deci, “Overview of self-determination theory: An organismic-dialectical perspective,” in *Handbook of self-determination research*. Rochester, NY, US: University of Rochester Press, 2002, pp. 3–33.
- [3] O. Frank, “HRV: The Endurance Athlete’s Complete Guide,” Aug. 2022. [Online]. Available: <https://fascatcoaching.com/blogs/training-tips/hrv-heart-rate-variability>
- [4] EliteHRV, “What are HRV Frequency Measurements (LF, HF, LF/HF),” Dec. 2020. [Online]. Available: <https://help.elitehrv.com/article/159-hrv-frequency>
- [5] “Ready2Improve,” May 2024. [Online]. Available: <https://ready2improve.be/>
- [6] “Offer,” May 2024. [Online]. Available: <https://ready2improve.be/aanbod/>
- [7] H. Belgium, “Weight status,” Jul. 2020. [Online]. Available: <https://www.healthybelgium.be/en/health-status/determinants-of-health/weight-status>
- [8] “Het Fitste Bedrijf,” May 2024. [Online]. Available: <https://www.fitstebedrijf.com/>
- [9] V. Dale, *Van Dale Groot Woordenboek van de Nederlandse taal*. Utrecht: Van Dale Uitgevers, 2023. [Online]. Available: <https://www.vandale.nl/gratis-woordenboek/nederlands/betekenis/motivatie>
- [10] E. L. Deci and R. M. Ryan, “The ”whatänd ”whyöf goal pursuits: Human needs and the self-determination of behavior,” *Psychological Inquiry*, vol. 11, no. 4, pp. 227–268, 2000, place: US Publisher: Lawrence Erlbaum.
- [11] M. Srinivasan, “Motivation and Human Growth,” *SageJournals*, Apr. 2008. [Online]. Available: <https://journals.sagepub.com/doi/epdf/10.1177/097168580701400107>
- [12] B. Souders, “The Vital Importance and Benefits of Motivation,” Nov. 2019. [Online]. Available: <https://positivepsychology.com/benefits-motivation/>
- [13] W. Portillo and R. G. Paredes, “Motivational Drive in Non-copulating and Socially Monogamous Mammals,” *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, vol. 13, Oct. 2019, publisher: Frontiers. [Online]. Available: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnbeh.2019.00238>

- [14] R. Aunger and V. Curtis, “The Anatomy of Motivation: An Evolutionary-Ecological Approach,” *Biological Theory*, vol. 8, no. 1, pp. 49–63, Jul. 2013. [Online]. Available: <http://link.springer.com/10.1007/s13752-013-0101-7>
- [15] J. Cant, P. Capdevila, M. Beger, and R. Salguero-Gómez, “Recent exposure to environmental stochasticity does not determine the demographic resilience of natural populations,” *Ecology Letters*, vol. 26, no. 7, pp. 1186–1199, 2023, eprint: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/ele.14234>. [Online]. Available: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/ele.14234>
- [16] R. A. Wise, “Dopamine, learning and motivation,” *Nature Reviews Neuroscience*, vol. 5, no. 6, pp. 483–494, Jun. 2004, publisher: Nature Publishing Group. [Online]. Available: <https://www.nature.com/articles/nrn1406>
- [17] N. D. Volkow, R. A. Wise, and R. Baler, “The dopamine motive system: implications for drug and food addiction,” *Nature Reviews Neuroscience*, vol. 18, no. 12, pp. 741–752, Dec. 2017, publisher: Nature Publishing Group. [Online]. Available: <https://www.nature.com/articles/nrn.2017.130>
- [18] S. Reiss, “Intrinsic and Extrinsic Motivation,” *Teaching of Psychology*, vol. 39, no. 2, pp. 152–156, Apr. 2012, publisher: SAGE Publications Inc. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1177/0098628312437704>
- [19] E. A. Locke and G. P. Latham, “Goal setting theory, 1990,” in *New developments in goal setting and task performance*. New York, NY, US: Routledge/Taylor & Francis Group, 2013, pp. 3–15.
- [20] F. C. Lunenburg, “Goal-Setting Theory of Motivation,” *International Journal of Management, Business and Administration*, vol. 12, no. 1, 2011.
- [21] R. L. Pardee, “Motivation Theories of Maslow, Herzberg, McGregor & McClelland. A Literature Review of Selected Theories Dealing with Job Satisfaction and Motivation.” *ERIC*, Feb. 1990. [Online]. Available: <https://eric.ed.gov/?id=ed316767>
- [22] J. R. Caulton, “The Development and Use of the Theory of ERG: A Literature Review,” *Emerging Leadership Journeys*, vol. 5, no. 1, pp. 2–8, 2012.
- [23] F. Herzberg, *Work and the Nature of Man*. The World Publishing Company, 1965.
- [24] F. Herzberg, B. Mausner, and B. Snyderman, *The Motivation to Work*, 2nd ed. Transaction Publishers, 1993.
- [25] S. K. Tan, “Herzberg’s Two-Factor Theory on Work Motivation: Does it Works for Todays Environment?” *Global Journal of Commerce and Management Perspective*, vol. 2, pp. 18–22, Sep. 2013.
- [26] D. S. Kurt, “McClelland’s Three Needs Theory: Power, Achievement, and Affiliation,” May 2021. [Online]. Available: <https://educationlibrary.org/mcclellands-three-needs-theory-power-achievement-and-affiliation/>
- [27] S. Jeremy, “Victor Vroom’s Expectancy Theory of Motivation,” Feb. 2024. [Online]. Available: <https://positivepsychology.com/expectancy-theory/>

