



# Nationale Roadmap Grootschalige Wetenschappelijke Infrastructuur 2021





# Nationale Roadmap Grootschalige Wetenschappelijke Infrastructuur 2021



# Inhoud

VOORWOORD	4
HOOFDSTUK 1 Inleiding en achtergrond	7
HOOFDSTUK 2 Landschap GWI: inventarisatie, observaties en analyse	13
HOOFDSTUK 3 Strategie Nationale Roadmap 2021: oplijnen en prioriteren	17
HOOFDSTUK 4 Domein Technische & Natuurwetenschappen	23
4.1 Groep Astronomy & Particle Physics	24
4.2 Groep Materials	27
4.3 Groep Technology	31
4.4 Groep GeoSciences	33
HOOFDSTUK 5 Domein Levens- & Medische Wetenschappen	37
5.1 Groep Green Life Sciences	38
5.2 Groep Life Sciences & Enabling Technology	42
5.3 Groep Medical Sciences	45
5.4 Groep Health Sciences	48
HOOFDSTUK 6 Domein Sociale & Geesteswetenschappen	51
6.1 Groep Sociale & Geesteswetenschappen	52
HOOFDSTUK 7 Financieringsinstrumenten voor de ontwikkeling van GWI's	55
7.1 Grootchalige Wetenschappelijke Infrastructuur – Nationale Roadmap consortia	56
7.2 Wetenschappelijke Infrastructuur – Nationale consortia	57
7.3 Andere subsidie-instrumenten van NWO met een infrastructuurmodule	58
7.4 Europese financiering	59
Bijlagen	61
BIJLAGE 1 Definitie Grootchalige Wetenschappelijke Infrastructuur (GWI)	62
BIJLAGE 2 Samenstelling Permanente Commissie Grootchalige Wetenschappelijke Infrastructuur (PC-GWI) en Terms of Reference	63
BIJLAGE 3 GWI-plannen	69
BIJLAGE 4 Nationale Roadmap 2016: 16 clusters en 17 individuele faciliteiten	97
BIJLAGE 5 Gehonoreerde Roadmap-projecten ronde 2017/2018 en 2019/2020	100
BIJLAGE 6 GWI's met een link naar een ESFRI Roadmap consortium	107
BIJLAGE 7 Verantwoording illustraties	110

# VOORWOORD

Voor u ligt de Nationale Roadmap Grootchalige Wetenschappelijke Infrastructuur 2021.

Grootchalige Wetenschappelijke Infrastructuur is een aanjager voor vernieuwing in onderzoek en voor het bereiken van doorbraken in alle wetenschappelijke domeinen. De Roadmap 2021 geeft een overzicht van de grootschalige onderzoeksinfrastructuur die de komende tien jaar de hoogste prioriteit heeft voor de Nederlandse wetenschap.

**Marcel Levi**, bestuursvoorzitter NWO:

'Meer investeringen in en duidelijke keuzes voor unieke grootschalige wetenschappelijke infrastructuren zijn belangrijk voor de hele wetenschap. Zij zijn een noodzakelijke voorwaarde voor internationaal vooraanstaand onderzoek op vrijwel alle terreinen. Als je zorgt voor de juiste infrastructuur, komen partijen bij elkaar die normaliter niet samen om de tafel zitten. Daarmee is wetenschappelijke infrastructuur een broedplaats voor nieuwe ontwikkelingen en de sleutel tot innovatie en het oplossen van grote maatschappelijke vraagstukken.'

Grootchalige wetenschappelijke infrastructuur is essentieel voor de positie van de Nederlandse wetenschap: zij draagt sterk bij aan innovatie en het oplossen van grote maatschappelijke vraagstukken rondom milieу, klimaat, gezondheid en beschaving. Er bestaan verschillende soorten onderzoeksfaciliteiten: op een centrale locatie of, wat steeds vaker voorkomt, verdeeld over meerdere locaties. Het kan gaan om zeer gespecialiseerde apparaten, zoals grote telescopen, hoge veldmagneten of geavanceerde sensoren en meetnetten noodzakelijk voor biologisch en aardwetenschappelijk onderzoek. Maar ook om 'virtuele' faciliteiten, zoals omvangrijke databanken, wetenschappelijke computernetwerken, of data- en monstercollecties. Voor het grootste deel gaat het om nieuwe infrastructuren die het wetenschappelijke veld samen ontwikkelt.

**Hans van Duijn**, voorzitter van de Permanente Commissie voor Grootchalige Wetenschappelijke Infrastructuur:

'Grootchalige Wetenschappelijke Infrastructuur is een aanjager voor vernieuwing in onderzoek en voor het bereiken van doorbraken in alle wetenschappelijke domeinen. De Commissie roept daarom het nieuwe kabinet op aanvullende financiering te reserveren om de Roadmap 2021 te verwezenlijken, omdat het huidige budget niet toereikend is. Wetenschappelijke infrastructuur is op termijn de motor voor economische en maatschappelijke ontwikkeling en uiteindelijk voor de welvaart van Nederland.'

De Roadmap 2021 is een volgende stap in een toekomstbestendige lange termijnstrategie voor grootschalige onderzoeksinfrastructuur. In 2015 heeft het toenmalige kabinet NWO gevraagd een Permanente Commissie voor Grootschalige Wetenschappelijke Infrastructuur te benoemen. Die vraag kwam voort uit de Wetenschapsvisie 2025, die bepaalde dat het maken van strategische keuzes op het gebied van grootschalige wetenschappelijke infrastructuur niet meer aan ad-hoc commissies moest worden overgelaten. In 2016 presenteerde deze Commissie onder leiding van Hans van Duijn de Roadmap 2016 met voorstellen voor onderzoeksfaciliteiten in 17 clusters en 16 individuele faciliteiten.

In de nieuwe Roadmap 2021 is deze strategie verder uitgebouwd en verduurzaamd, waarbij het onderzoeksfield is gevraagd nog meer met elkaar af te stemmen en samen te werken. Zo worden investeringen effectiever en efficiënter ingezet en kan het veld zelf prioriteiten stellen voor de inzet van de beperkte middelen. Negen Groepen (met inhoudelijke, thematische of technische raakvlakken) geven in de Roadmap 2021 een toelichting op hun prioriteiten qua onderzoeksinfrastructuren die in de komende jaren gerealiseerd zouden moeten worden. In deze publicatie leest u de voorstellen.

**Ingrid van Engelshoven**, minister van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap:

‘Investeringen in vernieuwende onderzoeksfaciliteiten dragen bij aan de internationale positie van Nederland als kennisland. Wetenschap en onderzoek kunnen niet zonder de juiste wetenschappelijke infrastructuur. Daarnaast heeft de aanwezigheid van unieke onderzoeksfaciliteiten een sterke aantrekkingskracht op talent.’



## HOOFDSTUK 1

# Inleiding en achtergrond

De Nationale Roadmap voor Grootchalige Wetenschappelijke Infrastructuur (GWI) is een instrument om strategische keuzes te maken voor overheidsinvesteringen in onderzoeksinfrastructuur. Nadat in 2008 een eerste lijst van infrastructuren werd gepresenteerd heeft de Nationale Roadmap steeds meer een meerjarig en toekomstbestendig karakter gekregen. Het Nederlandse onderzoeksgebied wordt in toenemende mate actief betrokken bij het stellen van prioriteiten en het maken van keuzes binnen de verschillende wetenschapsdomeinen. Dit leidt tot zelforganisatie en groeiende samenwerking, het optimaliseert de verdeling van de beperkte middelen onder de noodzakelijke GWI's in de domeinen en het stimuleert discipline-overstijgende samenwerking.

Grootchalige Wetenschappelijke Infrastructuur is een aanjager voor vernieuwing in onderzoek en voor het bereiken van doorbraken in alle wetenschappelijke domeinen. Er bestaan verschillende soorten GWI: op een centrale locatie of, wat steeds vaker voorkomt, verdeeld over meerdere locaties. Het kan zeer gespecialiseerde apparaten betreffen, zoals grote telescopen, hoge veldmagneten of geavanceerde sensoren en meetnetten noodzakelijk voor biologisch en aardwetenschappelijk onderzoek. Het kan ook gaan om 'virtuele' faciliteiten, zoals omvangrijke databanken, wetenschappelijke computernetwerken, of om data- en monstercollecties, bijvoorbeeld een verzameling bodemonsters, cohorten van patiënten en burgers of een universitaire boekencollectie, survey-data en verzamelingen van (multilinguale) tekst- en spraak- en multimedia uitingen. De door de Permanente Commissie-GWI gehanteerde definitie van GWI staat in bijlage 1.

GWI's dragen ook sterk bij aan innovatie en het oplossen van grote maatschappelijke vraagstukken rondom milieu, klimaat, gezondheid en beschaving. Ook vergroten zulke faciliteiten de internationale zichtbaarheid van Nederland. Daarnaast heeft de aanwezigheid van een unieke onderzoeksfaciliteit een sterke aantrekkingskracht op talent en leidt het wetenschappers, ingenieurs, data scientists en projectmanagers op die gezamenlijk werken aan kennisontwikkeling, technologieontwikkeling en technology transfer en innovatie, ook richting de industrie. GWI's hebben daarmee een sleutelrol in het bijeenbrengen van partijen die normaliter niet samen om de tafel zitten.<sup>1</sup>

Een groot aantal GWI's in het Nederlandse landschap is onderdeel van een onderzoeksinfrastructuur met een Europees en soms mondial karakter. Dit kunnen grote apparaten zijn zoals telescopen en deeltjesversnellers die data genereren die door onderzoekers in de deelnemende landen gebruikt kunnen worden. Er zijn ook steeds meer gedistribueerde data- en monster-collecties die in meerdere landen verzameld worden, vaak inclusief annotatie, verrijking en links naar andere datasets, die voor een internationale gemeenschap toegankelijk worden gemaakt. De deelnemende landen brengen de omvangrijke kosten voor de gedeelde voorzieningen gezamenlijk op.

De European Strategic Forum for Research Infrastructures (ESFRI) is een Europees strategisch instrument gericht op de wetenschappelijke coördinatie en samenwerking op het gebied van onderzoeks-infrastructuren. ESFRI publiceert om de paar jaar een rapport (bekend onder de naam 'ESFRI Roadmap') met een overzicht van de stand van zaken en voortgang in de realisatie van Europese GWI-ambities. Nieuwe internationale GWI's op de ESFRI Roadmap kunnen bij de Europese Commissie een opstartsubsidie aanvragen. De kosten voor de

<sup>1</sup>

Zie ook NWO Strategie 2019-2022 'Verbinden van wetenschap en samenleving' – <https://www.nwo.nl/nwo-strategie-2019-2022>.

vervolgstadia worden opgebracht door de aan de GWI deelnemende Europese lidstaten. Zulke samenwerkingen krijgen vorm in een IGO (intergovernmental organization), een AISBL (Association Internationale Sans But Lucratif) of een ERIC (European Research Infrastructure Consortium).

De kosten van het ontwerpen, implementeren en exploiteren van GWI's zijn enorm. Om een toekomstbestendig ecosysteem van GWI's te creëren is een langjarige strategie noodzakelijk. De Nationale Roadmap 2021 is een nieuwe stap om de beperkte middelen zo effectief en evenredig mogelijk in te zetten voor het ontwerp en de realisatie van nieuwe GWI's, of voor substantiële updates van bestaande GWI's, en deze voor een beperkte opstartperiode te exploiteren. Onderhoud en exploitatie van de wetenschappelijke infrastructuur is echter met name ook de verantwoordelijkheid van de onderzoeksinstellingen. Deze dienen daarvoor de nodige middelen te reserveren en ook in te zetten op erkenning en waardering van de noodzakelijke technische en personele ondersteuning.

## Permanente Commissie GWI

De Permanente Commissie voor Grootchalige Wetenschappelijke Infrastructuur (PC-GWI) komt voort uit de Wetenschapsvisie 2025 van het kabinet en is in 2015 door NWO benoemd in opdracht van het Ministerie van OCW. De commissie telt 13 leden en is breed samengesteld (zie bijlage 2 voor de samenstelling van de commissie en de Terms of Reference).

De opdracht aan de PC-GWI is: 'formuleer een nationale strategie voor het realiseren van een duurzaam, gebalanceerd en toekomstbestendig ecosysteem van GWI's'. Op basis van een inventarisatie en analyse van het landschap van GWI's in Nederland, gevolgd door een selectieproces in samenspraak met het wetenschappelijke veld, heeft de PC-GWI de nieuwe Nationale Roadmap voor Grootchalige Wetenschappelijke Infrastructuur 2021 opgesteld. Daarin heeft de PC-GWI, naast een investeringsagenda, een strategisch kader opgenomen voor de besteding van de Roadmapmiddelen (40 miljoen euro per jaar) die OCW door NWO laat uitzetten ten behoeve van de financiering van grootschalige wetenschappelijke infrastructuurplannen.

Binnen de PC-GWI is er een ICT-subcommissie die in kaart heeft gebracht welke behoeften onderzoekers hebben aan digitale infrastructuur. De ICT-subcommissie adviseert over investeringen ten behoeve van die digitale onderzoeksinfrastructuur waarvoor OCW een substantieel aanvullend budget beschikbaar heeft gemaakt (20 miljoen euro per jaar).

## Uitgangspunten van en lessen uit de Roadmap 2016

In december 2016 heeft de PC-GWI een eerste strategische Nationale Roadmap gepubliceerd. De door de PC-GWI geïntroduceerde strategie 'laat het wetenschappelijke veld zelf een actieve rol spelen in het Roadmap-proces' heeft zeer goed gewerkt. De Roadmap 2016 kende 17 clusters van GWI's en 16 individuele GWI's (zie bijlage 4). Deze GWI's maakten zelf keuzes voor wat betreft de GWI-voorstellen die konden worden ingediend in de Roadmap subsidierondes. Door zelf stevige keuzes te maken werd een eerste kwaliteitstoets door de onderzoekers zelf uitgevoerd, bleef de aanvraagdruk beperkt en was het succespercentage nog redelijk.

De belangrijkste uitgangspunten van de Roadmap 2016 waren:

- het veld moet zelf een rol nemen in het maken en afstemmen van strategische keuzes;
- alle wetenschapsvelden hebben een redelijke kans om Roadmap financiering te krijgen;
- er is een fair, transparant en zo onafhankelijk mogelijk proces voor de verdeling van de beschikbare subsidie.

## De nieuwe Nationale Roadmap 2021

De PC-GWI ziet het als belangrijkste les uit de Roadmap 2016 om het onderzoeksgebied nog meer eigen verantwoordelijkheid te geven en de zelforganisatie en samenwerking verder te stimuleren. Uitgangspunt voor de commissie blijft dat de beperkte middelen ten goede komen aan alle wetenschapsgebieden. De commissie handhaaft daarom de in de Roadmap 2016 geïntroduceerde verdeling in drie Domeinen: Technische & Natuurwetenschappen, Levens- & Medische wetenschappen en Sociale & Geesteswetenschappen. De commissie streeft ernaar de beschikbare beperkte middelen op een gebalanceerde wijze te verdelen.

Binnen deze drie Domeinen heeft de commissie in totaal negen Groepen gedefinieerd op basis van inhoudelijke, thematische of technische raakvlakken. Op de Roadmap 2021 staan geen individuele GWI of clusters meer, maar veel van de initiatieven op de Roadmap 2016 maken nu onderdeel uit van één van de negen bredere Groepen binnen de drie wetenschappelijke Domeinen.

### Technische & Natuurwetenschappen

- Astronomy & Particle Physics
- Materials
- Technology
- Geosciences

### Levens- & Medische Wetenschappen

- Green Life Sciences
- Health Sciences
- Medical Sciences
- Life Sciences & Enabling Technologies

### Sociale & Geesteswetenschappen

- Sociale en Geesteswetenschappen

De PC-GWI heeft besloten het GWI-veld een essentiële rol te geven bij de totstandkoming van de nieuwe Roadmap 2021 doordat de betrokken wetenschappers zelf, binnen de door de PC-GWI gestelde kaders, verantwoordelijk zijn voor het maken van de GWI-plannen en zo de investeringsagenda invullen. De PC-GWI heeft hiertoe vertegenwoordigers van de GWI's binnen een Groep gevraagd om met elkaar in gesprek te gaan over de GWI-plannen binnen die Groep. Dat kunnen plannen zijn voor individuele GWI's of gezamenlijke plannen van meerdere GWI's uit de geïdentificeerde Groepen en Groeps- of Domein-overstijgende initiatieven.

Elk van deze Groepen is gevraagd om bottom-up de meest noodzakelijke GWI-plannen te identificeren waar in de komende tien jaar in geïnvesteerd moet worden. In een narratief beschrijven de negen Groepen hoe de GWI-plannen bijdragen aan wetenschappelijke vernieuwing en doorbraken en hoe die zich verhouden tot lopende strategische Sector- of Actieplannen. De Groepen is ook gevraagd om aan te geven welke van de plannen prioritair zijn voor de komende vijf jaar en waar relevant te beschrijven hoe alle GWI-plannen zich verhouden tot internationale (ESFRI) initiatieven.

Alle Groepen hebben deze uitdaging opgepakt vanuit de overtuiging dat het Nederlandse wetenschappelijke veld zelf verantwoordelijkheid moet nemen voor het maken van strategische keuzes. Zij hebben immers zelf de beste kennis over de specifieke Nederlandse strategische behoeftes op het gebied van GWI.

## Ambities veel groter dan budget

De behoefte aan nieuwe investeringen in GWI's is zeer groot in alle wetenschapsgebieden. Dat blijkt uit de Roadmap 2016, uit de KNAW-agenda Grootschalige Onderzoeksfaciliteiten (2016) en uit een analyse van de aanmeldingen voor het GWI-Landschap. De totale kosten voor de realisatie van de door het onderzoeksvenveld gewenste grootschalige wetenschappelijk infrastructuur worden geraamd op bijna twee miljard euro voor de komende tien jaar. Om kosten te beperken en opbrengsten te vergroten heeft de PC-GWI in de afgelopen jaren het wetenschappelijke veld gestimuleerd om beter samen te werken en GWI's breder in te zetten. Zo worden investeringen effectiever en efficiënter ingezet. Daarnaast moedigt de PC-GWI vanwege het beschikbare budget het veld aan om zelf prioriteiten te stellen voor de inzet van de beperkte middelen.

De basisfinanciering van de onderzoeksinstellingen kan de kosten voor grootschalige wetenschappelijke infrastructuur onmogelijk dekken. Daarom zijn de middelen die OCW aan NWO beschikbaar stelt voor de Nationale Roadmap onontbeerlijk. Jaarlijks bedragen die middelen 40 miljoen euro voor de financiering van excellente plannen voor vernieuwende GWI's die opgenomen zijn in de Nationale Roadmap. Daarnaast stelt OCW 20 miljoen euro per jaar beschikbaar voor de vernieuwing van de ICT-infrastructuur waaronder de vervanging van de Cartesius supercomputer bij SURF en impulsfinanciering voor een aantal lokale en thematische *digital competence centres* (DCC).

In de voorgaande Roadmapperiode 2016-2020 werd in twee financieringsrondes 200 miljoen euro geïnvesteerd uit de Roadmapmiddelen. Daarbovenop kwam een extra investering van OCW van 30 miljoen euro en een kwart eigen bijdrage van de consortia van onderzoeksinstellingen die financiering ontvingen. Hiermee kon NWO uiteindelijk 13 aanvragen voor GWI's geheel en vier gedeeltelijk financieren (zie bijlage 5). Daarmee werden alleen de hoogst geprioriteerde plannen gefinancierd van de 17 clusters en 16 individuele GWI's van de Roadmap 2016. De GWI-ambities overtreffen dus ruimschoots het beschikbare budget.

Het Nederlandse onderzoek heeft een uitstekende reputatie. Wetenschappelijke infrastructuur legt de basis voor veel wetenschappelijke vooruitgang en daarmee uiteindelijk op de lange termijn ook voor maatschappelijke doorbraken. In de NWO Strategie 2019-2022 is 'Toegankelijke en duurzame wetenschappelijke infrastructuur' een van de vijf centrale ambities.<sup>2</sup> Om ook in de toekomst die positie te garanderen zijn serieuze investeringen in grootschalige wetenschappelijke infrastructuren in toenemende mate noodzakelijk.<sup>3,4</sup>

## Nieuwe investeringen

Nederland maakt momenteel ruimte voor grote investeringen in R&D. Dit vindt plaats zowel in de nieuwe kabinetsplannen, in het kader van het Groefonds als in het kader van het Europese Recovery & Resilience Fund (RRF). Het Groefonds richt zich met name op projecten die bijdragen aan het structurele verdienvermogen van Nederland (economische groei, uitgedrukt in bruto binnenlands product) op de kortere termijn.

2

Zie ook NWO Strategie 2019-2022 'Verbinden van wetenschap en samenleving' – <https://www.nwo.nl/nwo-strategie-2019-2022>.

3

Zie ook: Investeringsagenda voor onderzoek en innovatie 2021-2023 van de Kenniscoalitie: [https://www.nwo.nl/sites/nwo/files/media-files/Investeringsagenda%20voor%20onderzoek%20en%20innovatie%202021-2030\\_Kenniscoalitie.pdf](https://www.nwo.nl/sites/nwo/files/media-files/Investeringsagenda%20voor%20onderzoek%20en%20innovatie%202021-2030_Kenniscoalitie.pdf).

4

Zie ook: VSNU verkiezingsinset 'Investeren in Wetenschap = Investeren in Onze Toekomst': <https://www.vsnu.nl/>.

Voor de besteding van het RRF heeft de Europese Commissie landspecifieke aanbevelingen<sup>5</sup> gedaan. Een belangrijke daarvan is verhoging van de landelijke investeringen in R&D tot de in de Lissabon-strategie afgesproken 3% van het BBP die werd herhaald in de EU-2020 doelstelling. In de periode 2013-2019 fluctueerde de R&D-intensiteit van Nederland tussen de 2,14 en 2,18 procent.<sup>6</sup>

Grootschalige wetenschappelijke infrastructuren vormen de basis van de vernieuwing in wetenschappelijk onderzoek, en zijn een belangrijke stimulans voor multidisciplinaire samenwerking en voor het aantrekken van buitenlands talent. En al deze zaken zijn op termijn de motor voor economische en maatschappelijke ontwikkeling en daarmee uiteindelijk voor de welvaart van Nederland. De PC-GWI beveelt daarom de overheid aan om aanvullende financiering te reserveren ten behoeve van de implementatie van de Roadmap 2021, zowel voor de realisatie en substantiële updates van GWI's<sup>7</sup> als voor de bekostiging van de participatie van Nederlandse Roadmap GWI's in internationale lidmaatschappen.