- [28] J. S. Ph.D, “Victor Vroom’s Expectancy Theory of Motivation,” Feb. 2024. [Online]. Available: <https://positivepsychology.com/expectancy-theory/>
- [29] G. J. Greguras, J. Diefendorff, J. Carpenter, and C. Tröster, “Person-Environment Fit and Self-Determination Theory,” in *The Oxford Handbook of Work Engagement, Motivation, and Self-Determination Theory*, M. Gagné, Ed. Oxford University Press, Jul. 2014, p. 0. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199794911.013.002>
- [30] R. De Charms, *Personal Causation: The Internal Effective Determinants of Behaviour*. Academic Press Inc, Jan. 1968.
- [31] E. Luria, M. Shalom, and D. A. Levy, “Cognitive Neuroscience Perspectives on Motivation and Learning: Revisiting Self-Determination Theory,” *Mind, Brain, and Education*, vol. 15, no. 1, pp. 5–17, 2021, eprint: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/mbe.12275>. [Online]. Available: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/mbe.12275>
- [32] M. Hurst, H. Dittmar, R. Banerjee, and R. Bond, ““I just feel so guilty”: The role of introjected regulation in linking appearance goals for exercise with women’s body image,” *Body Image*, vol. 20, pp. 120–129, Mar. 2017. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1740144515300103>
- [33] Biorics, “Mindstretch,” Apr. 2021. [Online]. Available: <https://www.biorics.com/science/>
- [34] Whoop, “Biometric Data Points: What WHOOP Measures,” Apr. 2024. [Online]. Available: <https://www.whoop.com/us/en/the-data>
- [35] —, “How Does WHOOP Recovery Work?” Mar. 2022. [Online]. Available: <https://www.whoop.com/us/en/thelocker/how-does-whoop-recovery-work-101>
- [36] J. Smorodnikova, “Welltory — AI powered copilot for peak wellbeing,” Mar. 2024. [Online]. Available: <https://welltory.com/>
- [37] Welltory, “hrv-covid19,” Dec. 2023, original-date: 2020-03-26T13:39:07Z. [Online]. Available: <https://github.com/Welltory/hrv-covid19>
- [38] A. Ponomarev, K. Tyapochkin, E. Surkova, E. Smorodnikova, and P. Pravdin, “Heart Rate Variability as a Prospective Predictor of Early COVID-19 Symptoms,” Jul. 2021, pages: 2021.07.02.21259891. [Online]. Available: <https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2021.07.02.21259891v1>
- [39] M. Moya-Ramon, M. Mateo-March, I. Peña-González, M. Zabala, and A. Javaloyes, “Validity and reliability of different smartphones applications to measure HRV during short and ultra-short measurements in elite athletes,” *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, vol. 217, p. 106696, Apr. 2022. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169260722000815>
- [40] O. Health, “Oura Ring: Smart Ring for Fitness, Stress, Sleep & Health.” May 2024. [Online]. Available: <https://ouraring.com>
- [41] Google, “What’s my daily readiness score in the Fitbit app? - Fitbit Help Center,” May 2024. [Online]. Available: <https://support.google.com/fitbit/answer/14236710>

- [42] Polar, “Polar Elixir biomedische technologie,” Mar. 2024. [Online]. Available: <https://www.polar.com/be-nl/explore/elixir>
- [43] Garmin, “Energiebewaking met Body Battery™ | Garmin Data & Analyses,” Jun. 2024. [Online]. Available: <https://www.garmin.com/nl-BE/garmin-technology/health-science/body-battery/>
- [44] F. Theurl, M. Schreinlechner, N. Sappeler, M. Toifl, T. Dolejsi, F. Hofer, C. Massmann, C. Steinbring, S. Komarek, K. Mölgg, B. Dejakum, C. Böhme, R. Kirchmair, S. Reinstadler, and A. Bauer, “Smartwatch-derived heart rate variability: a head-to-head comparison with the gold standard in cardiovascular disease,” *European Heart Journal - Digital Health*, vol. 4, no. 3, pp. 155–164, May 2023. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1093/ehjdh/ztad022>
- [45] M. Vansteenkiste, B. Soenens, R. M. Ryan, and J. Van Der Kaap-Deeder, “Manual of the Basic Psychological Need Satisfaction and Frustration Scale (BPNSFS),” *Ghent University*, 2019.
- [46] Murtaza Bulut, Saskia Van Dantzig, Boris De Ruyter, Anouk Schroeten, and Jan Krans, “Unobtrusive Motivation Estimation,” *Nederland Patent EP.2019084694.W*, Jun., 2020.
- [47] Artin Pascal Jabourian, “Automated System for Measuring the Motivational Level of an Individual and Related Method,” *Frankrijk Patent EP.2012050102.W*, Jul., 2012.
- [48] S. Vazou, P. Gavrilou, E. Mamalaki, A. Papanastasiou, and N. Sioumala, “Does integrating physical activity in the elementary school classroom influence academic motivation?” *International Journal of Sport and Exercise Psychology*, vol. 10, no. 4, pp. 251–263, Dec. 2012, publisher: Routledge eprint: <https://doi.org/10.1080/1612197X.2012.682368>. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1080/1612197X.2012.682368>
- [49] N. F. Watson, M. S. Badr, G. Belenky, D. L. Bliwise, O. M. Buxton, D. Buysse, D. F. Dinges, J. Gangwisch, M. A. Grandner, C. Kushida, R. K. Malhotra, J. L. Martin, S. R. Patel, S. F. Quan, and E. Tasali, “Recommended Amount of Sleep for a Healthy Adult: A Joint Consensus Statement of the American Academy of Sleep Medicine and Sleep Research Society,” *Journal of Clinical Sleep Medicine*, vol. 11, no. 06, pp. 591–592, Jun. 2015, publisher: American Academy of Sleep Medicine. [Online]. Available: <https://jcsm.aasm.org/doi/full/10.5664/jcsm.4758>
- [50] P. Mu and Y. H. Huang, “Cholinergic system in sleep regulation of emotion and motivation,” *Pharmacological Research*, vol. 143, pp. 113–118, May 2019. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1043661818317985>
- [51] K. M. Edens, “The Relationship of University Students’ Sleep Habits and Academic Motivation,” *NASPA Journal*, vol. 43, no. 3, pp. 432–445, Oct. 2006, publisher: Routledge eprint: <https://doi.org/10.2202/1949-6605.1677>. [Online]. Available: <https://doi.org/10.2202/1949-6605.1677>
- [52] B. M. Ritland, G. Simonelli, R. J. Gentili, J. C. Smith, X. He, H. Oh, T. J. Balkin, and B. D. Hatfield, “Sleep health and its association with performance and motivation in tactical athletes enrolled in the Reserve Officers’ Training Corps,” *Sleep Health*, vol. 5, no. 3, pp. 309–314, Jun. 2019. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S235272181930004X>