---

5 <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1591720698631&uri=CELEX%3A52020DC0519>.

---

6 [Bron CBS: https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2021/09/r-d-uitgaven-passeren-17-5-miljard-euro-in-2019](https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2021/09/r-d-uitgaven-passeren-17-5-miljard-euro-in-2019).

---

7 Aanvullende financiering kan hiervoor reeds in 2022 worden ingezet door vergroting van het budget van de Roadmap-subsidieronde die eens per twee jaar door NWO wordt uitgevoerd.



## HOOFDSTUK 2

# Landschap GWI: inventarisatie, observaties en analyse

Grootschalige Wetenschappelijke Infrastructuur in Nederland is divers. Voor een actualisering van het Landschap GWI 2016, heeft de PC-GWI opnieuw een inventarisatie laten uitvoeren via de besturen van alle onderzoeksinstellingen en instituten in Nederland.

Deze zijn gevraagd om inventarisatie-formulieren in te sturen voor bestaande en nog te ontwikkelen GWI's die voor de Nederlandse wetenschap belangrijk zijn. Alleen GWI's die voldoen aan de definitie van 'Grootschalige Wetenschappelijke Infrastructuur' (zie bijlage 1) komen in aanmerking voor opname in het Landschap. Met name de Toegepast Onderzoek Organisaties (TO2), Rijkskennisinstellingen (RKI's) en universitaire medische ziekenhuizen zijn erop gewezen dat alleen die grootschalige infrastructuren kunnen worden aangemeld waarvan de onderzoeksgemeenschap gebruik kan maken voor vernieuwend wetenschappelijk onderzoek.

Samengevat gaat het om faciliteiten, hulpbronnen en diensten:

- waarvan een onderzoeksgemeenschap gebruik maakt om op hun gebied onderzoek te verrichten en innovatie te bevorderen;
- met een beleid van vrije toegang voor onderzoekers;
- met een omvang van minimaal tien miljoen euro, in termen van de totale kapitaalinvesteringen en de exploitatiekosten gedurende vijf jaar, exclusief de kosten voor de huisvesting van de faciliteit;
- die reeds geïmplementeerd zijn of (naar verwachting) binnen afzienbare tijd een concrete implementatiedatum hebben.

NWO ontving in 2020 in totaal 146 inventarisatieformulieren. Na een toetsing aan de definitie zijn 122 GWI's op het Landschap geplaatst. Daarnaast zijn 11 GWI's in een pril stadium van ontwikkeling en zonder concrete implementatiedatum opgenomen in een annex bij het Landschap GWI 2020: de Ideeënlijst. Om het Landschap zo volledig mogelijk te houden, kunnen GWI's doorlopend nieuwe aanmeldingen voor het Landschap insturen. De PC-GWI heeft twee beoordelingsmomenten per jaar. Het Landschap GWI is weergegeven op [www.onderzoeksfaciliteiten.nl](http://www.onderzoeksfaciliteiten.nl).

## Observaties

De PC-GWI heeft samen met het NWO-bureau de 122 infrastructuren op het Landschap GWI 2020 geanalyseerd op basis van de door de GWI zelf aangeleverde informatie. Het is belangrijk op te merken dat de geanalyseerde dataset niet homogeen is vanwege de grote diversiteit aan GWI. Enkele aspecten van diversiteit zijn:

### Grootschalige onderzoeksinfrastructuur, onderzoeksprogramma of onderzoeksinstituut?

De grens tussen GWI, grootschalig onderzoeksprogramma en onderzoeksinstituut is soms onduidelijk. Dit werd al geconstateerd in de KNAW-Agenda Grootschalige Onderzoeksfaciliteiten (2016), die ook een handreiking deed voor het definiëren van een scheidslijn. De belangrijkste reden voor de onduidelijke begrenzing is dat veel GWI's grote hoeveelheden gegevens opslaan en verwerken. Dit vergt, naast kennis over de specifieke gegevens die verzameld worden, ook specialistische en actuele kennis op het gebied van informatica. Deze kennis is typisch verenigd in een onderzoeksprogramma of -instituut.

### **Verschillen tussen GWI's**

Wetenschappelijke doelstellingen drijven een GWI en bepalen bijgevolg het karakter en de kenmerken van de infrastructuur. Infrastructuren zijn lastig te typeren omdat ze vaak van gemengde aard zijn, waarbij onderdelen zich bijvoorbeeld in een verschillende fase van ontwikkeling bevinden. Driekwart van alle GWI's op het Landschap bevinden zich in meerdere fasen tegelijk. Denk bijvoorbeeld aan data georganiseerde GWI's die reeds in gebruik genomen zijn en nog continu worden uitgebreid en verrijkt.

## **Vergelijking 2020 met het Landschap 2016**

In lijn met de Roadmap GWI 2016 heeft er voor sommige infrastructuren een clustering plaatsgevonden. Daardoor ligt het absolute aantal GWI op het huidige Landschap lager dan op het Landschap GWI 2016. Voorbeelden daarvan zijn het Netherlands X-omics Initiative (X-omics), Health-RI en het Open Data Infrastructure for Social Science and Economic Innovations (ODISSEI). In enkele gevallen hebben ook sommige clusteronderdelen zich apart aangemeld.

De verdeling over de drie Domeinen Technische & Natuurwetenschappen (35%), Levens- & Medische Wetenschappen (36%) en Sociale & Geesteswetenschappen (11%) is nagenoeg gelijk gebleven: er is slechts een hele lichte stijging voor de beide laatste Domeinen ten opzichte van de eerste. Daarnaast richt net als in 2016 bijna een vijfde van alle GWI zich op onderzoeksvragen uit een combinatie van Domeinen, met name op het grensvlak van Technische & Natuurwetenschappen en Levens- & Medische Wetenschappen.

## **Infrastructuurtypes en Domeinen**

Grootschalige wetenschappelijke infrastructuren ontstaan vanuit wetenschappelijke drijfveren uit bijna alle onderdelen van domeinen.

### **Domein Technische & Natuurwetenschappen**

De GWI's in het domein Technische en Natuurwetenschappen betreffen voornamelijk hardware op één of meerdere locaties. Deze faciliteiten, vaak grootschalige en dure meetapparatuur, produceren grote hoeveelheden data. Van de infrastructuren in dit domein is ruim twee derde volledig internationaal van aard, zoals Magnum-PSI, KM3NeT, Extremely Large Telescope (E-ELT), Laser Interferometer Space Antenna (LISA), ITER en European Spallation Source (ESS). Voorbeelden van nationale initiatieven zijn: Climate and Meteorological Network (C-MetNet), National Characterisation Centre for Sustainable Materials (NC2SM) en Aerodynamics and Propulsion Laboratory (APP-lab). Ruim de helft van de GWI in dit domein is reeds operationeel, in vergelijking met 80 à 90% in de Domeinen Levens- & Medische en Sociale en Geesteswetenschappen. Dit komt doordat vaak vele jaren aan ontwerp en constructie voorafgaan voordat onderzoekers data kunnen gaan verzamelen. Ook gaat het regelmatig over (deelname in) zeer kostbare internationale initiatieven waarvoor de internationale agenda's al vastliggen tot 2050.

### **Domein Levens- & Medische Wetenschappen**

Er is een grote diversiteit aan infrastructuur-typen in het domein Levens- en Medische Wetenschappen. Ongeveer 15% van de GWI's bestaat uit gedistribueerde databanken, databases en elektronische diensten. Een deel van de GWI's in dit domein is volledig internationaal van aard, zoals EBRAINS-NL en LifeWatch e-infrastructure for biodiversity and ecosystem research. Ruim drie kwart is overwegend nationaal van aard, bijvoorbeeld Applied Molecular Imaging at Erasmus MC (AMIE), Metabolic Research Unit Maastricht (MRUM), Netherlands Plant Ecophenotyping Centre (NPEC) en UNLOCKing Microbial Diversity for Society (UNLOCK). Verschillende van de nationale medische infrastructuren kunnen beschouwd worden als basisvoorzieningen voor onderzoekers in het veld (bijvoorbeeld MRI-instrumenten, instrumenten voor massaspectrometrie of DNA-sequencing). Een groot deel van de GWI's op het vlak Levens- & Medische Wetenschappen is reeds in de exploitatiefase, terwijl onderdelen nog in implementatiefase zijn. Dat geldt met name voor de data-georiënteerde

GWI's gericht op gezondheidsonderzoek die zich parallel in een constructie-, implementatie-, en in de exploitatiefase bevinden. Meer dan de helft van de GWI's in dit domein maakt deel uit van een samenwerkingsverband van complementaire infrastructuur verspreid over meerdere locaties (in binnen- en/of buitenland).

## Domein Sociale en Geesteswetenschappen

Het overgrote deel van de GWI's in dit domein bestaat uit digitale, gedistribueerde, complexe, al dan niet verrijkte databestanden die zowel gestructureerd als ongestructureerd kunnen zijn. Nieuw zijn meer technologische infrastructuren voor erfgoedonderzoek, zoals Research Infrastructure for Heritage Science in the Netherlands (E-RIHS NL).

Aangezien e-infrastructuren zoals collecties en dataverzamelingen snel bruikbaar zijn, bevindt de overgrote meerderheid van de GWI zich parallel in een constructie-, implementatie-, en in de exploitatiefase. In de afgelopen jaren zijn veel collecties en dataverzamelingen van individuele instituten samengebracht binnen twee brede initiatieven: ODISSEI en CLARIAH. Een andere observatie is dat erfgoedinstellingen een substantieel deel van de data beheren en daarvoor structureel overheidsfinanciering ontvangen. Meer dan de helft van alle GWI's is noodzakelijkerwijs ingebed in grootschalige internationale initiatieven omdat niet één apparaat sociaal- en geesteswetenschappelijke data levert maar unieke data in verschillende landen verzameld, verrijkt en aan elkaar gelinkt moet worden.

## Domeindoorsnijdende GWI's

Een vijfde van de GWI's is domeinoverstijgend. Daarnaast is er een groot aantal GWI's die door onderzoekers uit verschillende disciplines gebruikt worden. Dat betreft bijvoorbeeld data-infrastructuren en verzamelingen van bloed- of bodemonsters. Ook grote apparatuur wordt steeds meer gebruikt voor verschillende onderzoeksdoelen, zoals GWI's ontwikkeld voor materiaalonderzoek die nu gebruikt worden voor erfgoedonderzoek.

Voor de domeindoorsnijdende GWI's valt op dat de helft zich in de designfase bevindt en dus relatief jonge initiatieven of initiatieven in opbouw zijn. Drie kwart van de infrastructuren vindt aansluiting bij andere bestaande infrastructuren. Het merendeel van de domeindoorsnijdende GWI's lijkt gedreven te worden door fundamentele disciplinaire vragen waarvoor interdisciplinaire kennis en data nodig zijn.

## Internationale aspecten

Ongeveer de helft van de GWI's op het Landschap heeft een internationaal karakter en maakt deel uit van een Europees samenwerkingsverband (onder meer CLARIAH, European Social Survey, BBMRI-NL, EPOS-NL, eLTER-NL, ELIXIR-NL) of is volledig internationaal, zoals Square Kilometre Array, KM3NeT 2.0, Cherenkov Telescope Array, European Spallation Source. Daarnaast is Nederland partner in de intergouvernementele organisaties CERN voor fundamenteel onderzoek naar elementaire deeltjes, de Europese Ruimtevaartorganisatie ESA en de European Southern Observatory (ESO). Nederlandse GWI is aangehaakt bij drie kwart van alle projecten en landmarks (reeds geïmplementeerde onderzoeksinfrastructuren) geïdentificeerd door het European Strategy Forum on Research Infrastructures (ESFRI, zie bijlage 6). Dit strategisch instrument speelt een belangrijke rol in Europa op het vlak van grootschalige onderzoeks-infrastructuren.

Een ander belangrijk infrastructureel initiatief in het Europese landschap is de European Open Science Cloud (EOSC) die op dit moment in ontwikkeling is. De EOSC is een federatie van bestaande nationale en disciplinaire infrastructuren die beoogt onderzoekers en onderzoeksgemeenschappen een virtueel platform te bieden voor het beheren, delen, analyseren en combineren van onderzoeksdata over geografische en disciplinaire grenzen heen. Om dit mogelijk te maken is, naast adequate toegang tot onderzoeksgegevens en de output van onderzoek, ook optimale afstemming nodig (interoperabiliteit) van standaarden voor de opslag van data en tools voor de analyse van onderzoeksgegevens. Via de centrale registratie van generieke en thematische servicecomponenten in het EOSC-portaal zal dit federatieve model geleidelijk aan worden uitgebouwd en ondersteuning bieden zowel aan individuele onderzoekers als aan samenwerkingsverbanden binnen en tussen disciplines.

## **Relatie Landschap – Roadmap**

Er is geen één-op-één relatie tussen het Landschap en de nieuwe Roadmap 2021. Het Landschap bevat alle GWI's die toegankelijk zijn voor onderzoekers in Nederland. De Roadmap richt zich enkel op de set van GWI-plannen van prioritair belang om wetenschappelijke doorbraken te realiseren.

## HOOFDSTUK 3

# Strategie Nationale Roadmap 2021: oplijnen en prioriteren

### Nationale strategie GWI

Met de Roadmap 2021 bouwt de Permanente Commissie verder aan de nationale langetermijnstrategie die in 2016 is ingezet om te komen tot een toekomstbestendig, gebalanceerd ecosysteem van GWI's van nationaal belang. Een belangrijke stap voorwaarts hierin is het 'Groepsproces' waarbij de Nederlandse onderzoeksgemeenschap nadrukkelijker betrokken wordt. Het Groepsproces zorgt voor breed gedragen strategische keuzes ten aanzien van Grootschalige Wetenschappelijke Infrastructuur (GWI's). Het versterkt de nationale samenwerking en vergroot de inspraak van de onderzoeksgemeenschap. Dit leidt tot verbinding van samenvallende infrastructuren en tot afstemming, fasering en prioritering van investeringen in GWI. Dit geeft ook invulling aan de twee NWO ambities Infrastructuur en Nexus.<sup>8</sup>

Naast deze vernieuwing continueert en verfijnt de nieuwe Roadmap 2021 de in 2016 opgestelde strategische kaders en voorwaarden. De kaders bieden ruimte voor strategische sturing ten aanzien van de middelenverdeling en stimuleren aansluiting bij nationale en internationale strategische agenda's. De Roadmap 2021 beschrijft daarnaast randvoorwaarden waaraan GWI's moeten voldoen die in aanmerking willen komen voor financiering uit de bijbehorende GWI-call. Daarbij gaat het om organisatieaspecten en toegangsprocedures, om ICT, eScience en digitaliseringaspecten, en om gezamenlijke en toekomstbestendige financiering.

### Groepsproces

Op basis van het geactualiseerde GWI-Landschap heeft de PC-GWI de door de onderzoeksgemeenschap gewenste GWI's onderverdeeld in negen Groepen. Deze hebben inhoudelijke, thematische of technische raakvlakken binnen de drie wetenschappelijke Domeinen die in de Roadmap 2016 werden geïntroduceerd:

#### Domein Technische & Natuurwetenschappen

- **Astronomy and Particle Physics:** Groep met GWI-plannen gericht op wetenschappelijke vernieuwing op het gebied van (en raakvlakken tussen) de astronomie en deeltjesfysica.
- **Materials:** Groep met GWI-plannen gericht op wetenschappelijke vernieuwing op het gebied van fabricatie en karakterisatie van materialen.
- **Technology:** Groep met GWI-plannen gericht op wetenschappelijke vernieuwing op het gebied van technologie in zijn algemeenheid en energie in het bijzonder.
- **Geosciences:** Groep met GWI-plannen gericht op wetenschappelijke vernieuwing op het gebied van geowetenschappen met focus op infrastructuur voor onderzoek naar oceaan en atmosfeer, delta's en diepe ondergrond.

8

Zie ook NWO Strategie 2019-2022 'Verbinden van wetenschap en samenleving' – <https://www.nwo.nl/nwo-strategie-2019-2022>

## Domein Levens- & Medische Wetenschappen

- **Green Life Sciences:** Groep met GWI-plannen gericht op wetenschappelijke vernieuwing op het gebied van biosfeer, met focus op infrastructuur voor onderzoek naar biodiversiteit, ecologie, leefomgeving, biotechnologie en duurzame productie.
- **Health Sciences:** Groep met GWI-plannen gericht op wetenschappelijke vernieuwing op het gebied van gezondheidswetenschappen met focus op infrastructuur voor onderzoek met populatie- en patiëntcohorten en digitalisering.
- **Medical Sciences:** Groep met GWI-plannen gericht op wetenschappelijke vernieuwing op het gebied van medische wetenschappen met focus op infrastructuur voor medische beeldvorming en levenschte weefselmodellen.
- **Life Sciences & Enabling Technologies:** Groep met GWI-plannen gericht op wetenschappelijke vernieuwing op het gebied van levenswetenschappen en chemie met focus op infrastructuur voor onderzoek naar afzonderlijke moleculen en de analyse daarvan in intacte organismen: ‘Omics’, beeldvorming, technieken en modellen.

## Domein Sociale & Geesteswetenschappen

- **Sociale & Geesteswetenschappen:** Groep met GWI-plannen gericht op wetenschappelijke vernieuwing op het gebied van de Sociale & Geesteswetenschappen, inclusief het erfgoedonderzoek met een focus op gedistribueerde digitalisering, interoperabiliteit en op technieken voor erfgoedonderzoek.

De PC-GWI heeft vertegenwoordigers van de GWI's in deze Groepen uitgenodigd om, binnen door de PC-GWI gestelde kaders, met elkaar in gesprek te gaan over de GWI-plannen die binnen die Groep bestaan of ontwikkeld worden. Het Groepsproces kan ook leiden tot het ontstaan van nieuwe plannen voor GWI. De Groepen is gevraagd te bepalen welke GWI's complementair zijn en waar samenwerking of clustering mogelijk is. Daarnaast is er nadrukkelijk aandacht en ruimte voor GWI-plannen die breder zijn dan een Groep of een Domein en waarvoor samenwerking en afstemming tussen Groepen nodig is. Vervolgens heeft iedere Groep met een narratief onderbouwd wat de set van meest prioritaire GWI-plannen is die in de komende jaren gerealiseerd moeten worden. Hierbij is ook aangestuurd op fasering en prioritering van investeringen in GWI-plannen in een Groep. Ondanks de gemaakte keuzes blijven de beschikbare middelen te beperkt voor de financiering van alle prioritaire infrastructuur van de Groepen.

## Meerjarige balans middelenverdeling

### Balans tussen de wetenschapsdomeinen

Voor de twee financieringsrondes in de komende Roadmap-periode (2021-2025) is een totaalbedrag beschikbaar van circa 200 miljoen euro. De Permanente Commissie hecht groot belang aan een evenwichtige verdeling van de beschikbare middelen over alle wetenschapsgebieden die behoeftes hebben aan GWI. Ze wil recht doen aan de grote diversiteit van hoogwaardige GWI-plannen binnen de verschillende Groepen en Domeinen. De commissie handhaaft daarom de in de Roadmap 2016 geïntroduceerde richtlijn voor de middelenverdeling over de drie Domeinen: circa 45% van de GWI-middelen is beschikbaar voor de Technische & Natuurwetenschappen, 45% voor de Levens- & Medische Wetenschappen en 10% voor GWI's binnen de Sociale & Geesteswetenschappen. Deze verdeling kwam tot stand op basis van een analyse van de ontvangen investeringsbehoefte plus historische cijfers van de afgelopen Roadmap-rondes. De PC-GWI zal per financieringsronde adviseren over de hantering van deze richtlijn.

### Balans tussen de Groepen

Naast een balans tussen de drie wetenschapsdomeinen zoekt de commissie ook naar een balans in de middelenverdeling over de Groepen. De Roadmapmiddelen zijn ontoereikend om per financieringsronde alle Groepen te bedienen. Bovendien zijn de aard, omvang en behoeftes van de Groepen ongelijk, en zijn er Groepsoverstijgende plannen. Een evenredige middelenverdeling doet geen recht aan deze complexiteit. De

PC-GWI streeft ernaar dat voor alle Groepen op de langere termijn die GWI-plannen gefinancierd kunnen worden die wetenschappelijke doorbraken binnen de volle breedte van de Groep mogelijk maken. Hiervoor pleit de commissie voor een verruiming van de Roadmapmiddelen. Daarnaast zal de PC-GWI met concrete voorstellen komen om zo nodig via gespecificeerde calls extra sturing te geven op de middelenverdeling.

## Aansluiting bij nationale en internationale strategische agenda's

Topwetenschap overschrijdt landsgrenzen. De PC-GWI vindt het belangrijk dat GWI-plannen bijdragen aan wetenschappelijke vraagstukken, uitdagingen en prioriteiten uit strategieagenda's, sectorbeelden of actieplannen die de nationale en internationale onderzoeksgemeenschappen hebben opgesteld. Indien van toepassing moet (inter)nationaal worden samengewerkt om doublures te voorkomen en goede afstemming te garanderen. Op Europees niveau dienen GWI's die Roadmapmiddelen aanvragen waar mogelijk aan te sluiten bij infrastructuur die onderdeel uitmaakt van de Europese ESFRI (European Strategy Forum on Research Infrastructures) Roadmap.

## Randvoorwaarden GWI aanvragen

De PC-GWI stelt hoge eisen aan GWI-aanvragen ten aanzien van de wetenschappelijke kwaliteit, impact en de organisatorische, technische en financiële aspecten: die zijn voor GWI's complex en moeten goed doordacht en beschreven zijn. Met name de laatste aspecten zijn essentieel voor de succesvolle realisatie van de GWI's.

## Organisatie en toegang

De PC-GWI stelt vast dat voor de opzet en exploitatie van GWI's heldere afspraken tussen de (internationale) partners noodzakelijk zijn binnen een duidelijk organisatorisch kader. Daarom is het belangrijk dat de governance en het management van de onderzoeksfaciliteit goed gedefinieerd zijn. Gebruikers moeten bovendien heldere informatie krijgen over de toegankelijkheid en de bijbehorende procedures. Daarbij volgt de commissie het *European Charter for Access to Research Infrastructures*. Voor wetenschappelijke infrastructuren op de Nationale Roadmap zal in aanvulling daarop gelden dat zij in ieder geval toegang bieden op basis van wetenschappelijke breed toegangsbeleid (open access).

## ICT, eScience en digitaliseringaspecten

Een deugdelijke en toereikende ICT-infrastructuur is kostbaar en speelt bij vrijwel alle GWI's een belangrijke rol. De PC-GWI stuurt daarom op de noodzakelijke afstemming van de ICT-, eScience- en digitaliseringsbehoeften met de nationale faciliteiten en diensten zoals met name reeds beschikbaar binnen SURF en het eScience Center. Daarnaast moet een GWI gebruik maken van de geplande investeringen in de digitale onderzoeksinfrastructuur, beschreven in het rapport *Integrale aanpak voor digitalisering in de wetenschap*.<sup>9</sup>

Die ICT-infrastructuur moet worden beschreven in een apart onderdeel van elke aanvraag. Belangrijk is of men een realistisch plan heeft voor de inzet van ICT-middelen (hardware, software, data) en benodigde expertise. Ook extern benodigde capaciteit zoals van SURF dient goed geregeld te zijn. Naast realisatie van de infrastructuur is het belangrijk dat geregeld is dat geproduceerde data en software op een verantwoorde wijze toegankelijk en duurzaam gemaakt worden (FAIR: findable, accessible, interoperable, and reusable). Onderdeel hiervan is het datamanagementplan. Voor softwareontwikkeling (zoals voor analyse of het delen van data) gelden vergelijkbare richtlijnen, inclusief een softwaremanagementplan.

9.

<https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2019/10/01/uitvoeringsplan-investeringen-digitale-onderzoeksinfrastructuur>

## Gezamenlijke en toekomstbestendige financiering

Grootschalige wetenschappelijke infrastructuur vraagt om flinke investeringen. Niet alleen van NWO: ook van het consortium van instellingen die de GWI gezamenlijk willen realiseren of hierin willen participeren wordt een eigen bijdrage gevraagd. De NWO-middelen worden in competitieverband verdeeld en zijn gericht op een kapitaalinvestering voor de realisatie van GWI en de eerste fase van de exploitatie. Daarom moeten de GWI-consortia concrete toekomstbestendige plannen hebben, gericht op optimale exploitatie van de GWI voor een lange periode nadat de bouw- en ontwikkelfase is afgerond. De Roadmap vraagt zodoende om plannen en een gedetailleerde begroting voor de projectduur van tien jaar en een strategie voor de levensduur van de GWI. Een bijdrage in de exploitatiekosten van de aangevraagde GWI kan voor een periode van maximaal vijf jaar worden aangevraagd. Die bijdrage is eenmalig en voor maximaal de helft van de operationele levensduur. De resterende kosten moet het consortium zelf bekostigen. Aanvragers moeten voor de projectperiode een garantiebrief leveren voor de eigen bijdrage.

## Toekomstbestendig ecosysteem

Naast de financiering van individuele GWI-plannen van consortia vindt de PC-GWI het belangrijk dat de Roadmap leidt tot een toekomstbestendig ecosysteem van GWI's in alle wetenschapsdomeinen. De Groepen hebben hierbij een belangrijke strategische inbreng. Elke Groep geeft de set van meest prioritaire GWI's aan waarin geïnvesteerd moet worden om vernieuwend wetenschappelijk onderzoek en wetenschappelijke doorbraken mogelijk te maken. De Roadmap fungeert als een leidraad voor het inplannen van investeringen in ontwikkeling of substantiële vernieuwing van GWI's in een meerjarig perspectief.

## ICT in het wetenschappelijke ecosysteem

Naast hardware, data en software die nodig zijn voor de specifieke GWI moet een aanvraag aandacht geven aan passendheid binnen het wetenschappelijk ecosysteem.

- Hoe betreft de GWI data uit bronnen elders (bijvoorbeeld via *federated access*)?
- Hoe wordt zorg gedragen voor hergebruik van data die de GWI zal produceren?
- Hoe kunnen onderzoekers de nieuwste analysetechnologie gebruiken om meer waarde uit de data te halen (is er bijvoorbeeld AI expertise aan boord)?
- Wat is de strategie om synergie te bereiken met andere wetenschappers met vergelijkbare of overlappende doelen, teneinde de beschikbare middelen en expertise zo doelmatig mogelijk in te zetten voor de Nederlandse wetenschap? Hierbij kan gedacht worden aan samenwerking met andere Nederlandse consortia, bijvoorbeeld via de in oprichting zijnde thematische Digital Competence Centres (DCC's) en ook aan samenwerking in internationale initiatieven zoals de European Open Science Cloud (EOSC).

De PC-GWI zal GWI's gaan ondersteunen om deze aspecten ook in de uitvoeringsfase beter te integreren en daarbij van elkaar te leren. Het is wenselijk dat de GWI's synergie hebben, en daarom nagaan of ze enerzijds bestaande expertise en hard- en software kunnen hergebruiken en anderzijds hun expertise en hard- en software breder beschikbaar kunnen stellen.

## Digitalisering wetenschap

In 2016 heeft de PC-GWI een ICT-subcommissie ingesteld. In opdracht van de regering aan NWO brengt de ICT-subcommissie in kaart welke behoeften wetenschappers hebben aan digitale infrastructuur. Op basis van het rapport 'Top Wetenschap vereist Top Infrastructuur', uitgewerkt in het voorstel 'Integrale aanpak voor digitalisering in de wetenschap' en het 'Uitvoeringsplan investeringen digitale onderzoeksinfrastructuur',

stelde OCW additionele financiering ter beschikking aan NWO: eenmalig 40 miljoen euro en structureel jaarlijks 20 miljoen euro. Hiermee financiert NWO onder meer:

- de aanschaf en ondersteuning van (nationale) reken-, dataopslag en netwerkfaciliteiten plus expertise door SURF;
- de opzet van twee calls voor lokale en thematische DCC's (Digitale Competentie Centra).

De ICT-subcommissie adviseert, in opdracht van NWO en de PC-GWI, over de besteding van additionele gelden voor ICT en gaat na of de uitvoering van de geplande bestedingen adequaat verloopt. Ook wil de ICT-subcommissie het veld ertoe aanzetten om samen met SURF te komen tot een strategie die tegemoetkomt aan de zeer snel toenemende digitalisering binnen de wetenschap en de daarmee samenhangende expertise, ondersteuning en specifieke hardware. Zo'n strategie kan bestaan uit samen (investerings-)plannen maken of afstemmen en het delen van hardware, netwerken en expertise.



## HOOFDSTUK 4

# Domein Technische & Natuurwetenschappen

Binnen dit Domein heeft de PC-GWI vier Groepen gedefinieerd met inhoudelijke, thematische of technische raakvlakken.

4.1

Groep Astronomy & Particle Physics

4.2

Groep Materials

4.3

Groep Technology

4.4

Groep GeoSciences

## 4.1

# Groep Astronomy & Particle Physics

## Het Heelal van de Kleinste tot de Grootste Schalen

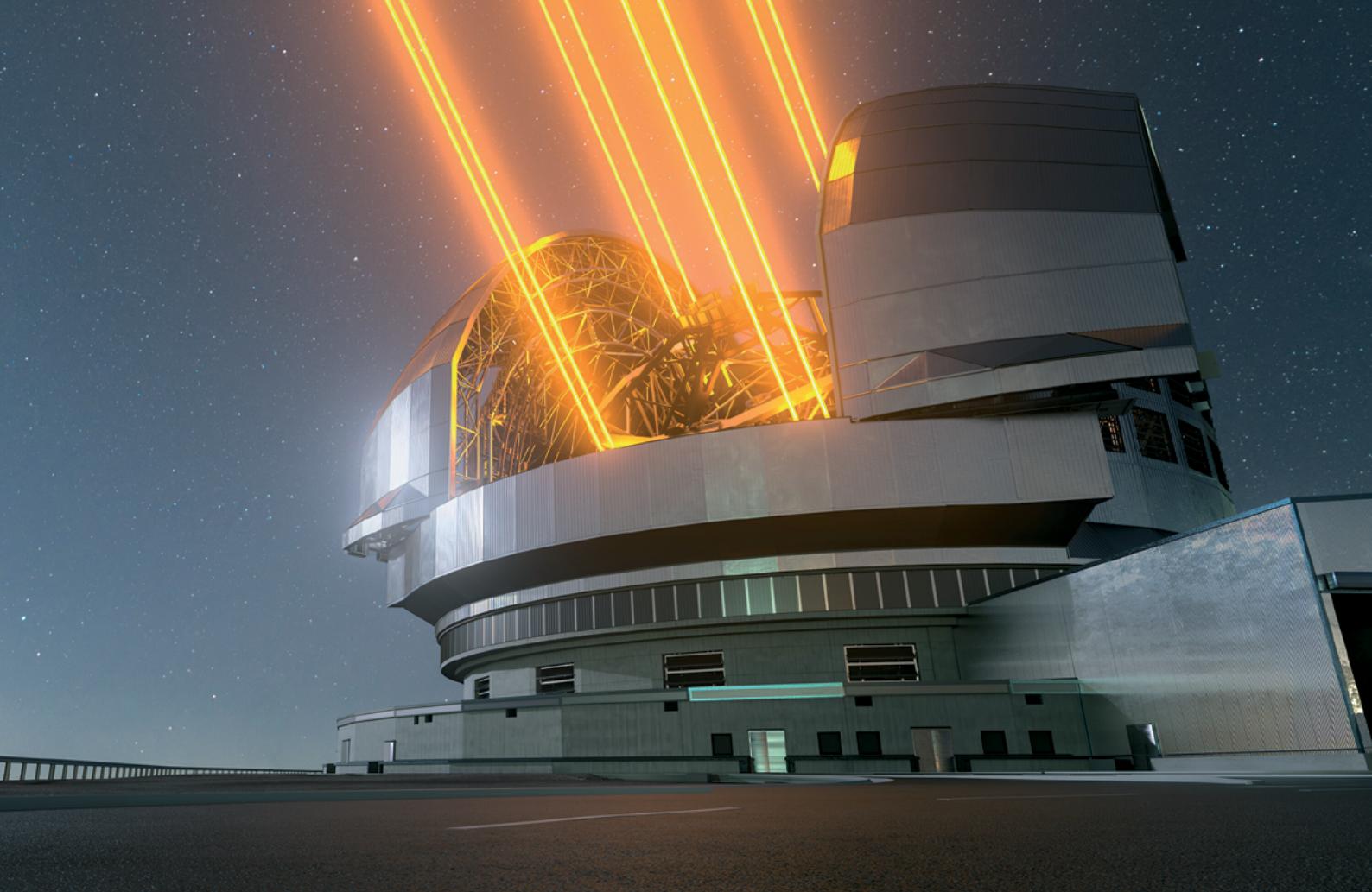
GWI acroniem	Betrokken faciliteiten	Beschrijving	Penvoerder
APP	GRAND/GCOS/CTA	Nieuwe en verbeterde faciliteiten voor detectie van EeV kosmische straling en TeV gammastraling	Nikhef
RADIO	EVN/JIVE, LOFAR2.0, SKA	Opschaling van Nederlandse capaciteit voor het verbeteren en uitbaten van de beste radio-faciliteiten ter wereld	ASTRON
DDN	DUNE, DARWIN	Zeer gevoelige experimenten diep ondergrond om neutrino's en donkere materie te onderzoeken	Nikhef
ELT	ELT	Instrumentatie voor de Extremely Large Telescope van ESO, voor onderzoek naar de eerste sterren(stelsels) en naar exoplaneten	NOVA
GW	LISA ET	Nieuwe grenzen verkennen in zwaartekrachtsgolven met ESA's Laser Interferometer Space Antenna en de Einstein Telescope, een derde-generatie interferometer op aarde, voor onderzoek naar fundamentele (astro)fysica	SRON Nikhef
HL-LHC	LHC	Verbeterde instrumentatie voor de High Luminosity versie van CERN's Large Hadron Collider	Nikhef

## Wetenschappelijke vraagstukken, uitdagingen en prioriteiten

Menselijke nieuwsgierigheid en verkenningsdrang vormen de bron voor diepe vragen: over de structuur en evolutie van het heelal als geheel, over de fundamentele eigenschappen van de deeltjes en objecten waaruit het heelal is opgebouwd, en over hun wisselwerkingen. Hoewel er al goed gefundeerde standaardmodellen zijn voor de structuur van materie en krachten en van de evolutie van het Heelal, zijn er nog grote vragen: welke natuurwetten heersen buiten de huidige standaardmodellen? Hoe is het heelal begonnen? Wat zijn donkere materie en donkere energie? Hoe is de evolutie van sterren, melkwegstelsels en zwarte gaten verweven met die van de ruimtetijd zelf? Zijn wij alleen als levende wezens? Voor antwoorden zijn ultra-gevoelige onderzoeksinfrastructuren nodig en, om die te plannen en hun resultaten te interpreteren, diep denkwerk en theoretische vernieuwing alsmede modellering en data-analyse die grensverleggend computerwerk vergen.

## Internationaal

De vereiste onderzoeksinfrastructuren zijn altijd van een Europese of wereldschaal. Daarom worden de prioriteiten en decennialange ontwikkeltijden bepaald in internationale context. Nederland is klein maar speelt een belangrijke rol in enkele wereldtopfaciliteiten. Dit is mogelijk door aanzienlijke investeringen die, hoewel maar een fractie van de totale faciliteitskosten, sterk gericht zijn op de interesses en expertise van de Nederlandse onderzoeksgemeenschap. Nederland bereikt de goede positie ook door scherpe keuzes en goede samenwerking in de planning via internationale organisaties, met name de European Southern Observatory (ESO), de European Space Agency (ESA) en de European Organisation for Particle Physics (CERN).



De gemaakte keuzes staan in nationale strategische planningsdocumenten die elke zeven (Deeltjesfysica en Astrodeeltjesfysica) of tien jaar (Astronomie) worden opgesteld, en in hun midterm updates. Sleutelorganisaties hiervoor zijn de nationale instituten voor radiosterrenkunde (ASTRON) en ruimteonderzoek (SRON), de nationale samenwerking voor (astro-)deeltjesfysica (Nikhef) en de universitaire astronomische instituten verenigd in de Nederlandse onderzoekschool voor de astronomie (NOVA). In het recente verleden hebben deze strategie en de eruit voortvloeiende succesvolle Roadmap-aanvragen Nederland een sleutelrol gegeven in een aantal instrumenten voor de Extremely Large Telescope (ELT), de detectoren voor de Large Hadron Collider (LHC), de neutrinodetector KM3NeT, de Square Kilometre Array (SKA) en Athena observatoria, en heeft ze voorzien in e-infrastructuur voor de enorme dataopslag en rekenbehoeften voor deze faciliteiten (FuSE). Al deze faciliteiten, voor zover al in gebruik, hebben wetenschappelijke doorbraken opgeleverd, met Nederlands leiderschap.

## Toekomstige behoeften

In het komend decennium wordt de in aanbouw zijnde 39-m ESO-ELT operationeel en zijn urgent verdere investeringen nodig voor het ontwerp en bouw van instrumentatie om vooraan te staan in het onderzoek naar de geboorte van sterren en melkwegstelsels van de oerknal tot nu, naar planeten in andere zonnestelsels en om de samenstelling van de atmosferen van aardachtige planeten bij andere sterren te meten. Later zal een verbetering van de top-radiofaciliteiten (via ASTRON) nodig zijn, om verre melkwegstelsels te bestuderen en de horizon van zwarte gaten te onderzoeken.

Voor astronomie en deeltjesfysica gezamenlijk zijn investeringen nodig in een nationaal zwaartekrachtsgolf-programma: ESA's Laser Interferometer Space Antenna (LISA) zal het samensmelten van superzware zwarte gaten in melkwegcentra detecteren en zal vroege waarschuwingen geven voor spectaculaire versmeltingen van neutronensterren en stellaire zwarte gaten. De Einstein Telescope (ET) zal deze zeer kortdurende versmeltingen zelf waarnemen, tot aan de grenzen van het waarneembare Heelal. Samen zullen ET en LISA ons begrip van zwaartekracht en de geometrie van het Heelal op de proef stellen.

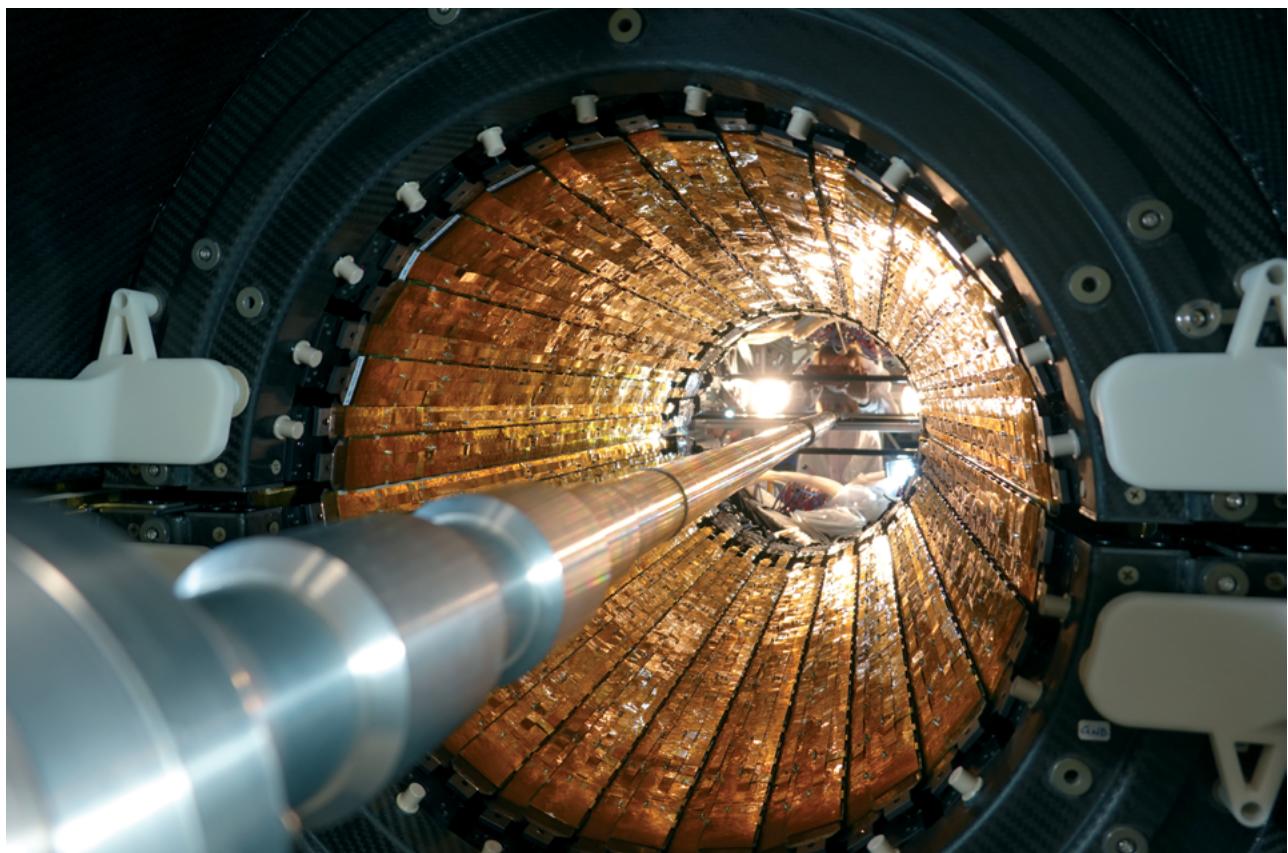
De deeltjesfysica heeft investeringen nodig in verbetering van de Large Hadron Collider (LHC) op CERN tot Hoge Luminositet (HL-LHC) om het Standaardmodel van de deeltjesfysica te onderzoeken tot waar het vast loopt en nieuwe fysica zich laat zien. De diep-ondergrondse experimenten DUNE en DARWIN zullen de eigenschappen van neutrino's en donkere materie verkennen, en daarmee hun eigenschappen met die van het Heelal verbinden.

Een ander overlappend onderzoeksgebied tussen astronomie en deeltjesfysica is de studie van hoog-energetische astrofysische bronnen. Zij produceren niet alleen licht en zwaartekrachtsgolven, maar ook hoog-energetische deeltjes zoals kosmische straling, neutrino's en gammastraling. Door studie van die deeltjes leert men meer over die deeltjes en over hun bronnen. In de tweede helft van het decennium zullen geavanceerde detectietechnieken voor deze deeltjes de zogenaamde 'multi-messenger' astronomie nog meer ondersteunen: die combineert al deze signalen voor een beter begrip van deze raadselachtige, extreme bronnen.

Al deze faciliteiten hebben behoefte aan uitgebreide gegevensverwerking, grootschalige theoretische simulaties en complexe statistische tests van modellen. Ze hebben topfaciliteiten voor high-performance computing en intensieve dataverwerking nodig.

De ontwikkeltrajecten voor deze faciliteiten zijn zo lang dat er nu al moet worden nagedacht tot voorbij 2040, door te starten met ontwerpstudies en technische R&D voor infrastructuren in de verre toekomst. Deeltjesfysici denken al aan de deeltjesversneller die uiteindelijk ver na 2050 de HL-LHC zal opvolgen. In de astronomie heeft ESA reeds zijn 'Voyage 2050' proces gelanceerd om vooruit te kijken naar het midden van de eeuw, bijvoorbeeld met mogelijke ontwerpen voor revolutionaire mid- tot ver-infraroodobservatoria en voor röntgeninterferometrie vanuit de ruimte (de 'een-meter Event Horizon Telescope').

Het vroegst in het decennium zal er financiering nodig zijn voor ELT-instrumentatie en het zwaartekrachtgolfprogramma: eerst voor deelname in LISA en voor R&D om een sterke Nederlandse rol in ET zeker te stellen. Daarna komt financiering voor het HL-LHC detectorprogramma, waarbij de timing weer gekozen is voor een zo groot mogelijke impact in het ontwerp en gebruik ervan. Daarna is de timing onzeker, omdat de internationale agenda's voor DUNE/DARWIN, ET en de andere topprioriteiten nog in ontwikkeling zijn.