- [53] E. Ortega and C. J. K. Wang, “Pre-performance Physiological State: Heart Rate Variability as a Predictor of Shooting Performance,” *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, vol. 43, no. 1, pp. 75–85, Mar. 2018.
- [54] F. Shaffer and J. P. Ginsberg, “An Overview of Heart Rate Variability Metrics and Norms,” *Frontiers in Public Health*, vol. 5, p. 258, Sep. 2017. [Online]. Available: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5624990/>
- [55] G. Ernst, “Heart-Rate Variability—More than Heart Beats?” *Frontiers in Public Health*, vol. 5, 2017, publisher: Frontiers Media SA. [Online]. Available: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5600971/>
- [56] J. A. Chalmers, D. S. Quintana, M. J.-A. Abbott, and A. H. Kemp, “Anxiety Disorders are Associated with Reduced Heart Rate Variability: A Meta-Analysis,” *Frontiers in Psychiatry*, vol. 5, p. 80, 2014.
- [57] A. H. Kemp and D. S. Quintana, “The relationship between mental and physical health: Insights from the study of heart rate variability,” *International Journal of Psychophysiology*, vol. 89, no. 3, pp. 288–296, Sep. 2013. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S016787601300189X>
- [58] P. Castellano, V. Gigli, V. Ghezzi, Y.-S. Ang, M. Schettino, D. A. Pizzagalli, and C. Ottaviani, “Momentary gustative-olfactory sensitivity and tonic heart rate variability are independently associated with motivational behavior,” *International Journal of Psychophysiology*, vol. 186, pp. 1–9, Apr. 2023. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167876023000193>
- [59] D. Nunan, G. R. H. Sandercock, and D. A. Brodie, “A Quantitative Systematic Review of Normal Values for Short-Term Heart Rate Variability in Healthy Adults,” *Pacing and Clinical Electrophysiology*, vol. 33, no. 11, pp. 1407–1417, 2010, eprint: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/j.1540-8159.2010.02841.x>. [Online]. Available: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1540-8159.2010.02841.x>
- [60] M. Benedek and C. Kaernbach, “A continuous measure of phasic electrodermal activity,” *Journal of Neuroscience Methods*, vol. 190, no. 1-5, pp. 80–91, Jun. 2010. [Online]. Available: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2892750/>
- [61] D. S. Wickramasuriya, C. Qi, and R. T. Faghieh, “A State-Space Approach for Detecting Stress from Electrodermal Activity,” in *2018 40th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC)*, Jul. 2018, pp. 3562–3567, iSSN: 1558-4615. [Online]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8512928>
- [62] M. Nardelli, A. Greco, L. Sebastiani, and E. P. Scilingo, “ComEDA: A new tool for stress assessment based on electrodermal activity,” *Computers in Biology and Medicine*, vol. 150, p. 106144, Nov. 2022. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0010482522008526>
- [63] R. Zangróniz, A. Martínez-Rodrigo, J. M. Pastor, M. T. López, and A. Fernández-Caballero, “Electrodermal Activity Sensor for Classification of Calm/Distress Condition,” *Sensors*, vol. 17, no. 10, p. 2324, Oct. 2017, number: 10 Publisher: Multidisciplinary Digital Publishing Institute. [Online]. Available: <https://www.mdpi.com/1424-8220/17/10/2324>

- [64] A. Klimek, I. Mannheim, G. Schouten, E. J. M. Wouters, and M. W. H. Peeters, “Wearables measuring electrodermal activity to assess perceived stress in care: a scoping review,” *Acta Neuropsychiatrica*, pp. 1–11, Mar. 2023. [Online]. Available: https://www.cambridge.org/core/product/identifier/S0924270823000194/type/journal_article
- [65] A. Greco, A. Lanata, L. Citi, N. Vanello, G. Valenza, and E. Scilingo, “Skin Admittance Measurement for Emotion Recognition: A Study over Frequency Sweep,” *Electronics*, vol. 5, no. 4, p. 46, Aug. 2016. [Online]. Available: <http://www.mdpi.com/2079-9292/5/3/46>
- [66] S. Chattopadhyay, L. Zary, C. Quek, and D. K. Prasad, “Motivation detection using EEG signal analysis by residual-in-residual convolutional neural network,” *Elsevier*, Jul. 2021, accepted: 2022-01-31T13:44:53Z Publisher: Elsevier. [Online]. Available: <https://munin.uit.no/handle/10037/23852>
- [67] G. G. Knyazev, “EEG delta oscillations as a correlate of basic homeostatic and motivational processes,” *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, vol. 36, no. 1, pp. 677–695, Jan. 2012.
- [68] L.-D. Liao, C.-T. Lin, K. McDowell, A. Wickenden, K. Gramann, T.-P. Jung, L.-W. Ko, and J.-Y. Chang, “Biosensor Technologies for Augmented Brain–Computer Interfaces in the Next Decades,” *Proceedings of the IEEE*, vol. 100, May 2012.
- [69] A. J. Casson, “Wearable EEG and beyond,” *Biomedical Engineering Letters*, vol. 9, no. 1, pp. 53–71, Jan. 2019. [Online]. Available: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6431319/>
- [70] E. Park, K. J. Kim, and S. J. Kwon, “Understanding the emergence of wearable devices as next-generation tools for health communication,” *Information Technology & People*, vol. 29, no. 4, pp. 717–732, Jan. 2016, publisher: Emerald Group Publishing Limited. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1108/ITP-04-2015-0096>
- [71] H.-Y. Yen, “Smart wearable devices as a psychological intervention for healthy lifestyle and quality of life: a randomized controlled trial,” *Quality of Life Research*, vol. 30, no. 3, pp. 791–802, Mar. 2021. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1007/s11136-020-02680-6>
- [72] N. A. Windasari and F.-r. Lin, “Why Do People Continue Using Fitness Wearables? The Effect of Interactivity and Gamification,” *Sage Open*, vol. 11, no. 4, p. 21582440211056606, Oct. 2021, publisher: SAGE Publications. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1177/21582440211056606>
- [73] Google, “Get Your Heart Pumping with Fitbit’s Active Zone Minutes - Fitbit Blog,” Jun. 2024. [Online]. Available: <https://store.google.com/intl/en/ideas/articles/active-zone-minutes/>
- [74] Jupyter Labs, “Jupyter Notebook Documentation — Jupyter Notebook 7.3.0a0 documentation,” Jun. 2024. [Online]. Available: <https://jupyter-notebook.readthedocs.io/en/latest/>
- [75] Howard E. LeWine, “What your heart rate is telling you,” Dec. 2015, section: Heart Health. [Online]. Available: <https://www.health.harvard.edu/heart-health/what-your-heart-rate-is-telling-you>

- [76] E. Ralevski, I. Petrakis, and M. Altemus, "Heart rate variability in alcohol use: A review," *Pharmacology Biochemistry and Behavior*, vol. 176, pp. 83–92, Jan. 2019. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0091305718303447>

Bijlage A

Bijlage - Basic Psychological Need Satisfaction and Frustration Scale

Hieronder willen we meten welke specifieke gevoelens je momenteel ervaart. Je kan een score toekennen van 1 ('helemaal niet akkoord') tot 5 ('helemaal akkoord') om aan te geven in welke mate een bepaald gevoel op dit moment van je leven van toepassing is.

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-----------------------|---|---|---|------------------|
| Helemaal niet waar | | | | Helemaal waar |

- | | | | | | | |
|-----|---|---|---|---|---|---|
| 1. | Ik heb een gevoel van keuze en vrijheid in de dingen die ik onderneem. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 2. | De meeste dingen die ik doe voelen aan alsof 'het moet'. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 3. | Ik voel dat de mensen waar ik om geef, ook geven om mij. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 4. | Ik voel me uitgesloten uit de groep waar ik bij wil horen. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 5. | Ik heb er vertrouwen in dat ik dingen goed kan doen. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 6. | Ik heb ernstige twijfels over de vraag of ik de dingen wel goed kan doen. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 7. | Ik voel dat mijn beslissingen weerspiegelen wat ik echt wil. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 8. | Ik voel me gedwongen om veel dingen te doen waar ik zelf niet voor zou kiezen. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 9. | Ik voel me verbonden met mensen die om mij geven en waar ik ook om geef. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 10. | Ik voel dat mensen die belangrijk voor me zijn koud en afstandelijk zijn tegen mij. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 11. | Ik voel me bekwaam in wat ik doe. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 12. | Ik voel me teleurgesteld in veel van mijn prestaties. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 13. | Ik voel dat mijn keuzes weergeven wie ik werkelijk ben. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 14. | Ik voel me verplicht om te veel dingen te doen. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

| | | | | | | |
|-----|--|---|---|---|---|---|
| 15. | Ik voel me nauw verbonden met andere mensen die belangrijk voor me zijn. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 16. | Ik heb de indruk dat mensen waarmee ik tijd doorbreng een hekel aan me hebben. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 17. | Ik voel me in staat om mijn doelen te bereiken. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 18. | Ik voel me onzeker over mijn vaardigheden. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 19. | Ik voel dat wat ik tot nu toe gedaan heb me oprecht interesseert. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 20. | Mijn dagelijkse activiteiten voelen als een aaneenschakeling van verplichtingen. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 21. | Ik heb een warm gevoel bij mensen waarmee ik tijd doorbreng. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 22. | Ik voel dat de relaties die ik heb slechts oppervlakkig zijn. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 23. | Ik voel dat ik moeilijke taken met succes kan voltooien. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 24. | Ik voel me als een mislukking omwille van de fouten die ik maak. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

Scoring information:

Autonomy satisfaction: items 1, 7, 13, 19

Autonomy frustration: items 2, 8, 14, 20

Relatedness satisfaction: items 3, 9, 15, 21

Relatedness frustration: items 4, 10, 16, 22

Competence satisfaction: items 5, 11, 17, 23

Competence frustration: items 6, 12, 18, 24

Contact person:

Maarten Vansteenkiste; Maarten.Vansteenkiste@UGent.be.