## 4.2 Groep Materials

### Dutch Materials Fabrication and Characterisation Platform

Acroniem	Naam GWI	Beschrijving	Penvoerder
<b>Magnum-PSI</b>	Magnum-PSI	Materialen in extreme omstandigheden, divertor, kernfusie	NWO-I DIFFER
<b>NanolabNL</b>	NanoLabNL	Nanotechnologie, cleanroom, nanomaterialen, kwantumtechnologie, biotechnologie, fotonica	Universiteit Twente
<b>HFML-FELIX</b>	High Field Magnet Laboratory – Free Electron Laser for infrared eXperiments Laboratory	Materiaalonderzoek, fysica van gecondenseerde materie, (bio)moleculaire fysica en chemie, laboratoriumastrochemie, hoog-magnetische velden, infrarood-/ THz-straling, spectroscopie	Radboud Universiteit & NWO-I
<b>ESS</b>	European Spallation Source	Neutronen, materiaalwetenschap, materiaalkunde, Europese faciliteit	TU Delft
<b>RID</b>	Reactor Instituut Delft	Neutronen, positronen, materiaalwetenschap, materiaalkunde, onderwijs	TU Delft
<b>NC2SM</b>	National Characterisation Centre for Sustainable Materials	Röntgenkarakterisering, laboratoriumbeeldvorming, spectroscopie en verstrooiing, materialen	Rijksuniversiteit Groningen
<b>XNL</b>	X-ray National Lightsource	Röntgenanalyse, materiaalwetenschap, materiaalkunde, cultureel erfgoed, medische diagnostiek	TU Eindhoven

### Wetenschappelijke vraagstukken, uitdagingen en prioriteiten

Om belangrijke maatschappelijke uitdagingen van onze tijd aan te pakken, zoals de energietransitie, klimaatverandering en vergrijzing, is een fundamenteel begrip van (functionele) moleculen en materialen essentieel. De materiaalwetenschap houdt zich bezig met het ontwerpen, het maken, de structuur, de dynamiek, de eigenschappen en het (her)gebruik van nieuwe, duurzame materialen. Het is een multidisciplinaire wetenschap, waarin natuurkunde, scheikunde, biologie en techniek samenkommen. Waar functionele materialen tot voor kort vooral voortkwamen uit serendipiteit, wordt in de komende decennia een transitie gemaakt naar het voorspellen van materiaaleigenschappen en het gecontroleerd synthetiseren van materialen. Grootschalige onderzoekinfrastructuren zullen daarbij een centrale rol spelen, en zo de basis leggen voor de materialen van de toekomst.

De Nederlandse materiaalwetenschap is internationaal toonaangevend en goed georganiseerd, onder meer in het opstellen van routekaarten en onderzoekagenda's. Ook zijn GWI's binnen het thema Materialen succesvol geweest in eerdere Roadmaps en vergelijkbare financieringsrondes (bijvoorbeeld HFML-FELIX in 2018 en 2020 voor upgrades van de lasers, magneten en nieuwe end-station instrumentatie, RID voor 2012-2022 voor de OYSTER upgrade).

In de recente *Nationale Agenda Materialen* (2021) heeft het platform MaterialenNL vijf kernthema's gedefinieerd:

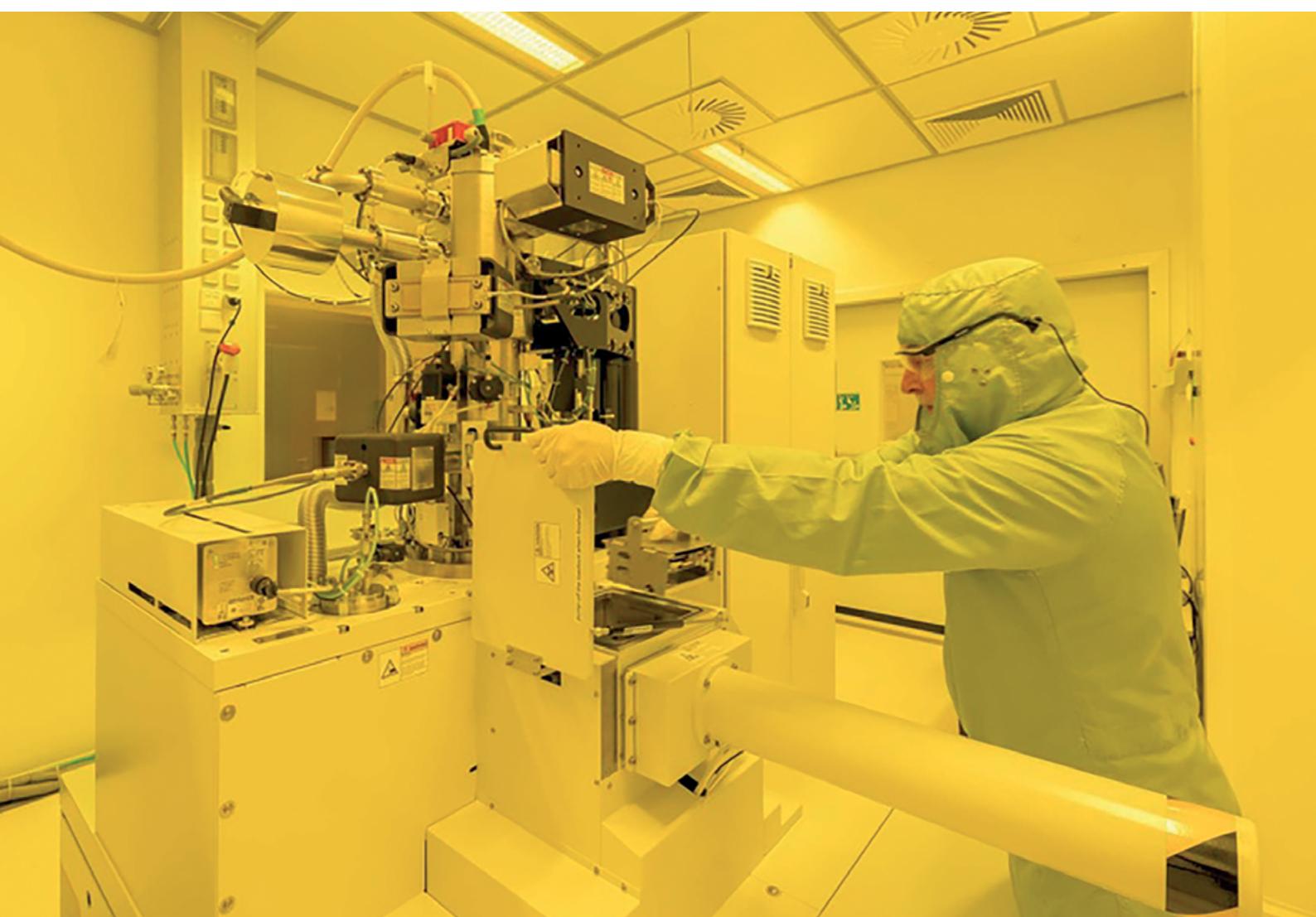
- 1 materialen voor energietransitie en duurzaamheid;
- 2 materialen voor landbouw, water en voedsel;
- 3 materialen voor gezondheid en zorg;
- 4 materialen en veiligheid;
- 5 materialen als sleuteltechnologie voor andere gebieden.

Elk thema heeft zijn eigen specifieke wetenschappelijke uitdagingen. Daarmee speelt de agenda ook in op het Kennis- en Innovatie-convenant tussen overheid, kennisinstellingen en bedrijfsleven, dat inzet op oplossingen voor maatschappelijke uitdagingen. Materiaalinnovatie levert met een jaarlijkse omzet van meer dan 75 miljard euro een belangrijke bijdrage aan de Nederlandse economie.

De komende jaren zal de focus liggen op materialen voor de energietransitie en duurzaamheid. De belangrijkste vraag daarbij is: **Hoe kunnen we materialen ontwerpen en maken die zoveel mogelijk energie vasthouden of zo weinig mogelijk energie verbruiken, om het totale energieverbruik te verminderen?**

- Voorbeelden van materialen zijn: materialen voor energieopslag zoals batterijen, materialen voor het afvangen en omzetten van CO<sub>2</sub>, voor energie-efficiënte gegevensopslag;
- Essentieel is dat deze nieuwe materialen duurzaam zijn, ter vervanging van de huidige schaarse of milieubelastende materialen.

Voor dit alles geldt dat fundamentele kennis over alle onderdelen, tijdens de synthese en de werking, essentieel is.



Om internationaal concurrerend en toonaangevend te blijven, is het cruciaal dat de Nederlandse materiaal-wetenschapsgemeenschap de beschikking heeft over het volledige spectrum van *state-of-the-art*-fabricage- en karakteriseringstechnieken. Alles moet direct en makkelijk beschikbaar zijn. Alleen dan kan Nederland een significante bijdrage leveren aan de wetenschappelijke uitdagingen op het gebied van materialen binnen alle genoemde thema's.

## GWI-plannen van nationaal belang

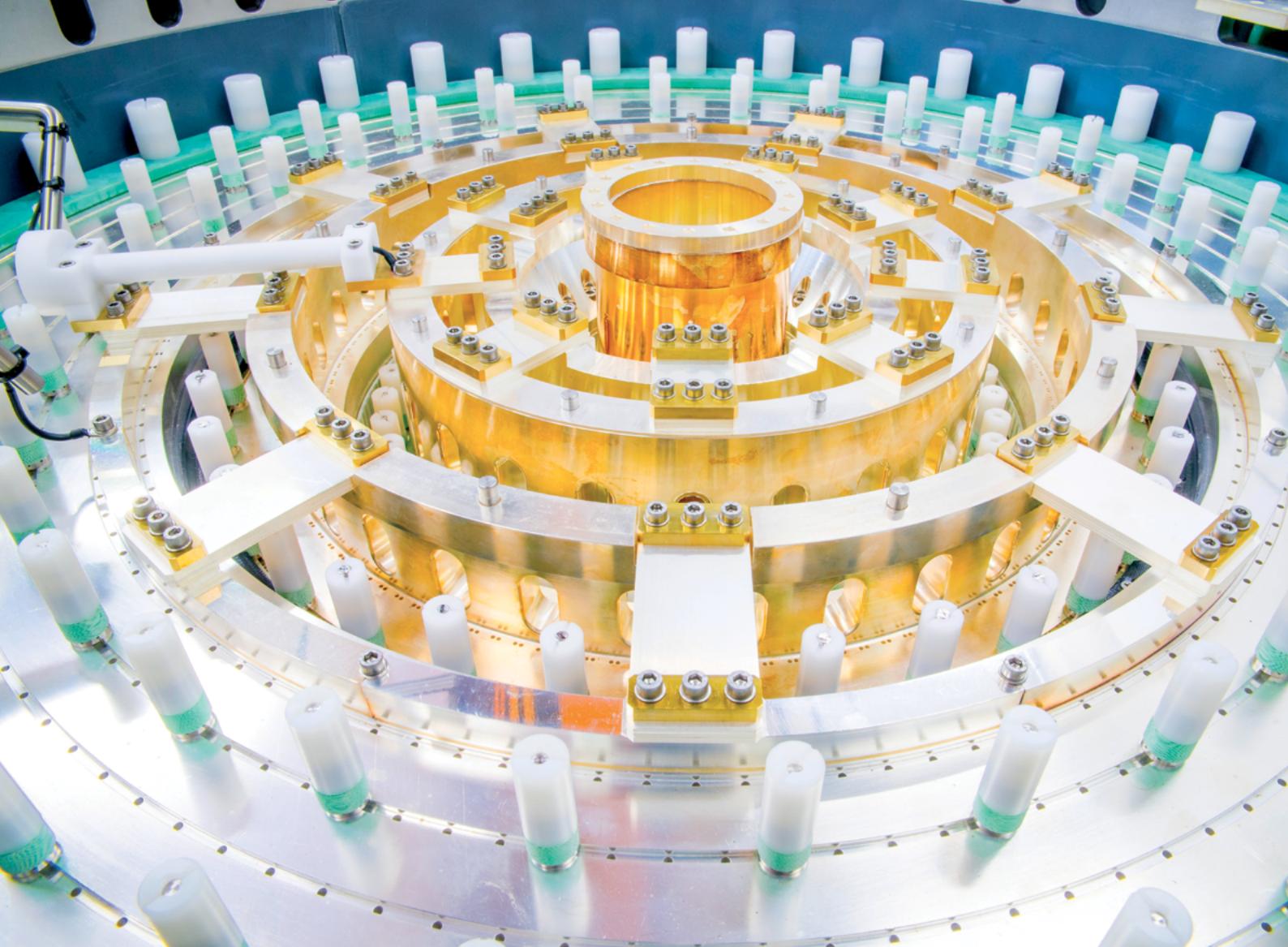
De Groep van grootschalige wetenschappelijke infrastructuren die zich in dit narratief presenteert heeft tot doel een combinatie van excellente faciliteiten op te zetten en te continueren; enerzijds voor de fabricage van complexe materiaalsystemen met een precisie tot op atomaire schaal, en anderzijds voor de karakterisering van materialen op die relevante lengte- en tijdschaal. Dat kan middels zeer geavanceerde analysetechnieken gebruikmakend van neutronenflux, plasma's, elektronenbundels, hoog-magnetische velden en intense infrarood- en röntgenstraling, met de bijbehorende data-analyse en computationele benaderingen zoals machine learning en artificiële intelligentie.

Dit moet vorm krijgen binnen het *Dutch Materials Fabrication and Characterisation Platform*. Het platform moet zorgen voor een volledige nationale beschikbaarheid van het gehele scala van genoemde complementaire technieken voor de materiaalsynthese en -karakterisering (dus neutronen, fotonen, elektronen, hoog-magnetische velden en plasma). Daarnaast stuurt het platform de voortdurende ontwikkelingen van alle relevante GWI's op een gecoördineerde manier aan. Reeds bestaande en nieuw voorgestelde nationale en internationale GWI's zullen hiervoor hun krachten bundelen om binnen dit platform de ontwikkelingen van *beyond-state-of-the-art*-instrumentatie op elkaar af te stemmen en het onderzoek te stimuleren om het potentieel van de instrumentatie volledig te benutten.

Een hoge prioriteit voor het beoogde platform is een concurrerende infrastructuur voor röntgenanalyse/-karakterisering. Dit niet alleen omdat Nederland zelf niet beschikt over een nationale synchrotron of bundellijn(en) bij internationale synchrotrons, maar ook omdat recente ontwikkelingen het mogelijk maken om steeds meer laboratoriumtechnieken voor röntgenverstrooiing en spectroscopie lokaal toe te passen. Hiervoor wil de Groep een gedistribueerd **Dutch X-ray Characterisation Platform (DXCP)** opzetten, dat in drie fasen zal worden gerealiseerd.

In de eerste fase gaat het om de drie NC2SM-kernlocaties met relevante pilots op enkele andere GWI's (zie GWI-plan: NC2SM). In de tweede fase zullen de ontwikkelingen worden uitgerold door installatie en exploitatie van röntgenfaciliteiten bij alle deelnemende GWI's (zie GWI-plan: DXCP). Daarmee komt een reeks aan röntgenspectroscopietechnieken (hoog-, middel- en laag-energetische röntgenstraling), technieken voor verstrooiing (kleine, brede hoek en grazing incidence) en beeldvormende technieken (XRF, XANES) beschikbaar die baanbrekende resultaten mogelijk moeten maken. In deze tweede fase kan mogelijk ook een nieuwe geavanceerde röntgenbron (XNL) worden geïntegreerd. Die zal op termijn de afhankelijkheid van buitenlandse synchrotron-faciliteiten verder verminderen en potentieel geheel nieuwe röntgenanalysetechnieken mogelijk maken. Tevens wordt beoogd om, onder meer via deze bron en ontwikkelingen bij HFML-FELIX, de tijdsresolutie van de röntgentechnieken verder te ontwikkelen. In de derde fase tenslotte worden de technieken opgenomen in Groeps- en Domeinoverschrijdende toepassingen binnen de GWI's op de Roadmap.

Parallel aan de opzet van het röntgenplatform DXCP moeten, om het concurrentievermogen van het platform op lange termijn te waarborgen, tijdig verdere ontwikkelingen van alle afzonderlijke GWI's (NanolabNL, RID, HFML-FELIX, etc.) op gang worden gebracht, dus met betrekking tot (nano)fabricage van materialen alsook in de richting van neutronen, positronen, vrije-elektronenlasers en hoog-magnetische velden. Bovendien is de integratie van het DXCP en van aanverwante instrumentatie in deze GWI's uiteindelijk doorslaggevend om op wereldniveau concurrerend en *state-of-the-art* te blijven. Belangrijk hierbij is dat op het gebied van neutronentechnieken naast het RID ook afstemming nodig is met de ontwikkelingen bij en investeringen in ESS.



## GWI samenzwering

De GWI's in dit cluster hebben allemaal hun eigen lange termijnplannen opgesteld, op elkaar afgestemd en geïntegreerd tot een alomvattend *Dutch Materials Fabrication and Characterisation Platform*. Dit platform bevordert in de eerste plaats de samenwerking tussen de GWI's, door na te gaan waar de meest dringende behoefte ligt aan ontwikkeling van specifieke technologieën van de volgende generatie, zoals uitzonderlijk krachtige magneten, fotonen- en neutronenbronnen, en materiaalsynthese met *in-situ*-analysecapaciteiten. Groepsoverschrijdende samenwerkingen met afzonderlijke GWI's zoals NEMI of micro-NMR-NL zullen profiteren van deze ontwikkelingen, evenals een thema als Arts Conservation, en de GWI-Groepen 'Technology' en 'Life-science and enabling technologies'.

## Internationaal

De GWI's binnen het materialencluster zijn toonaangevend op internationaal niveau en brengen expertise en infrastructuren bijeen op het gebied van ontwerp, ontwikkeling en structureren van materialen, naast karakterisering, manipulatie en controle met gebruikmaking van hoogwaardige technieken. Zo kunnen wetenschappers in Nederland hun concurrerende internationale positie behouden en de impact en effecten van materiaalonderzoek op een onvoorzienbare schaal vergroten. Dit blijkt ook duidelijk uit de rol en de erkenning van HFML-FELIX in internationale netwerken zoals LaserlabEurope, EMFL, LEAPS, ARIE.

## 4.3 Groep Technology

### Infrastructuur voor fundamenteel onderzoek naar opwekking, conversie en transport van duurzame energie

Acroniem	Naam GWI	Penvoerder
EnergyLabNL	EnergyLabNL	DIFFER
Solliance	Solliance	TNO
ELab	Electrification Laboratory	TUD

### Wetenschappelijke vraagstukken, uitdagingen en prioriteiten

Fundamentele wetenschappelijke doorbraken in belangrijke technisch-wetenschappelijke gebieden als materiaalwetenschappen, kunstmatige intelligentie, elektrotechniek, chemische technologie, optica, constructie, mechanica, stromingsleer en systeemontwerp, openen het perspectief naar nieuwe engineering-uitdagingen en naar nieuwe oplossingen voor gezondheidszorg, energie, logistiek, digitalisering, elektronica en vele andere sectoren.

Voor de Nationale Roadmap 2021 richt het Technology cluster zich op fundamenteel-wetenschappelijke uitdagingen rondom duurzame energie. Eén van de grootste en meest urgente uitdagingen voor de mensheid is de transformatie naar een duurzame en circulaire samenleving. Een groene energievoorziening, gebaseerd op zon, wind en volledig duurzame materiaalstromen is een cruciaal element in deze transitie. In het Klimaatakkoord streeft Nederland ernaar dat 70% van de energie wordt geproduceerd uit wind- en zonne-energie in 2030.

Hoewel in de afgelopen decennia enorme vooruitgang is geboekt, bestaan er nog geen wegen naar deze energieoplossingen, laat staan op de vereiste TW (=ton/uur) schaal. Fundamentele, disruptieve, deep-tech doorbraken zijn hierbij van groot belang. Deze uitdagingen vallen ruwweg uiteen in drie onderdelen:

- **Energieopwekking:** technologie voor het zo efficiënt en schoon mogelijk opwekken van energie, uit zon, wind, water en andere natuurlijke bronnen.
- **Energieconversie:** technologie binnen energiesystemen met een wisselende vraag voor de omzetting van groene elektriciteit in brandstoffen, batterijen en andere energiedragers en omgekeerd.
- **Energietransport:** technologie voor een effectief en efficiënt transport van energie naar de eindgebruiker.

Het is van groot belang dat deze uitdagingen niet los van elkaar gezien worden, maar als onderdelen van één geïntegreerd systeem waarin de opwekking, conversie opslag en transport optimaal op elkaar afgestemd zijn.

### GWI plannen van nationaal belang

In de Roadmap voor 2021-2025 kiest het Technology cluster voor twee GWI-plannen, die aangrijpen op de uitdagingen van energieopwekking en energieconversie: SolarLab NL en GWI Energy Conversion.

SolarLab NL richt zich op de uitdaging om efficiënte opwekking van elektriciteit (photovoltaics / PV) uit zonlicht te ontwikkelen. Geavanceerde celontwerpen van zonnecellen kunnen de huidige rendementen sterk verhogen of zelfs verdubbelen. Daarvoor moeten alle onderdelen van het energieconversieproces én hun combinatie geperfectioneerd worden: lichtabsorptie, extractie van elektrische ladingsdragers met halfgeleidermaterialen, grensvlakken en contactlagen. Doel is om een centrale gedeelde faciliteit en satellietfaciliteiten te creëren voor



spectroscopie, microscopie, fabricage en testen van nieuwe PV-materialen, en toepassing van nieuwe PV-ontwerpen in PV-systeem.

GWI Energy Conversion richt zich op de uitdaging om fossielvrije chemische bouwstenen te ontwikkelen middels ontwerp van efficiënte conversietechnologieën van elektriciteit naar fossielvrije chemicaliën en brandstoffen c.q. energiedragers. Het radicaal verhogen van het rendement van conversieprocesen vergt de ontwikkeling van nieuwe katalysatoren en nieuwe conversieconcepten. Daarbij zullen conversieprocessen van atomair- tot systeemniveau en op TeraWatt-schaal moeten worden geïntegreerd. Deze technologische uitdaging stelt nieuwe vragen aan het fundamentele energieconversie-onderzoek. Het streven is hiervoor een nationale onderzoeksinfrastructuur met satellietfaciliteiten te ontwikkelen die de omgeving biedt om baanbrekende concepten en oplossingen op systeemschaal te ontwerpen, fabriceren en testen.

## Complementariteit GWI-plannen

Met het perspectief van de energietransitie en de wetenschappelijke uitdagingen daarbinnen biedt het aanbrengen van deze samenhang een uitstekende kans om zowel het onderzoek als de impact te versterken. De GWI-plannen voor energiepopwekking en -conversie zijn sterk complementair aan andere GWI's en onderzoeksfaciliteiten voor materiaal- en stromingsonderzoek op nano-, micro- en meso-niveau: complementariteit op het niveau van de Roadmap, maar ook tussen instellingen, is hiermee gewaarborgd.

## Internationale positie

Internationaal behoort Nederland op belangrijke onderdelen tot de wereldtop in het energieonderzoek en is in de breedte zeer sterk: veel instellingen en onderzoekers dragen hier vanuit verschillende perspectieven aan bij. De stap die nu gezet moet worden is het bundelen van de krachten, waarbij de GWI de belangrijke focuspunten zullen vormen. Deze krachtenbundeling zal het effect hebben dat Nederlandse onderzoekers hun concurrentiepositie kunnen uitbouwen, talent kunnen aantrekken en de basis voor impact – die de energietransitie mede zal sturen – zal vergroten.

## 4.4 Groep GeoSciences

### Geosciences research infrastructures-NL – Het landschap van grootschalige onderzoek-infrastructuur voor GEOWetenschappen in Nederland

Acroniem GWI	GWI onderdelen		Penvoerder
Thema: <b>Oceaan en Atmosfeer</b>			
ATMOS-NL	NSAO	North Sea Observatory for Atmospheric and Environmental Research	KNMI
	C-MetNet	Climate and Meteorological Network	KNMI
	Ruisdael	Ruisdael Observatory for Atmospheric Research TUD	
OOU-NL	NMF	National Marine research Facilities/ RV Pelagia	NWO-I NIOZ
Thema: <b>Delta's</b>			
DANUBIUS-NL	DANUBIUS-NL	Netherlands Centre for Advanced Studies on RiverSea Systems	UU
	Delta Facilities	Infrastructure for Research on Hydraulics and Soil & Groundwater and Interactive Data Research & Open Source Software Laboratory	Deltares
	DWRC	Delft Water Research Cluster	TUD
Thema: <b>De diepe ondergrond</b>			
eNLarge	EPOS-NL	EPOS-NL: European Plate Observing System – Netherlands	UU

### Wetenschappelijke vraagstukken, uitdagingen en prioriteiten

De leefomgeving van de mensheid staat onder druk: de emissie van broeikasgassen leidt tot een steeds warmere wereld, de groei van de wereldbevolking leidt tot een steeds groter beslag op landgebruik en natuurlijke hulpbronnen. De gevolgen hiervan zijn al zichtbaar. Tegen de achtergrond van een wereldwijde urbanisatie in delta-gebieden, zien we een Aarde met smeltende ijskappen, zeespiegelstijging, verzuring van de oceanen, meer weersextremen, langdurige droogteperiodes, vervuiling, een biodiversiteitcrisis en verslechterende luchtkwaliteit. De Aardwetenschappen richten zich op de geïntegreerde fysische, chemische en biologische processen in het aardsysteem om de veranderingen goed te begrijpen, inzicht te krijgen in toekomstige trends en om oplossingen te ontwikkelen. Urgente vragen zijn:

- 1 Hoe verandert de atmosfeer door de emissie van sporegassen, fijnstof en veranderend landgebruik? Wat betekent dit voor het weer en klimaat? Wat is de rol van de koppeling oceaan-atmosfeer?
- 2 Hoe veranderen de oceanen door klimaatverandering en menselijk handelen, zoals we al merken bij zeespiegel-stijging en biodiversiteit? Kunnen we de oceanen gebruiken om klimaatverandering tegen te gaan en voor een duurzame winning van grondstoffen, energie en voedsel?
- 3 Hoe veranderen de deltagebieden door klimaatverandering, zeespiegelstijging en menselijke ingrepen? Hoe verdelen sediment en daaraan gebonden stoffen zich over een delta? Kunnen we dat proces beheersen om kwetsbare deltagebieden weerbaar te maken tegen klimaatverandering?
- 4 Hoe kunnen we veilig natuurlijke grondstoffen en energie inwinnen? Hoe kunnen we de diepe ondergrond gebruiken voor de veilige en duurzame opslag van broeikasgassen en hernieuwbare energie?

Centraal bij deze vragen staat steeds de wisselwerking tussen menselijk handelen en natuurlijke processen. Zoals ook gesteld in het recente *sectorbeeld Aard- en Milieuwetenschappen* zal diepgaand inzicht in deze processen nodig zijn om mensen een veilige leefomgeving te bieden en duurzaam gebruik te maken van de ecosysteemdiensten die de aarde biedt. Voor onszelf, en voor de generaties na ons.

## GWI-plannen van nationaal belang

### Oceaan en Atmosfeer

Terwijl Ruisdael Observatory zich richt op het meten en modelleren van de atmosfeer boven land en stedelijk gebied, beoogt NSAO ditzelfde te doen boven de Noordzee, een dominante factor in het klimaat van West-Europa. C-MetNet is een uitbreiding van het landelijke netwerk van meteorologische meetstations, inclusief het bijbehorende datacentrum voor opslag en disseminatie. Om gerelateerde oceaanzprocessen tijdig en ook op moeilijk bereikbare plekken te kunnen bestuderen zijn innovatieve en veelal autonome methodes nodig. Hierin voorzien de multidisciplinaire metingen door het NIOZ-NMF, de faciliteit voor oceaanzonderzoek en de koppeling met de atmosfeer. Met deze faciliteiten voor de atmosfeer en oceanen krijgen we beter inzicht in het toekomstige weer en klimaat en behouden we de leidende rol in de internationale wetenschap.

### Delta's

DANUBIUS-NL, Delta Facilities en DWRC verzamelen informatie over waterbeweging, sediment, koolstof- en nutriëntfluxen en bio-geomorfologie in de Rijn-Maas delta. Dit gebeurt met een nieuw en wereldwijd uniek observatiennetwerk voor lange-termijn metingen en event surveys. Het netwerk omspannt de gehele rivier-estuarium-kust sequentie, gecombineerd met experimentele faciliteiten die numerieke modellen voeden. Hiermee kunnen we voor het eerst de systeemwerking en de veranderingsprocessen op deltaschaal doorgronden. Deze kennis is essentieel voor innovatieve oplossingen voor een duurzaam voortbestaan van delta's.



## De diepe ondergrond

EPOS-NL onderzoekt de respons van de diepe ondergrond op inwinning van grondstoffen en geothermische energie, ondergrondse opslag van bijvoorbeeld CO<sub>2</sub> en het gedrag van de ondergrond in de aanloop van natuurlijke aardbevingen en vulkaanuitbarstingen. Dit gebeurt door middel van directe monitoring, lab experimenten en structurele analyses van ondergronds gesteente op nano- tot kilometerschaal. De data geven inzicht in de korte - en langetermijnprocessen die ten grondslag liggen aan een veilige exploitatie en (her)gebruik van de ondergrond.

## GWI samenhang

De thematische samenhang leidt tot een integratie van de GWI's, die goed aansluit bij het Sectorbeeld Aard- en Milieuwetenschappen. Bovendien biedt C-MetNet kansen voor verbreding, zodat ook datastromen van andere instellingen er onderdak kunnen vinden. Synergie is denkbaar met Green Life Sciences, zoals NEMMET. EPOS-NL laboratoria zijn gekoppeld aan 'Enabling technologies' voor Levens- en materiaalwetenschappen. De Nederlandse geochemische labs zijn essentieel voor alle geowetenschappen. Het is daarom belangrijk om deze samen te brengen voor de toekomstige nationale infrastructuur.

## Internationaal

De Nederlandse Aardwetenschappen staan internationaal sterk, zoals blijkt uit internationale vergelijkende studies naar wetenschappelijke impact en de leidende rol in verscheidene internationale netwerken. Ruisdael Observatory, EPOS-NL, NIOZ-NMF en DANUBIUS-NL maken onder andere deel uit van de ESFRI-infrastructuren ACTRIS, ICOS, EPOS, EuroFleets+ en DANUBIUS.

## Prioriteiten komende 5 jaar

Om wetenschappelijke meerwaarde op een efficiënte manier mogelijk te maken, worden de acht infrastructuren samengevoegd in respectievelijk ATMOS-NL, OOU-NL, DANUBIUS-NL en eNLarge, zoals beschreven in de specifieke GWI-plannen. De Nederlandse Aardwetenschappen gemeenschap voorziet de volgende tijdsfasering voor de investeringen in deze infrastructuren:

- 2021-2022: investeringsaanvragen voor DANUBIUS-NL en eNLarge voor Delta's en De Diepe Ondergrond
- 2023-2024: investeringsaanvragen voor ATMOS-NL en OOU-NL voor Oceaan en Atmosfeer

Binnen eNLarge wordt onder meer het raamwerk van de data-infrastructuur ontwikkeld, ook voor gebruik bij de andere infrastructuren, om efficiëntie en synergie te bereiken.



## HOOFDSTUK 5

# Domein Levens- & Medische Wetenschappen

Binnen dit Domein heeft de PC-GWI vier Groepen gedefinieerd met inhoudelijke, thematische of technische raakvlakken.

5.1

Groep Green Life Sciences

5.2

Groep Life Sciences & Enabling Technology

5.3

Groep Medical Sciences

5.4

Groep Health Sciences

# 5.1

## Groep Green Life Sciences

### Green-RI-NL

Acroniem GWI	GWI onderdelen	Beschrijving	Penvoerder
<b>Thema: Biodiversiteit, ecologie en leefomgeving</b>			
<b>ARISE</b>	NIEBA-ARISE	Netherlands Infrastructure for Ecosystem and Biodiversity Analysis: Authoritative and Rapid Identification System for Essential biodiversity information (including KNAW-WI, LifeWatch)	Naturalis
	Naturalis	Naturalis Biodiversity Center	Naturalis
<b>LTER-LIFE</b>	eLTER-NL	Long-Term Ecosystem, Critical Zone & Socio-Ecological Research Infrastructure – Netherlands	NIOO-KNAW
	LifeWatch	LifeWatch e-infrastructure for biodiversity and ecosystem research	UvA
<b>XL-EFES</b>	NEMNET	National Environmental Monitoring Network	RIVM
	XL-EFES	Large-scale Experimental Facilities for Ecosystem Simulations	NIOO-KNAW
<b>Thema: Biotechnologie en duurzame productie</b>			
<b>UNLOCK</b>	UNLOCK	UNLOCK – UNLOCKing Microbial Diversity for Society	WUR
<b>NPEC</b>	NPEC	Netherlands Plant Eco-phenotyping Centre	WUR
<b>BIOTECH-NL</b>	IBISBA-NL	Industrial Biotechnology and Synthetic Biology Accelerator – Dutch Node	WUR
	SMART-FABRIC	Food and Biobased Research & Innovation Centre	WUR
	WI-KNAW	Westerdijk Fungal Biodiversity Institute	Westerdijk-KNAW

### Wetenschappelijke vraagstukken, uitdagingen en prioriteiten

De mens is volledig afhankelijk van de hulpbronnen van onze planeet. Terwijl het leven op aarde ons aan alle kanten omringt is ons fundamentele begrip van het functioneren van leven fragmentarisch, en onvoldoende om huidige en toekomstige generaties van een gezonde leefomgeving te verzekeren. Zo vormt dit fundamenteel wetenschappelijk begrip de basis voor innovatieve oplossingen voor gezond en veilig voedsel in circulaire productiesystemen, voor langer leven in gezondheid, met gebruik van robuuste voedselgewassen, gericht op herstel van biodiversiteit en verbetering van onze leefomgeving. Deze oplossingen zijn essentieel om een mondial vraagstuk op te lossen: hoe kan de mensheid haar behoefté aan grondstoffen vervullen zonder daarbij de gezonde leefomgeving aan te tasten? Grote wetenschappelijke vragen zijn daarbij:

- Wat zijn de fundamentele ontwerpregels van complexe biologische systemen?
- Hoe kunnen we gedrag en functie van deze systemen voorspellen?
- Hoe kunnen we deze kennis inzetten voor het herstel, verbetering en (her)ontwerp van natuurlijke en synthetische systemen?



De Green Life Sciences leveren het inzicht, overzicht en de wetenschappers die deze vragen kunnen beantwoorden, op alle organisatieniveaus van leven: van DNA, virussen en eencellige pro- en eukaryoten, via meercelige organismen en lokale leefgemeenschappen tot complexe regionale en wereldomvattende ecosystemen, met alle ingewikkelde interacties daartussen en (veranderende) milieumstandigheden. Daarbij werken universiteiten en instituten samen met het bedrijfsleven omdat fundamenteel begrip van het functioneren van leven essentieel is voor de lange-termijn-overlevingskansen van het bedrijfsleven in de Green Life Sciences, terwijl bedrijven op hun beurt het fundamenteel onderzoek uitdagen en stimuleren tot nieuwe ontdekkingen. Voor antwoord op de grote vragen in de Green Life Sciences zoeken we naar begrip van emergente eigenschappen en daarvoor zijn systeembenederingen zeer succesvol. Ultramoderne, hoogontwikkelde en sterk geïntegreerde GWI's zijn daarbij onontbeerlijk.

De eerste stap is gezet met de recente financiering van drie GWI's: UNLOCK, NPEC, ARISE. Die bedienen echter niet alle relevante organisatieniveaus, terwijl dat een belangrijke vereiste is om het omvangrijke en diverse onderzoekseld te voorzien van essentiële onderzoeksinfrastructuur. In de komende periode ligt de nadruk daarom op de oprichting van overkoepelende en verbindende GWI's ten behoeve van de openstaande organisatieniveaus en voor de efficiënte interpretatie en benutting van de 'Big Data' die de Green Life Sciences leveren.

## GWI's Green Life Sciences

De GWI's van dit cluster zijn internationaal sterk ingebied en al onderdeel van zes Europese infrastructuren van de ESFRI Roadmap. Internationaal is open science het uitgangspunt, zo ook voor alle GWI's in het Green Life Sciences cluster. Dit impliceert dat data-opslag en -verwerking FAIR zijn en dat een onderzoeksomgeving tot stand komt waarin wetenschappers en belanghebbenden optimaal kunnen samenwerken. Zo kunnen we complexe biologische systemen beter modelleren en voorspellen en innovatieve digitale onderzoekshulpmiddelen ontwikkelen, zoals 'Digital Twins'. Deze gaan instrumenteel worden bij het ontsluiten van wetenschappelijke kennis, door geavanceerde mens-machine interactie.

Binnen de Green Life Sciences onderscheiden we twee complementaire domeinen, één gericht op Biodiversiteit, ecologie en leefomgeving, de ander gericht op Biotechnologie en duurzame productie. Beide zijn van internationaal vooraanstaande klasse en van evident belang voor de urgente maatschappelijke uitdagingen.

## Biodiversiteit, ecologie en leefomgeving

De GWI's binnen het domein van Biodiversiteit, ecologie en leefomgeving richten zich op onderzoek van complexe ecologische systemen van het niveau van DNA tot aan de wisselwerkingen tussen organismen en het functioneren van ecosystemen en landschappen. De GWI's mobiliseren, integreren en analyseren de rijkdom aan gegevens over de Nederlandse biodiversiteit en leefomgeving, waardoor zowel het fundamentele als het meer toegepaste onderzoek mondiaal koploper blijft. De GWI's zijn tevens essentieel voor oplossingen voor veerkrachtige natuur, gezonde en klimaatbestendige leefomgeving en een circulaire landbouw en economie.

De complementaire set van Green Life Sciences GWI's moet de kennis en het begrip van de enorme complexiteit van het leven op aarde in de verschillende ecosystemen een belangrijke impuls geven. Naturalis en WI-KNAW genereren kennis van de biodiversiteit met hun collecties en laboratoria. ARISE (onderdeel van de ESFRI's MIRRI en DiSSCo) combineert DNA-methoden, beeldherkenning, Artificial Intelligence en data science. Dat maakt voor het eerst identificatie van alle soorten en hun interacties mogelijk, terwijl NEMNET de staat van en trends in milieumstandig-heden meet, zoals lucht-, bodem- en waterkwaliteit. LTER-NL zorgt voor de infrastructuur voor het lange-termijn systeemonderzoek in een select aantal representatieve landschappen en is onderdeel van ESFRI eLTER met onderzoekslandschappen in heel Europa. Daarmee kunnen datareeksen van bodem, vegetatie, micro- en macrobiomen worden geïntegreerd en gekoppeld aan veranderende omgevingskenmerken en socio-economische data. Binnen Lifewatch worden deze data gebruikt voor de integrale analyse van biodiversiteit en leefomgeving, als onderdeel van de ESFRI LifeWatch-ERIC, het Europese netwerk van innovatief en integratief onderzoek op dit domein. Tenslotte kunnen met XL-EFES grootschalige experimentele outdoor faciliteiten (mesocosms) worden ingericht voor de studering onder gecontroleerde omstandigheden van complexe vraagstukken op het gebied van biodiversiteit, ecologie, milieu en klimaat. Synergie is denkbaar met de cluster Geosciences, bijvoorbeeld met het thema 'Delta's'.

## Biotechnologie en duurzame productie

De GWI's op het gebied van agro & food, industriële biotechnologie, farma en milieutechnologie, vallen in het Biotechnologie en duurzame productie domein. Deze GWI's zijn essentieel voor de aanpak van grote, nieuwe uitdagingen voor biotechnologie en agro-food productie, namelijk de ontwikkeling van gesloten kringlopen en duurzame productie. Beheersing van omstandigheden en accurate monitoring is hierbij van cruciaal belang. Vaak is een circulaire ketenbenadering kenmerkend, met inachtneming van alle facetten van fundamenteel grensverleggend onderzoek tot ontwikkeling van industriële processen.

Gedetailleerde kennis van biologische systemen, inclusief de moleculaire interacties binnen en tussen cellen en organismen, maakt de toepassing van synthetische biologie mogelijk. Daardoor opent zich een wereld van tot nu toe onbekende mogelijkheden voor de ontwikkeling van (deels) volledig nieuwe 'chemistries' en biologische systemen. IBISBA-NL, onderdeel van ESFRI-IBISBA, richt zich op geautomatiseerde constructie, evolutie en fenotypering van biotechnologische productiestammen tot aan het ontwerp van nieuwe biologische en hybride systemen. Ontrafeling en benutting van de complexe interacties van micro-organismen in microbiële gemeenschappen is de focus van UNLOCK, terwijl het WI-KNAW, aangesloten bij ESFRI-MIRRI, zich vooral richt op de biodiversiteit en biotechnologische toepassing van schimmels en bacteriën. De ontwikkeling en identificatie van klimaatveranderingsbestendige, robuuste voedselgewassen is belangrijk voor de nationale zaadveredelings- en tuinbouwproductie-industrie; daarvoor faciliteert NPEC, onderdeel van ESFRI-EMPHASIS, de automatische, hoog-resolutie en efficiënte fenotypering van boven- en ondergrondse plantengroei en -ontwikkeling. SMART-FABRIC richt zich op de ontwikkeling en toepassing van technologieën voor de realisatie van nieuwe zero-emissie waardeketens in het food en biobased domein. Synergie is hierbij denkbaar met de clusters Materials en Life Science & Enabling Technologies.

## Prioriteiten komende vijf jaar

In de komende vijf jaar ligt de nadruk op de opzet van GWI's complementair aan reeds bestaande faciliteiten, zodat alle organisatienniveaus worden bediend. Green Life Sciences zet in op:

- 1 Een geïntegreerd meetinstrumentarium dat tegelijk biodiversiteit, ecologie en leefomgeving kan meten in een selectie van representatieve landschappen, en langjarige datareeksen kan ontsluiten en in stand houden. We zetten voor de eerste financieringsronde in op een geïntegreerd voorstel onder leiding van eLTER en LifeWatch (LTER-LIFE), met aansluiting van NEMNET, ARISE en XL-EFES. Voor de tweede ronde willen we hierop aansluiten en inzetten op de realisatie van representatieve grootschalige experimentele faciliteiten waarin we onder gecontroleerde omstandigheden on-site, on-campus en online de effecten van biodiversiteit- en klimaatverandering kunnen onderzoeken, onder andere XL-EFES, ARISE, NEMNET, eLTER, en Lifewatch.
- 2 Een geïntegreerde infrastructuur voor de systeem-gerichte inzet van synthetische biologie voor op maat gemaakte biokatalysatorontwikkeling (BIOTECH-NL), onder leiding van IBISBA-NL, met aansluiting van SMART-FABRIC, UNLOCK en WI-KNAW. Voor de tweede ronde wordt ingezet op het oprichten van GWIs ten behoeve van de openstaande organisatienniveaus en voor de efficiënte interpretatie en benutting van de 'Big Data' die de Green Life Sciences gaan leveren.



## 5.2

# Groep Life Sciences & Enabling Technology

	GWI onderdelen	Beschrijving	Penvoerder
<b>Thema: -Omics</b>			
Omics	BDC	Biomarker Development Center	RUG
	GCF	Genomics Core Facility	EMC
	NMPC	Netherlands Metabolic Phenome Centre	LU
	NPC	Netherlands Proteomics Centre	UU
	Proteomics Center	Erasmus MC Proteomics Center	EMC
	X-omics	Netherlands X-omics Initiative	RUMC
<b>Thema: Imaging</b>			
Imaging	AMIE	Applied Molecular Imaging at Erasmus MC	EMC
	M4i	M4i, The Maastricht MultiModal Molecular Imaging institute	MU
	NEMI	Netherlands Electron Microscopy Infrastructure	UMCU
	NL-BI	NL-Biolimaging AM: a national infrastructure for multiscale light microscopy in life sciences	UvA
	uNMR-NL	Ultra-high field NMR facility for the Netherlands	UU
<b>Thema: Tools &amp; Models</b>			
Tools & Models	BSL3	BioSafetyLab3	EMC
	CPC	Chemical Probe Consortium	LU
	Glycoenable-NL	The Netherlands Center for Functional Glycoscience	UU
	MCCA2.0	Models to Combat Cancer and Aging consortium	NKI
	MRUM	Metabolic Research Unit Maastricht	MU

## Wetenschappelijke vraagstukken, uitdagingen en prioriteiten

De Groep Life Sciences & Enabling Technologies (LS&ET) bestaat uit GWI's die zich in een unieke positie bevinden om de moleculaire fundamenten van het leven te onderzoeken. Daarvoor is integratie nodig van levenswetenschappelijke technologieën, waaronder -omics, (bio)moleculaire beeldvorming, metabole feno-typering en opheldering van de moleculaire structuur. Basis-technologieën voor deze missie zijn onder meer structurele biologie, beeldvorming, next-generation sequencing, massaspectrometrie en methodes voor gene-editing, die samen het moleculaire niveau tot complete organismen bestrijken.