Bijlage B

Bijlage - Jupyter Notebook

B.1 Grafieken

Verwijder .png-bestanden in /data/graphs/activity, /data/graphs/hearttrate & /data/graphs/sleep

```
In [ ]: import os
import glob

# Functie om alle .png bestanden in een gegeven directory te verwijderen
def remove_png_files(directory):
    # Pad naar alle .png bestanden in de directory
    png_files = glob.glob(os.path.join(directory, '*.png'))

    for file in png_files:
        try:
            os.remove(file)
            print(f"Verwijderd: {file}")
        except Exception as e:
            print(f"Fout bij het verwijderen van {file}: {e}")

# Directories waaruit .png bestanden moeten worden verwijderd
directories = ['data/graphs/activity', 'data/graphs/hearttrate', 'data/graphs/sleep']

for directory in directories:
    remove_png_files(directory)
```

Re-format json-file

```
In [ ]: import json
import os
import glob

# Functie om een JSON-bestand in te laden en opnieuw te formatteren
def fix_json_format(input_file):
    try:
        # Lees het JSON-bestand
        with open(input_file, 'r', encoding='utf-8') as file:
            data = json.load(file)

        # Schrijf de inhoud terug naar het originele bestand met mooie opmaak
        with open(input_file, 'w', encoding='utf-8') as file:
            json.dump(data, file, indent=4, ensure_ascii=False)

        print(f"JSON-bestand '{input_file}' succesvol geformatteerd en overschreven")
    except json.JSONDecodeError as e:
        print(f"Fout bij het inladen van JSON-bestand '{input_file}': {e}")
    except Exception as e:
        print(f"Er is een fout opgetreden bij '{input_file}': {e}")

# Directory waar de JSON-bestanden zich bevinden
directory = './data'

# Zoek naar alle JSON-bestanden in de directory
json_files = glob.glob(os.path.join(directory, '*.json'))

# Verwerk elk JSON-bestand in de directory
```

```
for input_file in json_files:
    fix_json_format(input_file)
```

Verwijder waarden voor heart rate = 0

```
In [ ]: import json
import os
import glob
import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt
from matplotlib.dates import DateFormatter

# Functie om de JSON-bestand in te laden
def load_json(filename):
    with open(filename, 'r', encoding='utf-8') as file:
        data = json.load(file)
    return data

# Functie om ongeldige data entries te wissen
def remove_invalid_entries(data):
    cleaned_hrData = [
        entry for entry in data['hrData']
        # Uncomment de volgende lijn om ook null-waarden te verwijderen (Opg
        # if entry['restingHeartRate'] != 0 and entry['dailyRmssd'] is not N
        # Wanneer restingHeartRate = 0 --> rmssd zijn ook altijd null. Enke
        if entry['restingHeartRate'] != 0
    ]
    data['hrData'] = cleaned_hrData
    return data

# Functie om de JSON-bestand op te slaan
def save_json(data, filename):
    with open(filename, 'w', encoding='utf-8') as file:
        json.dump(data, file, indent=4, ensure_ascii=False)

# Directory waar de JSON-bestanden zich bevinden
directory = './data'

# Zoek naar alle JSON-bestanden in de directory
json_files = glob.glob(os.path.join(directory, '*.json'))

# Verwerk elk JSON-bestand in de directory om ongeldige entries te wissen
for input_file in json_files:
    # JSON-bestand inladen
    data = load_json(input_file)

    # Ongeldige entries wissen
    cleaned_data = remove_invalid_entries(data)

    # Geformatteerde JSON terugschrijven naar het originele bestand
    save_json(cleaned_data, input_file)

    print(f"Bestand '{input_file}' is verwerkt en ongeldige entries zijn ve
```

Teken grafieken: Deep rmssd (HRV), resting heart rate en motivation in functie van de datum

```
In [ ]: import json
import os
import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt
from matplotlib.dates import DateFormatter

# Functie om de JSON-bestand in te laden
def load_json(filename):
    with open(filename, 'r', encoding='utf-8') as file:
        data = json.load(file)
    return data

# Functie om grafieken te maken
def plot_data(data, filename, output_dir):
    # Data voorbereiden
    hr_data = data['hrData']
    bpnfsfs_data = data['BPNSFSData']

    # Omzetten naar pandas DataFrame
    hr_df = pd.DataFrame(hr_data)
    bpnfsfs_df = pd.DataFrame(bpnfsfs_data)

    # Zet de datumkolom om naar datetime type voor correcte plotting
    hr_df['date'] = pd.to_datetime(hr_df['date'])
    bpnfsfs_df['date'] = pd.to_datetime(bpnfsfs_df['date'])

    # Zet RMSSD-waarden om naar numeriek type
    hr_df['dailyRmssd'] = pd.to_numeric(hr_df['dailyRmssd'])
    hr_df['deepRmssd'] = pd.to_numeric(hr_df['deepRmssd'])

    # Grafieken maken
    fig, ax1 = plt.subplots()

    # Plot restingHeartRate en deepRmssd
    ax1.set_xlabel('Date')
    ax1.set_ylabel('Resting Heart Rate / Deep RMSSD (ms)', color='tab:blue')
    ax1.plot(hr_df['date'], hr_df['restingHeartRate'], label='Resting Heart')
    ax1.plot(hr_df['date'], hr_df['deepRmssd'], label='Deep RMSSD', color='tab:blue')
    ax1.tick_params(axis='y', labelcolor='tab:blue')

    # Maak een tweede y-as voor motivation
    ax2 = ax1.twinx()
    ax2.set_ylabel('Motivation', color='tab:red')
    ax2.plot(bpnfsfs_df['date'], bpnfsfs_df['motivation'], label='Motivation',
            color='tab:red')
    ax2.tick_params(axis='y', labelcolor='tab:red')

    # Opmaak van x-as
    ax1.xaxis.set_major_formatter(DateFormatter('%d-%m-%Y'))
    plt.xticks(rotation=45, ha='right') # Roteren van datum labels
    fig.autofmt_xdate()

    # Legende toevoegen
```

```

fig.tight_layout()
fig.legend(loc='upper left', bbox_to_anchor=(0.1,0.9))

# Grafiek titel toevoegen
# plt.title(f'{filename}') # Show filename only

# Controleer of de output directory bestaat en maak deze indien nodig
if not os.path.exists(output_dir):
    os.makedirs(output_dir)

# Pad voor de output PNG
output_path = os.path.join(output_dir, f'{filename}_heartrate_motivation')

# Grafiek opslaan
plt.savefig(output_path)

# Grafiek tonen
plt.show()

# Output directory voor de grafieken
output_directory = os.path.join('data', 'graphs', 'heartrate')

# Verwerk elk JSON-bestand in de directory om de grafieken te maken
for input_file in json_files:
    # JSON-bestand inladen
    data = load_json(input_file)

    # Grafieken maken
    plot_data(data, os.path.basename(input_file), output_directory)

```

Teken grafieken: activity minutes en motivation in functie van datum

```

In [ ]: import json
import os
import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt
from matplotlib.dates import DateFormatter

# Functie om de JSON-bestand in te laden
def load_json(filename):
    with open(filename, 'r', encoding='utf-8') as file:
        data = json.load(file)
    return data

# Functie om grafieken te maken
def plot_data(data, filename, output_dir):
    # Data voorbereiden
    activity_data = data['activityData']
    bpnsfs_data = data['BPNSFSData']

    # Omzetten naar pandas DataFrame
    activity_df = pd.DataFrame(activity_data)
    bpnsfs_df = pd.DataFrame(bpnsfs_data)

    # Zet de datumkolom om naar datetime type voor correcte plotting

```

```

activity_df['date'] = pd.to_datetime(activity_df['date'])
bpnsfs_df['date'] = pd.to_datetime(bpnsfs_df['date'])

# Grafieken maken
fig, ax1 = plt.subplots()

# Plot lightlyActiveMinutes, fairlyActiveMinutes en veryActiveMinutes
ax1.set_xlabel('Date')
ax1.set_ylabel('Activity Minutes', color='tab:blue')
ax1.plot(activity_df['date'], activity_df['lightlyActiveMinutes'], label='lightlyActiveMinutes')
ax1.plot(activity_df['date'], activity_df['fairlyActiveMinutes'], label='fairlyActiveMinutes')
ax1.plot(activity_df['date'], activity_df['veryActiveMinutes'], label='veryActiveMinutes')
ax1.tick_params(axis='y', labelcolor='tab:blue')

# Maak een tweede y-as voor motivation
ax2 = ax1.twinx()
ax2.set_ylabel('Motivation', color='tab:red')
ax2.plot(bpnsfs_df['date'], bpnsfs_df['motivation'], label='Motivation')
ax2.tick_params(axis='y', labelcolor='tab:red')

# Opmaak van x-as
ax1.xaxis.set_major_formatter(DateFormatter('%d-%m-%Y'))
plt.xticks(rotation=45, ha='right') # Roteren van datum labels
fig.autofmt_xdate()

# Legende toevoegen
fig.tight_layout()
fig.legend(loc='upper left', bbox_to_anchor=(0.1,0.9))

# Grafiek titel toevoegen
# plt.title(f'{filename}') # Show filename only

# Controleer of de output directory bestaat en maak deze indien nodig
if not os.path.exists(output_dir):
    os.makedirs(output_dir)

# Pad voor de output PNG
output_path = os.path.join(output_dir, f'{filename}_activity_motivation.png')

# Grafiek opslaan
plt.savefig(output_path)

# Grafiek tonen
plt.show()

# Output directory voor de grafieken
output_directory = os.path.join('data', 'graphs', 'activity')

# Verwerk elk JSON-bestand in de directory om de grafieken te maken
for input_file in json_files:
    # JSON-bestand inladen
    data = load_json(input_file)

    # Grafieken maken
    plot_data(data, os.path.basename(input_file), output_directory)