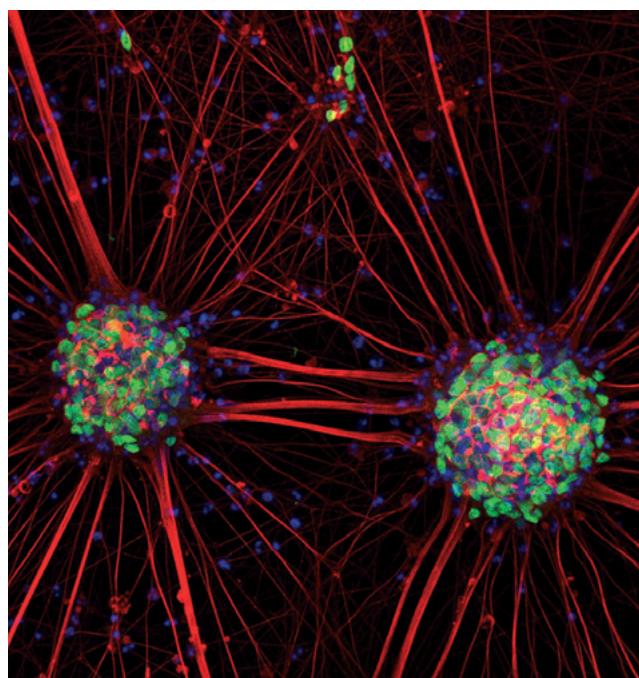
De LS&ET-Groep bestaat uit consortia met wetenschappelijke deskundigen waarvan sommige al eerder erkenning en voor een deel financiering van de Roadmap hebben ontvangen. The Netherlands Electron Microscopy Initiative (GWI NEMI) heeft zeer geavanceerde cryo-EM-technieken geleverd voor structuurbeoordeling van het SARS-CoV2-virus, wat heeft geleid tot rationele vaccin- en geneesmiddelen-ontwikkeling. Het Netherlands X-omics Initiative (GWI X-omics) is het centrale expertisepunt geworden voor (multi-)omics technologieën en biomarkers in Nederland verbonden met Health-RI. The Dutch magnetic resonance community (GWI

uNMR) heeft een nieuw ultrahoogveld (1,2 GHz) magneetsysteem aangeschaft en een landelijk netwerk opgebouwd die moleculaire functies en dynamische processen zichtbaar maken in ongekend detail. De GWI BSL3 is onmisbaar gebleken in het bredere kader van het onderzoek naar infectieziektes, met name voor experimenteel onderzoek naar hoog-risico pathogenen en pathogeen-gastheerinteractie.

Onze ambitie en droom is een combinatie en versnelling van dit onderzoek, wat grensverleggend onderzoek naar de moleculaire fundamenten van gezondheid en ziekte mogelijk maakt. Door imaging en -omics te combineren, met gebruik van een innovatieve, veelzijdige chemische toolbox, gaan we de functie van moleculen en eiwitten in levende cellen en organismes onderzoeken om zo een zeer gedetailleerd beeld te creëren van het leven. De innovatieve life science technieken maken we beschikbaar voor wetenschappelijke doorbraken en daarmee ontstaan nieuwe strategieën voor diagnose, therapie en preventie.

De beoogde infrastructuur speelt een kritische rol voor de (inter)nationale -omics, microscopie en NMR onderzoeksgemeenschappen; momenteel verrichten daarmee duizenden onderzoekers binnen de life sciences in Nederland baanbrekend onderzoek. GWI's van LS&ET staan internationaal als uitstekend bekend en zijn in veel gevallen wereldleidend op het gebied van technologisch gedreven innovatie en toepassing in de fundamentele levenswetenschappen. Hun deskundigen zijn toonaangevende partners in diverse Europese en wereldwijde netwerken, zoals Europese onderzoeksinfrastructuren (EATRIS-ERIC, BBMRI-ERIC, Euro-Bioimaging) en speerpuntprojecten (onder andere European 1 Million Genomes, iNEXT-Discovery, PANACEA). De leden van de LS&ET-Groep nemen ook actief deel aan diverse activiteiten om in heel Europa gegevensbeheer, cloud-computingomgevingen en nieuwe gegevensverwerkingstools voor ontsluitende technologieën tot stand te brengen.

## GWI thema's en samenhang



De omics technologieën hebben een unieke mogelijkheid om de moleculaire bouwstenen van het leven te begrijpen en zo de onderliggende mechanismen van ziekte, gezondheid en nieuwe behandelingen te verklaren. Om dit te bereiken ambiëren we enerzijds de technieken van sequencing, massa spectrometrie en bioinformatica verder te ontwikkelen, en anderzijds om deze hoogwaardige omics analyses te koppelen met functionele imaging, fenotypische en andere onderzoeksdata.

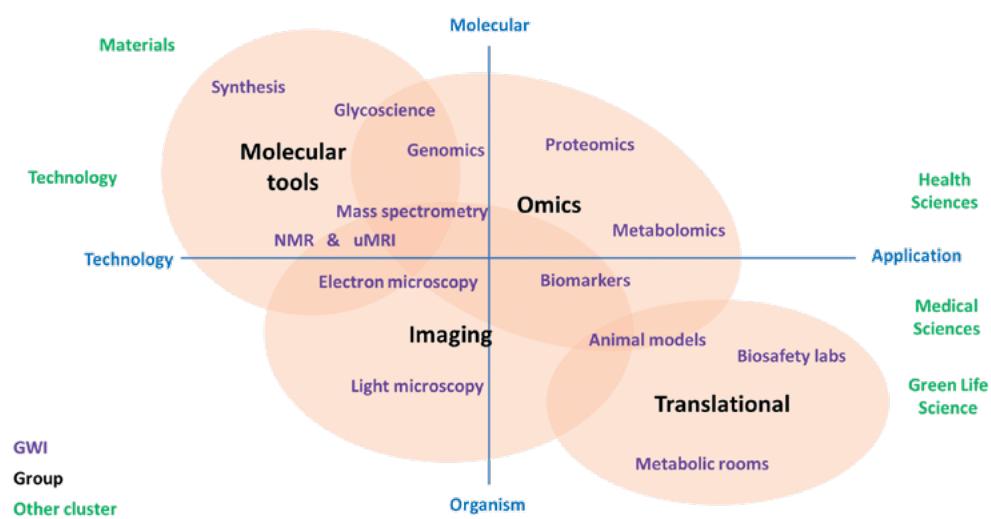
De complementaire imaging technieken maakt het mogelijk om moleculen en eiwitten met de hoogst mogelijke resolutie te visualiseren in hun biologische omgeving, alsmede ook hun functie in (sub)cellulaire processen te begrijpen. Om dit te bereiken willen we gebruik maken van binnen deze Groep ontwikkelde toolbox en modellen. Door koppeling van de omics analyses met imaging, en met name door dit op functionele wijze in de tijd te doen, kunnen we levensprocessen op cel en weefselniveau beter begrijpen en manipuleren.

Voor optimale kruisbestuiving binnen en tussen omics en imaging zullen unieke tools ontwikkeld worden om biologische processen te bestuderen van molecuul tot levende cel, en uiteindelijk tot farmacologie in levende organismen. Ook worden verschillende infrastructuren ontworpen om hoog-infectieuze pathogenen, ziektes als kanker maar ook metabole en veroudering relateerde ziektes te bestuderen, leidend tot biomedische toepassingen. Al deze activiteiten zijn nauw verbonden met de omics en imaging GWI's binnen LSET inclusief data management en AI data analyse en bieden diverse aanknopingspunten met andere GWI Groepen op de Roadmap.

Wij zien ambitieuze *moonshot* uitdagingen om het wetenschappelijk Life Sciences vakgebied ingrijpend te veranderen, zoals:

- De relatie tussen structuur en functie van biologisch relevante moleculen, pathogenen en cellen begrijpen om zo versneld innovatieve medicijnen te ontwikkelen,
- Een beter begrip van de genetische en functionele basis van gezondheid en ziekte, en het tijdig (h)erkennen van persoonsgebonden ziekterisico's om een verbeterde populatie-brede en persoonsgerichte preventie mogelijk te maken,
- Ontwikkeling van innovatieve (bio)materialen in de gezondheidszorg, (bio)tech en agrifood om zo de samenleving te verduurzamen.

## Clusters en capaciteiten binnen de LS&ET-Groep



## Prioriteiten komende vijf jaar

De missie van de LS&T-Groep is om actief te zijn op twee dimensies:

- 1 Verbinding van het onderzoek naar afzonderlijke moleculen met de analyse daarvan in intacte organismen** (van molecuul tot organisme).
- Dit gaat van -omicstechnologieën (genomics, proteomics, lipidomics, metabolomics, bioinformatica en translationele biomarkerplatforms) die synergieën kunnen aangaan in een geïntegreerde en alomvattende multi-omicsbenadering tot beeldvormingstechnologieën (spectroscopie, NMR, elektronenmicroscopie en geavanceerde optische beeldvormingsmicroscopie) die functionele beeldvorming van cellen en organismen mogelijk maken; dit in combinatie met platforms voor high-content-screeningtechnologieën voor genetische analysescreening en onderzoek naar nieuwe geneesmiddelen.
- 2 Vertaling van de volgende generatie levenswetenschappelijke technologieën naar toepassingen en wetenschappelijke doorbraken in alle vakgebieden** (van technologie tot toepassing).
- Dit varieert van (supra)moleculaire synthese, detectie en structuuranalysetechnologieën (geavanceerde chemie, EM, MS, NMR, röntgenkristallografie) tot *in-situ*- en *in-vivo* technologieën die onderzoek van chemische, biologische en biomedische processen in (bijna) natuurlijke omgevingen mogelijk maken. Daarvoor kunnen specifieke infrastructuren nodig zijn, zoals ruimtecalorimetrie voor het hele lichaam, ziektemodellen in muizen, metabolische respiratierruimtes en bioveiligheids-laboratoria.

De prioriteit zal hierbij liggen in de gecombineerde imaging en -omics, mogelijk gemaakt door innovatieve chemische tools. Hierdoor kunnen we de functionele consequenties bestuderen van genetische, pharmacologische en synthetische veranderingen in hun natuurlijke omgeving. Deze ontwikkelingen zullen worden gekoppeld aan ontwikkelingen in andere GWI-Groepen op de Roadmap.

## 5.3 Groep Medical Sciences

### Medische Wetenschappen voor Gepersonaliseerde Geneeskunde

Acroniem GWI	GWI onderdelen	Beschrijving	Penvoerder
Thema: Advanced Personalized Therapies & human Model Systems			
	NECSTGEN	Netherlands centre for the clinical advancement of stem cell and gene therapies	LUMC
	hDMT INFRA	hDMT Organ on Chip Infrastructure	hDMT (Institute for Human Organ and Disease Model Technologies)
AT&MS			
	Utrecht CTF	Utrecht Cell Therapy Facility: National expert center ATMP development and Cellular Therapy	UMCU
	RMU	Regenerative Medicine Utrecht	UMCU
	NPORT	Netherlands Platform for Organoid Technology	UMCU
Thema: Precision Imaging & Image Guided Intervention			
PIGI	Scannexus	Scannexus – Brains Unlimited B.V.	MU
	DYNAMIC	Dutch National 14 Tesla Initiative in MRI and Cognition	RU
	RTC Imaging	Radboud Imaging Center	RUMC
	SC	Spinoza Centre for Neuroimaging	SC
	CIS	Center for Image Sciences	UMCU
	AUMC Imaging Center	Amsterdam UMC Imaging Center comprising Tracer Center Amsterdam	A-UMC
	HollandPTC R&D	HollandPTC infrastructure for fundamental research up to clinical implementation in proton therapy R&D	TUD

### Wetenschappelijke vraagstukken, uitdagingen en prioriteiten

Medisch wetenschappelijk onderzoek draait om cellen: hoe verhouden deze bouwstenen van het lichaam zich onderling? Hoe communiceren zij bij de ontwikkeling van organen en weefsels? Hoe leidt dit tot zowel gezondheid als ziekte?

Stamceltechnologie en beeldvormingstechnieken zijn essentieel om moleculaire, cellulaire en functionele processen te doorgronden. Samen kunnen ze de oorzaak achterhalen van individuele verschillen in ziekten en de respons op therapie. Deze combinatie van technologieën, waarin Nederland vooroploopt, zal de komende tien jaar leiden tot wetenschappelijke doorbraken in de Medical Sciences.

## GWI thema's en samenhang

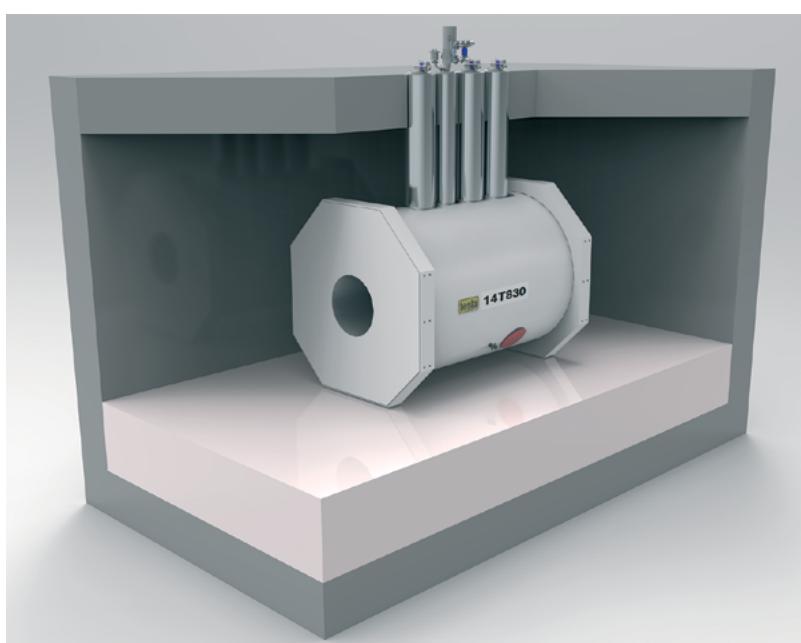
De medische wetenschappen in Nederland staan voor twee uitdagingen; ten eerste het creëren van **levensechte weefselmodellen** van gezonde en zieke personen. Dat kan door een combinatie van stamceltechnologie, gentechnologie, organoïde- en Orgaan-on-Chip technologie, die nieuwe inzichten genereren in ziekte-mechanismen en individuele verschillen als basis voor gepersonaliseerde therapieën (GWI-plan: Advanced personalized Therapies & human Model Systems AT&MS).

De tweede uitdaging is de ontwikkeling van **innovatieve beeldvormingstechnieken** die biologische processen in de mens en humane modelsystemen op functioneel, moleculair- en celniveau in kaart brengen. Die technieken kunnen zo de basis vormen voor gecontroleerde behandeling voor een beter functioneren (GWI-plan: Precision Imaging & Image Guided Intervention PIGI).

In combinatie met een slimme micro-omgeving inclusief immuuncellen kunnen stamcellen voorzien in de behoefte aan gestandaardiseerde modelsystemen, die functie, heterogeniteit en dynamiek van cellen en orgaanweefsels in het lichaam nabootsen. Deze ‘individu-specifieke’ stamcelmodellen, zoals organoïden en Orgaan-op-Chip modellen, kunnen betere voorspellers van ziekte en gezondheid bij de mens zijn dan dier-modellen, mogelijk zelfs een gamechanger in de gezondheidszorg. De stamcelmodellen kunnen de moleculaire en cellulaire mechanismen ontrafelen die ziekte en ontwikkelingsstoornissen veroorzaken. Ze kunnen moleculen identificeren als doelwit of onderdeel van geavanceerde medicijnen. Dit zal per individuele patiënt leiden tot de beste therapie en nieuwe medicijnen voor tot nu toe onbehandelbare ziekten.

Dankzij bestaande en geplande uitbreidingen van GWI’s verwachten we vanuit de twee genoemde uitdagingen antwoord op deze vragen:

- 1 Hoe kunnen we humane modelsystemen ontwikkelen, die gezond en ziek orgaanweefsel natuurgetrouw nabootsen?
- 2 Welke ontregelde moleculaire, cellulaire en functionele processen leiden tot de aangeboren afwijking/ziekte, en hoe kunnen deze worden hersteld?
- 3 Hoe kunnen de ontregelde processen op moleculair en cellulair niveau in beeld worden gebracht in de modelsystemen en in het menselijk lichaam?
- 4 Welke individu-specifieke kenmerken bepalen individuele verschillen in de start, ernst en effectiviteit van de behandeling van de ziekte?
- 5 Hoe kunnen deze inzichten worden vertaald in nieuwe therapieën?



## Prioriteiten komende vijf jaar

Op het niveau van de patiënt investeert de Nederlandse medische wetenschap, naast de ontwikkeling van contrastmiddelen/tracers voor gerichte cellulaire behandeling, in imaging faciliteiten inclusief kunstmatige intelligentie. Voorbeelden zijn total body PET-CT, hoog-veld MRI, real-time MRI en optische modaliteiten, al dan niet verbonden aan behandelingsapparatuur zoals gerichte MRI gestuurde radiotherapie, MRI gestuurde interventie, gepersonaliseerde nucleaire therapieën, ablatieve behandeling of lokale medicatie.

Deze ontwikkelingen leiden tot betere detectie van anatomische afwijkingen, in kaart krijgen van fysiologie en orgaanfunctie, zicht op metabolisme en medicatie kinetiek, minder

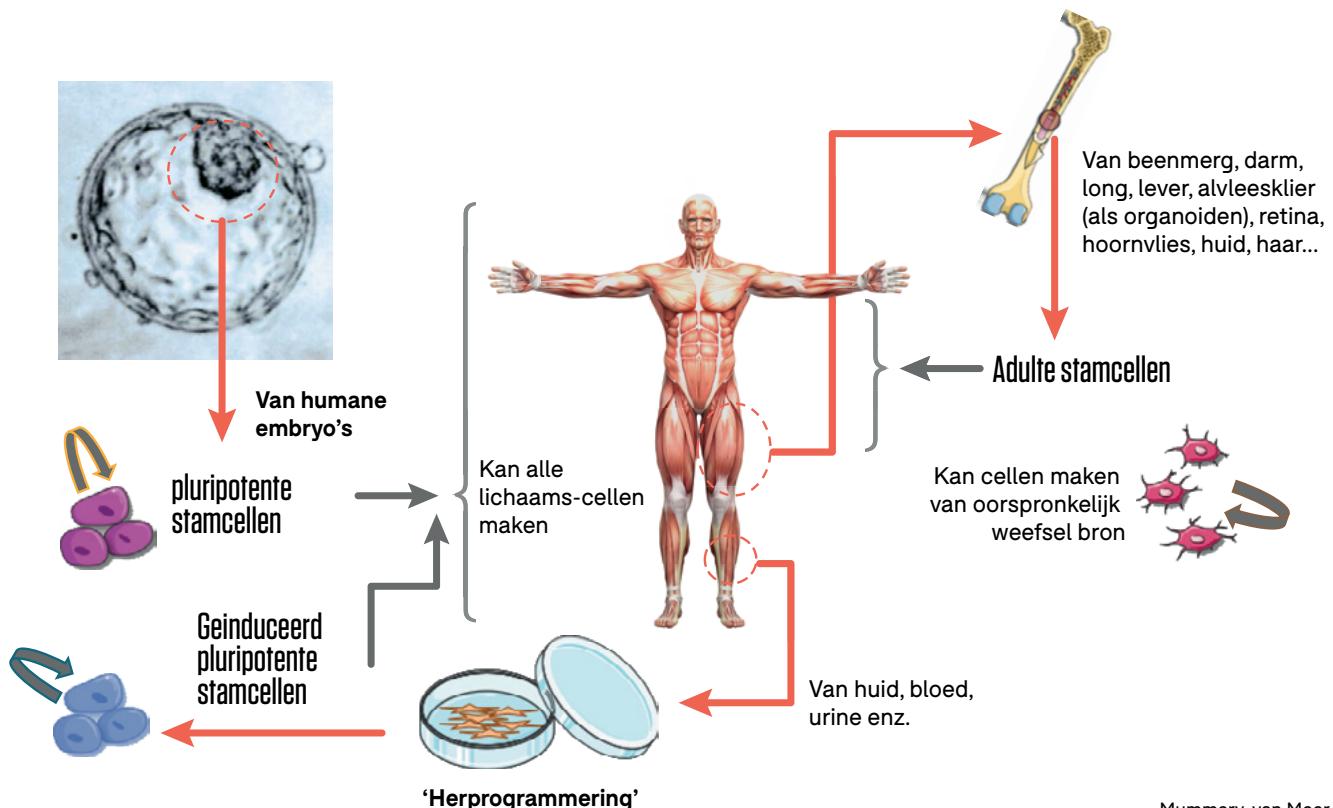
patiënt- en personeelsbelasting, verkorting van behandelingsduur en 'real-time' beschikbaarheid van cruciale imaging informatie. In de komende vier jaar dient geïnvesteerd te worden in zowel 's werelds krachtigste *in vivo* beeldvormingssysteem (14T MRI), nodig voor de nauwkeurige bestudering van de functionele en metabole activiteit van cel/orgaan-systemen in gezondheid, ziekte en als gevolg van medicatie, als in de opzet van een nationale stamcelinfrastructuur met de juiste micro-omgeving om individu-specifieke modelsystemen op te zetten; deze investeringen slaan zo een brug tussen PIGI en AT&MS.

## Internationaal

De urgentie van medische wetenschap is groot: de kosten van bijvoorbeeld medicijngebruik bedragen wereldwijd duizend miljard euro. Slechts een minderheid van de patiënten heeft baat bij de behandeling met medicijnen, de meerderheid niet maar ondervindt wel vaak bijwerkingen. Een internationaal leidende infrastructuur is noodzakelijk willen we grip krijgen op deze verschillen per patiënt en om de voorsprong van Nederland op het gebied van humane ziektemodellen, stamceltechnologie en beeldvormings-technieken te behouden ten opzichte van samenwerkingspartners wereldwijd (zoals EUROBIOIMAGING, ELIXIR, EATRIS, BBMRI-ERIC). Dat kan alleen door bundeling van krachten van de voorgestelde GWI's voor deze gebieden: zo staat fundamenteel wetenschappelijk onderzoek aan de basis van de ontwikkeling van betere behandelingen met als ultiem doel: de juiste therapie voor elk individu.

# HUMANE STAMCELLEN:

## Waar komen ze vandaan? Wat kan je ermee doen?



Mummery, van Meer

## 5.4

# Gefedereerde Nederlandse Cohortinfrastructuur

### Gefedereerde Nederlandse Cohortinfrastructuur

Acroniem GWI	Naam	Penvoerder
EPIC-NL	EPIC-NL	UMCU
NTR	Netherlands Twin Register	VUA
anDREa	accessible network Digital Research Environment alliance	EMC, UMCU, RUMC
DIAS	Data and AI Systems Lab	TUD
NIFER	National Infrastructure for Exposome Research	UU
Health-RI	Health Research Infrastructure	NFU
HELIUS	Healthy life in an urban setting	AMC
ERGO	Erasmus Rotterdam Gezondheid Onderzoek (Rotterdam Study)	E MC
Health-RI	PHT	MU
	NCC	MUMC+
	EATRIS.nl	NKI
	BBMRI.nl	UMCU
	CCRDBC	UMCU
	MFE	VUA
	ELIXIR-NL	VUA
	EBRAINS-NL	UvA
	EBRAINS NETHERLANDS	

### Wetenschappelijke vraagstukken, uitdagingen en prioriteiten

Nederland kent een rijke traditie wat betreft de opzet van hoogwaardige populatie- en patiënten cohorten. Deze cohorten leveren unieke, diepgaande, real-world gegevens over het gehele gezondheidsspectrum en vormen een fantastische bron voor doorbraken in de gezondheidswetenschappen. Dit wetenschapsgebied levert de gegevens en de methodologie om inzicht in de gezondheid en veerkracht van mensen te krijgen, en om factoren te identificeren die een rol spelen bij gezondheid en ziekte. Het faciliteert de vroegtijdige opsporing van ziektes en het identificeren van predictieve en prognostische factoren. Deze kennis vormt de basis voor bevordering van een gezonde leefstijl en individueel afgestemde behandelingen, gericht op een vitaal en gezond leven voor iedereen. Het biedt ook een platform voor het opzetten van adaptieve klinische studies en snelle invoering van innovatief onderzoek, zoals bij acute gezondheidsrisico's (zie kader).

Investeringen zijn nodig: die zorgen voor behoud van de Nederlandse leidende positie op dit wetenschapsgebied én faciliteren de uitvoering en versnelling van nieuw baanbrekend onderzoek. Specifiek streven we naar het opzetten van een Gefedereerde Nederlandse Cohortinfrastructuur die hoogwaardige gegevensbestanden over gezondheid en methodes voor gegevensanalyse en modelleringsinstrumenten toegankelijk maakt en onderhoudt. Deze infrastructuur zal de bronnen van verschillende initiatieven en instellingen bundelen, en een breed scala aan gegevens omvatten, van genetica, -omics, beeldvorming, fysiologie en klinische gegevens tot gegevens van de leefomgeving en real-time gezondheidsgegevens die burgers en patiënten zelf verzamelen,

onder andere met wearables. Daarmee faciliteert de infrastructuur het onderzoek naar het complexe verband tussen gezondheidstoestand en ziekte enerzijds, en genetische factoren en een breed scala aan leefstijlfactoren (bijvoorbeeld voeding, lichaamsbeweging) en omgevingsfactoren anderzijds. In de corona pandemie is wel gebleken dat zo'n infrastructuur noodzakelijk is en wat die kan opleveren, zowel wetenschappelijk als sociaaleconomisch. De Gefedereerde Nederlandse Cohortinfrastructuur zal zo worden opgezet dat deze optimaal kan profiteren van de kracht van artificiële intelligentie (AI) en multifactoriële modellering en simulatie. Deze technieken spelen in de levenswetenschappen een belangrijke rol omdat ze complexe verbanden tussen grote hoeveelheden hoog dimensionale gezondheidsgegevens kunnen modelleren.

Voor de opzet van de Gefedereerde Nederlandse Cohortinfrastructuur zijn twee typen investeringen nodig:

- **Infrastructurele ondersteuning van bestaande cohorten en nieuwe gegevensverzamelingen.** De kracht van het Nederlandse cohort landschap ligt in de diversiteit. Deze verbinden en verrijken met additionele gegevensbronnen leidt tot een rijke, diverse set data met uiteenlopende demografische achtergronden, diepgaande fenotype-informatie over specifieke ziektebeelden, en variatie in de follow-up-tijd. Door deze diversiteit kan een Gefedereerde Nederlandse Cohortinfrastructuur vragen over het gehele gezondheidspectrum beantwoorden. Er zijn investeringen nodig om de levensduur van deze collecties te waarborgen, en daarmee de kwaliteit en rijkdom van de gegevens die toegankelijk zijn via de Gefedereerde Nederlandse Cohortinfrastructuur. Voortdurende verzameling en verrijking van cohortgegevens met relevante collecties van gegevens is essentieel om de cohortinfrastructuur up-to-date en relevant te houden. Er is nationale coördinatie nodig om de prioriteiten te bepalen voor deze verrijking. Daarvoor zal ondersteund door Health-RI een nationale cohort-/registerinfrastructuur worden opgezet. Transparante communicatie over hoe, door wie en voor welke doeleinden gegevens worden gebruikt, zal het vertrouwen waarborgen van de partijen die gegevens delen (burgers, patiënten).
- **FAIRificatie & data integratie.** Er bestaat grote pluriformiteit in het Nederlandse populatie- en klinische cohortonderzoek. Er is dan ook grote wetenschappelijke belangstelling voor de combinatie van gegevens uit onafhankelijke cohorten. Dit is een uitdaging vanwege de heterogeniteit van de verzamelde gegevens, de ontologieën en de gegevenscatalogisering. Om tot een Gefedereerde Nederlandse Cohortinfrastructuur te komen, is gegevensbeheer nodig waarmee de gegevens vindbaar, toegankelijk, interoperabel en herbruikbaar zijn, oftewel: FAIR (findable, accessible, interoperable en reusable). Zo kunnen gegevens worden samengevoegd voor geïntegreerde analyse en koppeling aan andere databronnen. Daarvoor zijn afspraken nodig over o.a. ethische, wettelijke en sociale implicaties (ELSI), governance bij het delen van gegevens, infrastructuur-investeringen in data stewardship en gegevensbeheer aan de bron. Op deze laag van gefedereerde Nederlandse cohorten zullen we de ICT-infrastructuur bouwen die de gefedereerde toegang, gefedereerd leren (AI), modelleren en simuleren mogelijk maakt. Hiermee zijn we in staat om belangrijke, nieuwe gezondheidsvragen te beantwoorden. Voor de organisatie van dit onderdeel van de Gefedereerde Nederlandse Cohortinfrastructuur zal worden samengewerkt en afgestemd met Health-RI, dat op dit gebied reeds coördinatie op nationaal niveau tot stand heeft gebracht en middels een Groefondsinvestering de basis zal leggen van een gezondheidsdata infrastructuur specifiek gericht op het verdienvermogen van NL. De in het kader van GWI gevraagde infrastructurele investeringen zullen een ander accent leggen en zich concentreren op de benodigde functionaliteit voor het ondersteunen van innovatief onderzoek binnen de levenswetenschappen.

## GWI samenvatting

De Gefedereerde Nederlandse Cohortinfrastructuur overlegt en werkt samen met nationale organisaties zoals het ministerie van VWS, SURF en het eScience Center, en Europese onderzoeksinfrastructuren in de levenswetenschappen zoals BBMRI, ELIXIR, Euro-BioImaging, EATRIS, EBRAINS, en de European Health Data Space. Ook wordt de organisatie op één lijn gebracht met data-initiatieven in bijvoorbeeld de sociale en geesteswetenschappen, zoals ODISSEI en CLARIAH, en data verzamelingen van ziekenhuizen, bijvoorbeeld DICA, NKR/IKNL en PALGA.

Door te werken als een Gefedereerde Nederlandse Cohortinfrastructuur stellen we Nederlandse gezondheids- en levenswetenschappers niet alleen in staat om nieuwe vragen te adresseren, maar ook om nieuwe modellen en simulaties te implementeren. Dat kan door op een schaal te werken vergelijkbaar met andere grote nationale



# COVID-19

Door de plotselinge coronapandemie stond de wereldwijde wetenschappelijke gemeenschap voor een uitdagende taak: onderzoek doen naar alle risicofactoren voor de vatbaarheid voor de infectie, de ernst van het verloop en de lange-termijnevolgen van COVID-19. Met de hoogwaardige populatie- en patiënten-cohorten in Nederland kon er direct corona-onderzoek worden opgezet. De schat aan gegevens (waaronder genetische, -omics, klinische en exposoomgegevens) verzameld gedurende tientallen jaren binnen individuele cohorten, maakte een vroegtijdige identificatie mogelijk van risicofactoren voor vatbaarheid voor SARS-CoV-2-infectie, de ernst van het ziekteverloop, behandelmogelijkheden, en de gezondheidseffecten van COVID-19 op lange termijn. Was er een Gefedereerde Nederlandse Cohort-infrastructuur beschikbaar geweest, dan hadden we door de kracht van de gecombineerde gegevens veel aanvullende vragen kunnen beantwoorden, was dubbel werk vermeden, met de potentie om risicofactoren voor een ernstig ziekteverloop van COVID-19 in een zeer vroeg stadium te ontdekken en in een zo vroeg mogelijk stadium individueel afgestemde behandelingsopties te kunnen bieden. Dit had betere resultaten opgeleverd, met minder verstrekende gevolgen voor de samenleving in vergelijking met de huidige situatie.

initiatieven. Waar elders is gekozen voor één nationale bron (FinnGen, het Duitse nationale cohort NAKO, de UK Biobank) kiest De Gefedereerde Nederlandse Cohortinfrastructuur voor flexibiliteit: door heterogeniteit in de bijdragende cohorten toe te staan kunnen specifieke vragen in specifieke populaties worden beantwoord. Daarbij wordt evenwel gestreefd naar het hoogst mogelijke standaardisatie niveau van gegevensverzamelingen en interoperabiliteit.

## GWI plannen en prioriteiten

De GWI Health Groep voorziet de komende jaren GWI-plannen die gezamenlijk de visie van een rijke, gefedereerde Nederlandse cohort-infrastructuur realiseren, waarmee vernieuwend onderzoek mogelijk is. Deze plannen zullen verschillende componenten bevatten, zoals in bijgesloten figuur weergeven: Investeringen zullen worden gedaan om (i) datacollecties te verbreden door verbinding met bestaande collecties en data-initiatieven te realiseren, (ii) met nieuwe data-acquisitie datacollecties te verdiepen, en (iii) prospectieve (longitudinale) datacollecties op te zetten en te onderhouden. Verder zal worden geïnvesteerd in (iv) harmonisering en interoperabiliteit, om de rijke, longitudinale datacollecties te koppelen en ontsluiten en (v) een infrastructuur die geavanceerde analyses op de data, inclusief AI toepassingen en modellering op de rijke dataset faciliteert. Deze vijf GWI componenten staan in de GWI-plannen in de bijlage in meer detail uitgewerkt.



## HOOFDSTUK 6

# Domein Sociale & Geesteswetenschappen

Binnen dit Domein heeft de PC-GWI één Groep gedefinieerd met inhoudelijke, thematische of technische raakvlakken.

6.1

Groep Sociale- & Geesteswetenschappen

## 6.1

# Groep Sociale & Geesteswetenschappen

**De SGW Macroscoop – een gezamenlijke infrastructuur voor de sociale en geesteswetenschappen voor de bestudering van verandering, crises en verdeeldheid**

Acroniem GWI	Beschrijving	Penvoerder
	Thema: <b>Materieel erfgoed</b>	
E-RIHS NL	Research Infrastructure for Heritage Science in The Netherlands	Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed
NICAS	Netherlands Institute for Conservation+Art+Science+	UvA
	Thema: <b>Taal, spraak en beeld</b>	
CLARIAH	Common Lab Research Infrastructure for the Arts and Humanities	Huygens ING
IISG	International Institute of Social History Collections	IISG
Delpher	Delpher, gedigitaliseerde teksten uit Nederlandse kranten	Koninklijke Bibliotheek
DIR	Digitale infrastructuur rijksarchieven	National Archives of the Netherlands
EHRI	European Holocaust Research Infrastructure	NIOD
	Thema: <b>Surveys, cohorten, registerdata</b>	
ODISSEI	Open Data Infrastructure for Social Science and Economic Innovations	EUR
MIDAS	Microdata Services	CBS
LISS	LISS panel: Langlopende Internet Studies voor de Socialewetenschappen	CentERdata / Tilburg University
ESSNeth	European Social Survey in the Netherlands	NIDI-KNAW
GGP	Generations and Gender Programme	NIDI-KNAW
NKO	Nationaal Kiezersonderzoek	SKON
EVS	European Values Study	Tilburg University
	Thema: <b>Data- en archiefdiensten</b>	
DANS	Data Archiving and Networking Services	DANS-KNAW

## Wetenschappelijke vraagstukken, uitdagingen en prioriteiten

Samenlevingen hebben te maken met voortdurende uitdagingen: transformaties, crises en scheidslijnen, die onzekerheid met zich meebrengen. Menselijke gedragingen en de gevolgen daarvan zijn uiterst complex, ze hebben ingewikkelde invloeden op de manier waarop cultuur ontstaat en wordt gedeeld, en op de structuur en organisatie van de samenleving. Om meer te weten komen over de mechanismen die aan deze processen ten grondslag liggen, is een geïntegreerde, interoperabele onderzoeksinfrastructuur nodig die het mogelijk maakt de ontwikkeling van deze processen in de tijd, hun onderlinge verbanden en hun verschijningsvormen tegelijkertijd te bestuderen.



De sociale en geesteswetenschappen plaatsen ontwikkelingen uit het verleden in de juiste context om hedendaagse maatschappelijke en culturele structuren en uitdagingen te begrijpen en om toekomstige tendensen te signaleren. De voorgestelde infrastructuur biedt ruime mogelijkheden om het onderzoekspotentieel in het domein, zoals beschreven in de verschillende sectorplannen, te verrijken.

Belangrijke onderzoeks vragen zijn:

- 1 Hoe ontstaat en verandert culturele identiteit, zowel op individueel als op groepsniveau? Welke rol hebben verschillende vormen van materieel en immaterieel cultureel erfgoed in dit proces? Hoe zijn dominante culturele identiteiten verankerd in gedeelde symbolen en het historische geheugen, en hoe worden deze identiteiten actief op de proef gesteld en aangepast in het licht van veranderende historische en sociale omstandigheden?
- 2 Hoe kruisen en versterken verschillende ongelijkheden elkaar, zodat er parallelle werelden binnen één samenleving ontstaan? Welke geïntegreerde en interdisciplinaire interventies kunnen helpen om deze rimpel- en echo-effecten te verminderen, zodat er een meer inclusieve en veerkrachtige samenleving ontstaat?
- 3 Hoe kan het effect van de digitale revolutie goed worden beoordeeld? Hoe kunnen de vele problematische aspecten van deze revolutie goed met elkaar in overeenstemming worden gebracht? Hierbij valt bijvoorbeeld te denken aan schaal (informatie-overload), betrouwbaarheid (nepnieuws), de groeiende digitale kloof en de veranderende relatie en dialoog tussen echt en materieel versus digitaal.
- 4 Hoe kunnen betere koppelingen en syntheses tot stand worden gebracht van perspectieven en gegevens op het niveau van individuen, groepen en samenlevingen? Hoe worden individuen wijs uit grootschalige maatschappelijke en culturele transformaties op de lange termijn, en hoe vertaalt zich dat in keuzes, gedrag, creativiteit en samenwerking? Hoe worden de levenskeuzes van mensen geïntegreerd in structuren en sociale gebruiken op grotere schaal?

## GWI-plannen van nationaal belang

De bestaande infrastructuren en GWI-plannen voor het Domein van de Sociale & Geesteswetenschappen vallen binnen het overkoepelende concept van de ‘macroscop’: een apparaat om het oneindig complexe te bestuderen. De macroscop kan uitzoomen tot op het niveau van populaties en culturele systemen, en kan inzoomen tot op het niveau van individuele onderdelen. Analyses kunnen veranderingen en trends op de lange termijn in kaart brengen, en ze kunnen (in real-time) maatschappelijke ontwikkelingen volgen aan de hand van verschillende soorten gegevens: van de gebouwde omgeving en fysieke artefacten tot de digitale sporen van menselijk gedrag.

De volgende vijf onderdelen bepalen de werking van deze macroscoop.

- 1 Het ‘diafragma’ van de macroscoop maakt de interoperabiliteit eenvoudiger. De onderzoekers kunnen ermee schakelen tussen gegevens en informatie uit de verschillende delen van de macroscoop, en kunnen deze integreren. Verder kunnen ze ermee in- en uitzoomen. De integratie van uiteen-lopende gegevens over menselijk gedrag, cultuur, creativiteit en communicatie zal innovatieve kennisknooppunten opleveren en een meer diverse historische en materiële context bieden om de maatschappelijke en culturele mechanismen in menselijk gedrag te bestuderen.
- 2 De ‘ruimtelijke lens’ integreert krachtig beveiligde geografische informatie, die een essentiële rol speelt in multidisciplinaire onderzoeken over een breed scala aan maatschappelijk en cultureel relevante onderwerpen. Een ruimtelijke lens maakt het makkelijker om vragen te beantwoorden over de mate van mobiliteit en over lokale en regionale variaties in de gegevens, en om resultaten beter te visualiseren.
- 3 De ‘historische lens’ integreert de enorme hoeveelheden versnipperde historische gegevens die in afzonderlijke archieven en collecties worden bewaard in een onderling gekoppelde open-datacloud. Zo krijgen onderzoekers veel eenvoudiger toegang tot informatie en macro-onderzoek naar vroegere patronen, structuren en tendensen en de representaties daarvan in de hedendaagse samenleving.
- 4 De ‘taallens’ is een suite van nieuwe software voor automatische tekstverwerking, informatie-extractie en spraakverwerking. Dit verschafft toegang tot nog onontgonnen en rijke variëteiten van taal- en spraakgegevens, in meerdere talen en taalvariëteiten, over elk onderwerp en in elk domein, als input voor nieuw onderzoek waarvan uitvoering op menselijke schaal voorheen onmogelijk was.
- 5 De ‘medialens’ is een overkoepelend, interoperabel kader ter ondersteuning en integratie van bestaande media- en communicatie-infrastructuren. De medialens zou een brug slaan tussen media-analyse en enquête- en administratieve gegevensinfrastructuren in beveiligde onderzoeksomgevingen.

## GWI samenhang

Binnen het domein is gedurende de vorige Roadmap-periode al een belangrijke clustering gecreëerd binnen de twee elkaar aanvullende infrastructuren ODISSEI en CLARIAH, die al financiering ontvangen van de Roadmap. Samenwerking tussen beide is in gang gezet. In de komende jaren zal ingezet worden op verdere coördinatie met de nieuwe GWI's EHRI en ERIHS.

Onderzoek met de nadruk op de effecten van menselijk gedrag en cultuur noodzaakt samenwerking met de Groepen in de Levens- & Medische Wetenschappen. Ook op het gebied van privacy en ethische aspecten zal samenwerking met andere Groepen plaatsvinden. NICAS en E-RIHS zijn gericht op materiaalanalyse van cultureel erfgoed en onderzoeken mogelijkheden voor verbinding met de Groep Materials.

## Internationaal en de middellange termijn

Onderdelen voor de SSH-macroscoop worden momenteel in Nederland gebouwd door CLARIAH en ODISSEI, ten dele via hun lidmaatschap van grotere Europese infrastructuren: de ESFRI-initiatieven en ERIC's CLARIN, Dariah, EHRI, E-RIHS, CESSDA, SHARE en ESS. De komende vijf jaar vormen een kritische periode om een operationele macroscoop te bouwen voor alle sociale en geesteswetenschappen. Daarvoor is een investering nodig in de vijf pilaren die de kernfuncties vertegenwoordigen van een next-generation, flexibele en hoog-waardige infrastructuur:

- 1 **COMPUTE:** ontwikkeling van veilige, schaalbare en hoogwaardige computing-diensten.
- 2 **DATA:** investering in de volgende generatie van dataverzamelingstechnologieën en -methodologieën die noodzakelijk zijn voor kwaliteitsverbetering en kostenreductie, gegeven de enorme volumes aan data die in onze digitale samenleving en in onze cultuur worden gegenereerd.
- 3 **FAIR:** implementatie van de FAIR principes en de constructie van machine-actionable data-depots en de automatisering van specifieke werkstromen.
- 4 **TOOLS:** ontwikkelen van tools en software voor het digitaliseren, annoteren, en analyseren van onderzoeksdata; het ontwikkelen van standaarden en het creëren van een omgeving waarin de gerelateerde expertises samenkommen en elkaar inspireren.
- 5 **TRAIN:** opleiden van huidige en toekomstige onderzoekers zodat ze beschikken over de noodzakelijk vaardigheden, expertise en kennis om gebruik te maken van deze complexe infrastructuur en deze verder te ontwikkelen.

# Financieringsinstrumenten voor de ontwikkeling van GWI's

Grootschalige wetenschappelijke infrastructuren worden in Nederland op verschillende wijze gefinancierd. Voor de ontwikkeling van nieuwe onderzoeksinfrastructuren of grote updates daarvan is er vaak impulsfinanciering nodig omdat de universiteiten en onderzoeksinstituten de kosten niet kunnen dekken uit hun basisfinanciering.

NWO kent daarvoor twee subsidie-instrumenten specifiek gericht op onderzoeksinfrastructuur. Daarnaast bieden ook andere NWO subsidie-instrumenten de mogelijkheid om een module onderzoeksinfrastructuur op te nemen. Ook zijn er verschillende Europese subsidiemogelijkheden.

7.1

Grootschalige Wetenschappelijke Infrastructuur – Nationale Roadmap consortia

7.2

Wetenschappelijke Infrastructuur – nationale consortia

7.3

Andere subsidie-instrumenten van NWO met een infrastructuurmodule

7.4

Europese financiering

## 7.1

# Grootschalige Wetenschappelijke Infrastructuur – Nationale Roadmap consortia

Via het financieringsinstrument “**Grootschalige Wetenschappelijke Infrastructuur – Nationale Roadmap consortia**” kunnen de Groepen op de Roadmap 2021 financiering aanvragen voor de realisatie van hun geprioriteerde GWI-plannen. In de looptijd van de Roadmap 2021 zullen twee calls for proposals worden opengesteld met een verwacht budget van elk 80 miljoen euro tot 100 miljoen euro. Zoals toegelicht in hoofdstuk drie wordt de in 2016 geïntroduceerde richtlijn voor de middel-enverdeling gehandhaafd: over de gehele Roadmap periode wordt circa 45% van de beschikbare middelen ingezet voor GWI binnen de Technische & Natuurwetenschappen, 45% voor GWI binnen de Levens- & Medische Wetenschappen en 10% voor GWI binnen de Sociale & Geesteswetenschappen. De PC-GWI zal per financieringsronde adviseren over de hantering van deze richtlijn.

Het financieringsinstrument beoogt, door toegang tot hoogwaardige GWI te realiseren voor de Nederlandse onderzoeksgemeenschap, grensverleggend wetenschappelijk onderzoek en innovatie te bevorderen in alle wetenschappelijke disciplines. De subsidie is bedoeld voor de ontwikkeling, aanschaf of bouw van nieuwe GWI of voor een dusdanige aanpassing (upgrade) van een bestaande GWI zodat hiermee nieuwe wetenschappelijke doorbraken kunnen worden bereikt. Aanvragen moeten bovendien van strategisch en nationaal belang zijn. Dit betekent dat het aanvragende consortium bestaat uit een brede groep relevante wetenschappers uit heel Nederland, en dat er sprake is van een deugdelijke governance structuur en een breed en transparant toegangsbeleid.