```

Teken grafieken: sleep efficiency en motivation in functie van datum

```
In [ ]: import json
import os
import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt
from matplotlib.dates import DateFormatter

# Functie om de JSON-bestanden in te laden
def load_json(filename):
    with open(filename, 'r', encoding='utf-8') as file:
        data = json.load(file)
    return data

# Functie om grafieken te maken
def plot_sleep_and_motivation(data, filename, output_dir):
    # Data voorbereiden
    activity_data = data.get('activityData', [])
    bpnfsfs_data = data.get('BPNSFSData', [])

    # Controleer of er data aanwezig is
    if not activity_data or not bpnfsfs_data:
        print(f"No data in {filename}")
        return

    # Omzetten naar pandas DataFrame
    activity_df = pd.DataFrame(activity_data)
    bpnfsfs_df = pd.DataFrame(bpnfsfs_data)

    # Controleer of de noodzakelijke kolommen aanwezig zijn
    if 'date' not in activity_df.columns or 'date' not in bpnfsfs_df.columns:
        print(f"Missing 'date' column in {filename}")
        return

    # Zet de datumkolom om naar datetime type voor correcte plotting
    activity_df['date'] = pd.to_datetime(activity_df['date'])
    bpnfsfs_df['date'] = pd.to_datetime(bpnfsfs_df['date'])

    # Filter data met niet-lege sleepEfficiency en motivation waarden
    activity_df = activity_df.dropna(subset=['sleepEfficiency'])
    bpnfsfs_df = bpnfsfs_df.dropna(subset=['motivation'])

    # Controleer of de noodzakelijke kolommen aanwezig zijn voor plotting
    required_columns_activity = ['sleepEfficiency']
    required_columns_bpnfsfs = ['motivation']
    if not all(col in activity_df.columns for col in required_columns_activity):
        print(f"Missing columns in activity data in {filename}")
        return
    if not all(col in bpnfsfs_df.columns for col in required_columns_bpnfsfs):
        print(f"Missing columns in BPNSFS data in {filename}")
        return

    # Grafieken maken
    fig, ax1 = plt.subplots()
```



```

# Plot sleepEfficiency
ax1.set_xlabel('Date')
ax1.set_ylabel('Sleep Efficiency (%)', color='tab:blue')
ax1.plot(activity_df['date'], activity_df['sleepEfficiency'], label='Sleep Efficiency')
ax1.tick_params(axis='y', labelcolor='tab:blue')

# Maak een tweede y-as voor motivation
ax2 = ax1.twinx()
ax2.set_ylabel('Motivation', color='tab:red')
ax2.plot(bpnsfs_df['date'], bpnsfs_df['motivation'], label='Motivation', color='tab:red')
ax2.tick_params(axis='y', labelcolor='tab:red')

# Opmaak van x-as
ax1.xaxis.set_major_formatter(DateFormatter('%d-%m-%Y'))
plt.xticks(rotation=45, ha='right') # Roteren van datum labels
fig.autofmt_xdate()

# Legende toevoegen
fig.tight_layout()
fig.legend(loc='upper left', bbox_to_anchor=(0.1,0.9))

# Titel toevoegen
# plt.title(f'{filename}')

# Controleer of de output directory bestaat en maak deze indien nodig
if not os.path.exists(output_dir):
    os.makedirs(output_dir)

# Pad voor de output PNG
output_path = os.path.join(output_dir, f'{filename}_sleep_motivation.png')

# Grafiek opslaan
plt.savefig(output_path)

# Grafiek tonen
plt.show()

# Output directory voor de grafieken
output_directory = os.path.join('data', 'graphs', 'sleep')

# Verwerk elk JSON-bestand in de directory om de grafieken te maken
for input_file in json_files:
    # JSON-bestand inladen
    data = load_json(input_file)

    # Grafieken maken
    plot_sleep_and_motivation(data, os.path.basename(input_file), output_dir)

```

B.2 Correlaties

Verwijder .csv-bestanden in data/correlations

```
In [ ]: import os
import glob

# Functie om alle .png bestanden in een gegeven directory te verwijderen
def remove_png_files(directory):
    # Pad naar alle .png bestanden in de directory
    png_files = glob.glob(os.path.join(directory, '*.csv'))

    for file in png_files:
        try:
            os.remove(file)
            print(f"Verwijderd: {file}")
        except Exception as e:
            print(f"Fout bij het verwijderen van {file}: {e}")

# Directories waaruit .png bestanden moeten worden verwijderd
directories = ['data/correlations']

for directory in directories:
    remove_png_files(directory)
```

Correlaties: rssid, activity minutes en sleep efficiency met motivation

```
In [ ]: import json
import os
import pandas as pd
import glob

# Directory waar de JSON-bestanden zich bevinden
directory = './data'
output_directory = './data/correlations'

# Zorg dat de output directory bestaat
os.makedirs(output_directory, exist_ok=True)

# Zoek naar alle JSON-bestanden in de directory
json_files = glob.glob(os.path.join(directory, '*.json'))

# Functie om de JSON-bestand in te laden
def load_json(filename):
    with open(filename, 'r', encoding='utf-8') as file:
        data = json.load(file)
    return data

# Functie om de correlaties te berekenen
def calculate_correlations(data):
    hr_data = data.get('hrData', [])
    activity_data = data.get('activityData', [])
    bpnsfs_data = data.get('BPNSFSData', [])

    # Omzetten naar pandas DataFrames
    hr_df = pd.DataFrame(hr_data)
```

```

activity_df = pd.DataFrame(activity_data)
bpnsfs_df = pd.DataFrame(bpnsfs_data)

# Zet RMSSD-waarden om naar numeriek type waar nodig
if not hr_df.empty:
    hr_df['deepRmssd'] = pd.to_numeric(hr_df['deepRmssd'], errors='coerc

# Zet activity-waarden om naar numeriek type waar nodig
if not activity_df.empty:
    activity_df['lightlyActiveMinutes'] = pd.to_numeric(activity_df['lig
    activity_df['fairlyActiveMinutes'] = pd.to_numeric(activity_df['fair
    activity_df['veryActiveMinutes'] = pd.to_numeric(activity_df['veryAc
    activity_df['sleepEfficiency'] = pd.to_numeric(activity_df['sleepEffi

# Correlaties initialiseren
correlations = {
    'deepmssd_motivation': None,
    'lightly_active_motivation': None,
    'fairly_active_motivation': None,
    'very_active_motivation': None,
    'sleep_efficiency_motivation': None
}

# Bereken correlaties
if not hr_df.empty and 'motivation' in bpnsfs_df:
    correlations['deepmssd_motivation'] = hr_df['deepRmssd'].corr(bpnsf

if not activity_df.empty and 'motivation' in bpnsfs_df:
    correlations['lightly_active_motivation'] = activity_df['lightlyActi
    correlations['fairly_active_motivation'] = activity_df['fairlyActive
    correlations['very_active_motivation'] = activity_df['veryActiveMinu
    correlations['sleep_efficiency_motivation'] = activity_df['sleepEffi

return correlations

# Lijst om alle correlaties van alle JSON-bestanden op te slaan
all_correlations = []

# Verwerk elk JSON-bestand in de directory
for input_file in json_files:
    # JSON-bestand inladen
    data = load_json(input_file)

    # Bereken correlaties
    correlations = calculate_correlations(data)
    correlations['filename'] = os.path.basename(input_file) # Voeg de besta
    all_correlations.append(correlations)

# Zet alle correlaties om in een DataFrame
correlations_df = pd.DataFrame(all_correlations)

# Reorder columns to have 'filename' as the first column
columns = ['filename'] + [col for col in correlations_df.columns if col != '
correlations_df = correlations_df[columns]

# Pad om de samenvattende tabel op te slaan in de /data/correlations map

```

```
output_path = os.path.join(output_directory, 'correlaties_waarden.csv')  
  
# Sla de samenvattende tabel op als een CSV-bestand  
correlations_df.to_csv(output_path, index=False)  
  
# Print de DataFrame om te controleren  
print(correlations_df)
```

B.3 Statistieken

Verwijder .csv-bestanden in /data/stats

```
In [ ]: import os
import glob

# Functie om alle .png bestanden in een gegeven directory te verwijderen
def remove_png_files(directory):
    # Pad naar alle .png bestanden in de directory
    png_files = glob.glob(os.path.join(directory, '*.csv'))

    for file in png_files:
        try:
            os.remove(file)
            print(f"Verwijderd: {file}")
        except Exception as e:
            print(f"Fout bij het verwijderen van {file}: {e}")

# Directories waaruit .png bestanden moeten worden verwijderd
directories = ['data/stats']

for directory in directories:
    remove_png_files(directory)
```

Bereken gemiddelde waarden voor elke parameter per deelnemer

```
In [ ]: import json
import os
import pandas as pd
import glob

# Directory waar de JSON-bestanden zich bevinden
directory = './data'
output_directory = './data/stats'

# Zorg dat de output directory bestaat
os.makedirs(output_directory, exist_ok=True)

# Zoek naar alle JSON-bestanden in de directory
json_files = glob.glob(os.path.join(directory, '*.json'))

# Functie om de JSON-bestand in te laden
def load_json(filename):
    with open(filename, 'r', encoding='utf-8') as file:
        data = json.load(file)
    return data

# Functie om de gemiddelde waarde te berekenen
def calculate_averages(data):
    hr_data = data['hrData']
    activity_data = data['activityData']
    bpnsfs_data = data['BPNSFSData']

    # Omzetten naar pandas DataFrames
    hr_df = pd.DataFrame(hr_data)
```

```

activity_df = pd.DataFrame(activity_data)
bpnsfs_df = pd.DataFrame(bpnsfs_data)

# Zet kolommen om naar numeriek type waar nodig
hr_df['dailyRmssd'] = pd.to_numeric(hr_df['dailyRmssd'], errors='coerce')
hr_df['deepRmssd'] = pd.to_numeric(hr_df['deepRmssd'], errors='coerce')
activity_df['minutesAsleep'] = pd.to_numeric(activity_df['minutesAsleep'], errors='coerce')
activity_df['sleepEfficiency'] = pd.to_numeric(activity_df['sleepEfficiency'], errors='coerce')

# Bereken de gemiddelde waarden voor de gegeven parameters
averages = {
    'restingHeartRate': hr_df['restingHeartRate'].mean(),
    'dailyRmssd': hr_df['dailyRmssd'].mean(),
    'deepRmssd': hr_df['deepRmssd'].mean(),
    'steps': activity_df['steps'].mean(),
    'lightlyActiveMinutes': activity_df['lightlyActiveMinutes'].mean(),
    'fairlyActiveMinutes': activity_df['fairlyActiveMinutes'].mean(),
    'veryActiveMinutes': activity_df['veryActiveMinutes'].mean(),
    'sedentaryMinutes': activity_df['sedentaryMinutes'].mean(),
    'minutesAsleep': activity_df['minutesAsleep'].mean(),
    'sleepEfficiency': activity_df['sleepEfficiency'].mean(),
    'motivation': bpnsfs_df['motivation'].mean(),
    'autonomy': bpnsfs_df['autonomy'].mean(),
    'competence': bpnsfs_df['competence'].mean(),
    'relatedness': bpnsfs_df['relatedness'].mean(),
}

return averages

# Lijst om alle gemiddelde waarden van alle JSON-bestanden op te slaan
all_averages = []

# Verwerk elk JSON-bestand in de directory
for input_file in json_files:
    # JSON-bestand inladen
    data = load_json(input_file)

    # Bereken de gemiddelde waarden
    averages = calculate_averages(data)
    averages['filename'] = os.path.basename(input_file) # Voeg de bestandsnaam toe
    all_averages.append(averages)

# Zet alle gemiddelde waarden om in een DataFrame
averages_df = pd.DataFrame(all_averages)

# Reorder columns to have 'filename' as the first column
columns = ['filename'] + [col for col in averages_df.columns if col != 'filename']
averages_df = averages_df[columns]

# Pad om de samenvattende tabel op te slaan in de /data/stats map
output_path = os.path.join(output_directory, 'gemiddelde_waarden.csv')

# Sla de samenvattende tabel op als een CSV-bestand
averages_df.to_csv(output_path, index=False)

```



```
# Print de DataFrame om te controleren  
print(averages_df)
```