Aanvragen worden – om de instellingsprioriteiten en langjarig commitment te borgen – ingediend door de projectleider namens het hoogste bestuursorgaan van de betreffende instelling, organisatie of de beoogde penvoerder van een nationaal consortium. Consortia kunnen alleen namens de Groepen die onderdeel uitmaken van de Roadmap aanvragen indienen; de call staat niet open voor consortia die geen onderdeel uitmaken van de Groepen op de Roadmap. De call zal aangeven hoeveel aanvragen er per Groep mogen worden ingediend. De hoogte van de aan te vragen GWI-subsidie is tenminste tien miljoen euro. Naast deze NWO-subsidie leveren de instelling(en) verplicht een passende eigen bijdrage van ten minste 25% van de totale projectomvang. In navolging van vorige rondes kunnen kapitaalinvesteringen en een beperkt deel van de exploitatiekosten worden aangevraagd. Onderzoek uitgevoerd met de infrastructuur wordt niet gesubsidieerd. Kosten voor het duurzaam op lange termijn exploiteren van de GWI moeten het aanvragende consortium garanderen. Dit instrument geeft dus alleen een impulsfinanciering.

Meer informatie: [www.nwo.nl/onderzoeksprogrammas/nationale-roadmap-grootschalige-wetenschappelijke-infrastructuur](http://www.nwo.nl/onderzoeksprogrammas/nationale-roadmap-grootschalige-wetenschappelijke-infrastructuur)

## 7.2

# Wetenschappelijke Infrastructuur – Nationale consortia

NWO kent naast Roadmapfinanciering nog een wetenschapsbreed instrument speciaal gericht op onderzoeksinfrastructuren: **Wetenschappelijke Infrastructuur, nationale consortia** (voorheen NWO Investeringen Groot). Ook met dit instrument wil NWO de wetenschappelijke infrastructuur (WI) versterken ten bate van de Nederlandse onderzoeksgemeenschap bij kennisinstellingen. Het aan te vragen budget is beperkter dan het budget in het bij de Roadmap behorende subsidie-instrument. De hoogte van de aan te vragen WI subsidie is tenminste één miljoen euro voor investeringen binnen de sociale en geesteswetenschappen en ten minste anderhalf miljoen euro voor alle overige wetenschappen. Naast deze NWO-subsidie leveren de instelling(en) een eigen bijdrage (25%). Verder komen de kosten voor het duurzaam exploiteren van de WI toe aan de aanvragende instelling(en). Dit instrument geeft dus een impulsfinanciering die alleen de opzet van de WI mogelijk maakt.

Net als bij de Roadmap is de financiering niet bedoeld voor kosten van onderzoek en exploitatie. Aio's zijn daarom niet subsidiabel vanuit GWI- en WI-middelen. Personeel (zoals technici en postdocs) voor de opzet van de WI zijn wel subsidiabel. Doel is echter de realisatie van een nationaal gedragen WI. Dit betekent dat een brede groep relevante wetenschappers uit heel Nederland in een vroeg stadium (bij het schrijven van de aanvraag) betrokken wordt, dat die een relevante rol in de governance krijgt, en er een breed en transparant toegangsbeleid moet worden gevoerd.

Meer informatie: [www.nwo.nl/onderzoeksprogrammas/investeringen-nwo-groot](http://www.nwo.nl/onderzoeksprogrammas/investeringen-nwo-groot)



## 7.3

# Andere subsidie-instrumenten van NWO met een infrastructuurmodule

- **Zwaartekracht.** Dit programma is primair gericht op onderzoek. Naast de bekostiging van onderzoekers biedt dit instrument ook ruimte voor de benodigde infrastructuur (maximaal 25% van het totaal aangevraagde bedrag). De gemiddelde omvang van Zwaartekracht-aanvragen is 17 à 20 miljoen euro.

Meer informatie: [www.nwo.nl/onderzoeksprogrammas/zwaartekracht](http://www.nwo.nl/onderzoeksprogrammas/zwaartekracht)

- **Kennis en Innovatie Covenant Lange Termijn Programma's (KIC-LTP)** is gericht op structurele financiering voor duurzame samenwerking. NWO biedt sterke publiek-private consortia de mogelijkheid om subsidie aan te vragen voor een tienjarig programma. De KIC-LTP subsidieaanvragen hebben een omvang tussen de negen en vijfentwintig miljoen euro, waarmee NWO 30% van de kosten finanziert, en daarin mag maximaal anderhalf miljoen euro besteed worden aan infrastructuur. Daarnaast moeten private partijen en kennisinstellingen nog 70% bijdragen (private partijen minimaal 30% in cash, kennisinstellingen minimaal 10% in kind/in cash, het resterende bedrag kunnen kennisinstelling, private partijen of publieke partijen in cash of in kind bijdragen).

Meer informatie: [www.nwo.nl/onderzoeksprogrammas/kennis-en-innovatieconvenant-kic/lange-termijn-programmas-kic-2020-2023](http://www.nwo.nl/onderzoeksprogrammas/kennis-en-innovatieconvenant-kic/lange-termijn-programmas-kic-2020-2023)

- Daarnaast zijn er bij specifieke NWO-domeinen en andere NWO-financieringslijnen calls (niet wetenschapsbreed maar gericht op specifieke thema's en/of disciplines) die als onderdeel van een aanvraag ruimte bieden voor WI. In dat geval bevat zo'n call de Module Investeringen (150.000 – 500.000 euro) als onderdeel van de aanvraagbegroting. Voorbeelden van calls van specifieke NWO-domeinen zijn de Open Competitie ENW – M (M-invest), Perspectief (TTW) en Open Competitie (SGW). Daarnaast zijn er calls in de financieringslijnen Nationale Wetenschapsagenda (NWA) en het Kennis- en Innovatieconvenant (KIC) met deze module.

Zie de NWO-website en de integrale call-planning voor meer informatie.



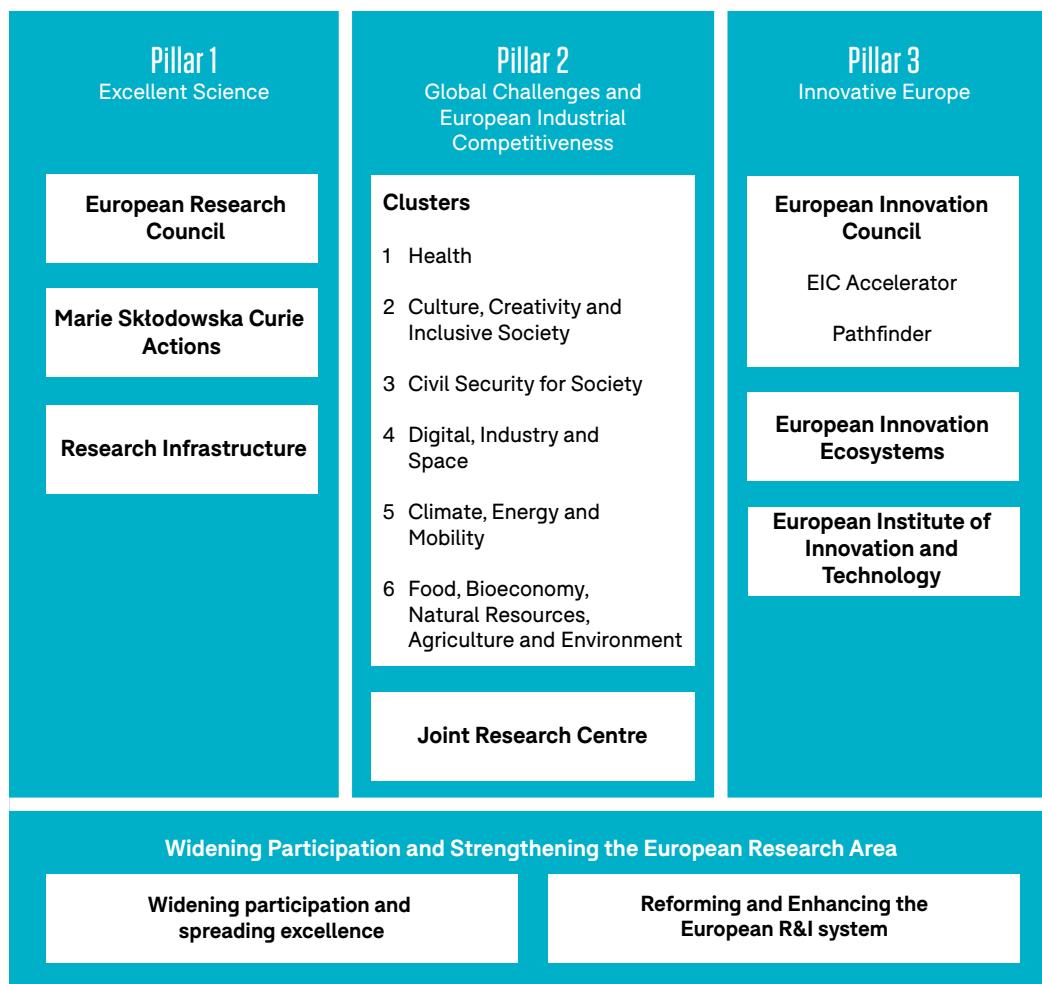
## 7.4 Europese financiering

Een behoorlijk deel van de GWI's is op een of andere wijze verbonden aan een internationaal netwerk. Voor deze internationale infrastructuurconsortia biedt de Europese Commissie aan aantal financieringsmogelijkheden. De eerste pijler van het Horizon Europe Programma heeft als titel 'Excellent Science'. Deze pijler wil de wetenschap in Europa op topniveau houden of brengen. Daarnaast dragen de acties uit deze pijler bij om van Europa een aantrekkelijke locatie te maken voor 's werelds beste onderzoekers. Europa wil onderzoekstalent aantrekken, ontwikkelen en toegang bieden tot de beste onderzoeksinfrastructuren.

De pijler Excellent Science bestaat uit drie onderdelen:

- **European Research Council (ERC)** voor excellent baanbrekend onderzoek;
- **Marie Skłodowska Curie acties** voor bevordering van de training en internationale mobiliteit van onderzoekers;
- **Onderzoeksinfrastructuren** voor versterking van de kwaliteit en toegankelijkheid van onderzoeksinfrastructuren.

Meer informatie over de Horizon Europe subsidiemogelijkheden op <https://english.rvo.nl/subsidies-programmes/horizon-europe-research-and-innovation/horizon-europe-research-infrastructures>.





# Bijlagen

1

Definitie Grootschalige Wetenschappelijke Infrastructuur (GWI)

2

Samenstelling PC-GWI en Terms of Reference

3

Korte beschrijvingen per Domein en Groep van de GWI-plannen van strategische en nationaal wetenschappelijk belang

4

Roadmap 2016: 17 clusters van GWI's en 16 individuele GWI's

5

Korte beschrijvingen gehonoreerde Roadmap-projecten 2018 en 2020

6

Lijst van Nederlandse GWI's met een link naar een ESFRI Roadmap consortium

7

Verantwoording illustraties

## BIJLAGE 1

# Definitie Grootschalige Wetenschappelijke Infrastructuur (GWI)

Grootschalige wetenschappelijke infrastructuren zijn faciliteiten, hulpbronnen en diensten waarvan de onderzoeksgemeenschap gebruik maakt om op hun gebied wetenschappelijk onderzoek te verrichten en innovatie te bevorderen. Waar relevant kan de infrastructuur ook voor andere dan wetenschappelijke onderzoeksdoelen worden aangewend, bijvoorbeeld voor onderwijs of voor openbare dienstverlening.

Het betreft onder meer belangrijke wetenschappelijke apparatuur of verzamelingen van instrumenten; op kennis gebaseerde hulpbronnen zoals verzamelingen, archieven, collecties of wetenschappelijke gegevens; e-infrastructuren zoals (gekoppelde) databestanden, en computersystemen en communicatienetwerken; en elke andere unieke infrastructuur die van wezenlijk belang is om excellentie in onderzoek en innovatie te bereiken. Het kan daarbij gaan om infrastructuren die zich op één locatie bevinden, of virtuele dan wel gedistribueerde infrastructuren (in Nederland of daarbuiten).

Een infrastructuur moet een beleid van vrije toegang voeren voor onderzoek; dat wil zeggen dat een infrastructuur toegang moet bieden voor onderzoekers van buiten de hosting organisatie(s). Hierbij wordt het spectrum van fundamenteel tot toegepast onderzoek bedoeld. Voor gedistribueerde wetenschappelijke infrastructuren geldt dat:

- Zij één centraal toegangspunt bieden voor onderzoekers van externe organisaties, ook al is de infrastructuur verspreid over meerdere locaties;
- Zij beschikken over één management board die verantwoordelijk is voor de gehele infrastructuur;
- Zij beschikken over een juridische structuur.

De omvang van de infrastructuur, in termen van de totale kapitaalinvesteringen<sup>10</sup> en de exploitatiekosten gedurende vijf jaar, bedraagt minimaal tien miljoen euro. Het betreft hier de kosten exclusief kosten voor de huisvesting van de faciliteit. De exploitatiekosten hebben uitsluitend betrekking op de kosten nodig voor het toegankelijk maken van de faciliteit. Het betreft dus niet de kosten voor het onderzoeksprogramma.

10

Kapitaalinvesteringen zijn de voor de ontwikkeling, aanschaf/bouw van de beoogde infrastructuur, ofwel de kosten voor een dusdanige aanpassing van een bestaande infrastructuur dat hiermee wetenschappelijke doorbraken kunnen worden bereikt.

## BIJLAGE 2

# Samenstelling Permanente Commissie Grootschalige Wetenschappelijke Infrastructuur (PC-GWI) en Terms of Reference

### Voorzitter



**Hans van Duijn** (1950) is Rector Magnificus Emeritus van de Technische Universiteit Eindhoven (TU/e). Hij bekleedde deze functie van april 2005 tot april 2015. Verder is hij als hoogleraar verbonden aan de TU/e en de Universiteit Utrecht. Hij is voorzitter van de Sectorplancommissie Bèta en Techniek, lid Raad van Toezicht van de Erasmus Universiteit Rotterdam, en voorzitter bestuur J.M. Burgers Centrum voor stromingsleer. Hij studeerde Technische Natuurkunde aan de toenmalige Technische Hogeschool Eindhoven en promoveerde in 1979 in de wiskunde aan de Universiteit Leiden. Hij werkte onder meer aan de Technische Universiteit Delft (TUD) als universitair (hoofd)docent en later als deeltijd hoogleraar in combinatie met een positie bij het Centrum voor Wiskunde en Informatica te Amsterdam. In 2000 werd hij benoemd tot hoogleraar Toegepaste Analyse aan de TU/e. In 1996 ontving hij de Leermeesterprijs van de TUD en in 1998 de Max Planck Award van de Duitse overheid.

### Commissieleden

#### Alfa/Gamma



**Ans van Kemenade** (1954) is sinds 1999 hoogleraar Engelse taalkunde aan de Radboud Universiteit Nijmegen. Ze studeerde Engels en promoveerde in 1987 in de Letteren aan de Universiteit Utrecht. Ze doet onderzoek naar grammaticale variatie en historische veranderingen binnen de West-Germaanse talen, met name het Engels en het Nederlands, en heeft mede aan de wieg gestaan van een aantal dataverzamelingen en infrastructuren op dit terrein. Ze was onderzoeksdirecteur en vice-decaan onderzoek in de Faculteit der Letteren aan de Radboud Universiteit. Van 2008-2014 was zij lid van het Gebiedsbestuur Geesteswetenschappen bij NWO, waar ze verantwoordelijk was voor de portefeuille infrastructuur. Ze is lid van de Academia Europaea.



**Kees Aarts** (1959) is sinds 2016 hoogleraar Politieke Instituties en Gedrag aan de Rijksuniversiteit Groningen en decaan van de Faculteit Gedrags- en Maatschappijwetenschappen. Daarvoor was hij als hoogleraar Politicologie verbonden aan de Universiteit Twente. Zijn belangstelling gaat uit naar de werking van democratie, verkiezingen en electoraal gedrag, en naar data en onderzoeksmethoden in de sociale wetenschappen. Hij was lange tijd nauw betrokken bij langlopende en internationaal gecoördineerde projecten zoals het Nationaal Kiezersonderzoek en de European Social Survey. Aarts is lid van de KNAW.

## Medisch/Leven



**Roland Kanaar** (1961) is hoogleraar Moleculaire Genetica en hoofd van de afdeling Moleculaire genetica aan het Erasmus Universitair Medisch Centrum. Zijn onderzoek richt zich op de moleculaire mechanismen en biologische en fysiologische relevantie van de DNA-schade respons. Zijn werk integreert interdisciplinaire benaderingen van moleculen tot kankerpatiënten. Zijn onderzoeksgroep maakt gebruik van fundamentele inzichten in de manier waarop de reactie op DNA-schade respons werkt en hoe deze kan worden gemanipuleerd om nieuwe kankerbehandelingen te ontwerpen en te onderzoeken. In 2002 werd hij verkozen tot lid van de European Molecular Biology Organisation (EMBO) en in 2013 werd hij verkozen tot de KNAW. In 2020 won zijn onderzoeksteam de 'Ammodo Science Award for groundbreaking research' in de natuurwetenschappen.



**Peter R. Luijten** (1954) is hoogleraar functionele medische beeldvorming aan het Universitair Medisch Centrum Utrecht en voorzitter van de divisie Beeld en oncologie. Hij studeerde fysische en theoretische scheikunde in Amsterdam. Na zijn promotie (1984, Amsterdam en San Diego) werd hij onderzoekswetenschapper bij Philips, waar hij betrokken was bij de ontwikkeling van MRI-systemen. Van 2000 tot 2005 werkte hij in de VS aan de opzet van publiek-private samenwerkingsverbanden met een groot aantal vooraanstaande academische medische centra. In 2007 werd hij benoemd tot Chief Scientific Officer van het Centre for Translational Molecular Medicine, een functie die hij samen met zijn academische benoeming aan de Universiteit van Utrecht bekleedde. Hij was lid van de raad van bestuur van de International Society of Magnetic Resonance in Medicine en ontving in 2002 de European Magnetic Resonance Award.



**Annemarie van Wezel** (1968) is hoogleraar Milieu-ecologie aan de Universiteit van Amsterdam en wetenschappelijk directeur van het Instituut voor Biodiversiteit en Ecosysteemdynamica (IBED). Van Wezel doet onderzoek naar milieukwaliteit en risicobeoordeling van synthetische stoffen, en manieren om deze risico's te voorkomen. Zij heeft bijzondere interesse in de doorvertaling van wetenschap naar beleid en maatschappij. Van Wezel is ook lid van de Gezondheidsraad en het College ter beoordeling van gewasbeschermingsmiddelen en biociden (CTGB).

## Bèta/Techniek



**Frank Linde** (1958) is hoogleraar experimentele hoge-energiefysica – elementaire deeltjesfysica – aan de Universiteit van Amsterdam. Hij heeft gewerkt aan experimenten bij grote deeltjesversnellers zoals LEP (Z- en W-deeltjes) en de LHC (ontdekking Higgs deeltje) van het CERN bij Genève. Van 2004-2014 was hij directeur van het Nationaal Instituut voor Subatomaire Fysica (Nikhef). In 2015-2016 was hij voorzitter van APPEC (Astroparticle Physics European Consortium). Sinds 2017 leidt hij onderzoek naar zwaartekrachtgolven bij Nikhef. Linde heeft uitgebreide praktische en bestuurlijke ervaring met grote wetenschappelijke infrastructuren.



**Ewine van Dishoeck** (1955) is hoogleraar astronomie aan de Universiteit Leiden. Haar specialisatie is de moleculaire astrofysica, met name de chemische processen die plaatsvinden in wolken waarin nieuwe sterren en planeten geboren worden. Zij is nauw betrokken geweest bij de totstandkoming van verschillende grote telescopen in de ruimte en op aarde. Van Dishoeck was voorzitter van de KNAW-commissie grote infrastructuur (2016 rapport). Daarnaast is zij lid van de KNAW en buitenlands lid van de Amerikaanse, Duitse, Noorse en Russische academies van wetenschappen. Van Dishoeck ontving de NWO-Spinopremie, de Prijs Akademiehoogleraren en de 2018 Kavli Prize for Astrophysics.

## Technische en toegepaste wetenschappen



**Gerard Beenker** (1954) was tot juni 2014 wetenschappelijk directeur van NXP Semiconductors. Tot april 2018 was hij vervolgens verbonden aan de Technische Universiteit Eindhoven (TU/e) als adviseur voor strategische partnerschappen op het gebied van de ontwikkeling van Hightech-systemen. Sindsdien is hij met pensioen. Beenker is actief geweest in verschillende commissies en besturen: hij was onder meer de roadmaptrekker voor Components and Circuits in de topsector High Tech (HTSM), lid van de technologie- en innovatiecommissie van de werkgeversorganisatie VNO-NCW, voorzitter van de Wetenschappelijke Adviesraad van KWR en lid van de bestuursraad van STW.

Speciale dank aan John Schmitz voor zijn aanvullende inzet en waardevolle bijdragen.



**John Schmitz** (1954) studeerde scheikunde aan de Radboud Universiteit in Nijmegen waar hij in 1984 promoveerde. Hij heeft ruim 30 jaar ervaring in de halfgeleiderindustrie in bedrijven zoals Philips, Genus Inc, SEMATECH en NXP. Schmitz heeft ruim 50 publicaties in peer-reviewed journals en bijdragen op internationale conferenties, heeft zes patenten op zijn naam staan en heeft boeken gepubliceerd in de halfgeleidertechnologie en een populair wetenschappelijk werk over thermodynamica. Van 2017 tot 2020 was hij decaan van de faculteit Elektrotechniek, Wiskunde en Informatica TUD. Schmitz is lid geweest van de Technologie en Innovatie Commissie van VNO-NCW, de Raad van Toezicht van MESA+, de National Science Foundation, de wetenschappelijke adviesraad van IMEC en de Raad van Toezicht van het Chip Integration Technology Centre. Hij is nu lid van de Advisory Boards of Philips MEMS and Micro-devices Systems, van Applied Nano-Layers en het Investment Committee van PhotonDelta. Bij de TUD is hij Boardvoorzitter van The Green Village en kwartiermaker van de 24/7 Autonomous Energy Site.



**Suzanne Hulscher** (1966) werd hoogleraar fysica van watersystemen en hoofd van de groep Water Engineering & Management, cluster civiele techniek, Universiteit Twente in 2002. Ze promoveerde aan de faculteit Natuurkunde en Sterrenkunde (Universiteit Utrecht) in 1996; haar PhD-onderwerp was het modelleren van bodempatronen in kustzeeën. Dat onderzoek is uitgevoerd bij WL / Delft Hydraulics (nu onderdeel van DELTARES) en het IMAU (UU). Ze won de Minerva-prijs van de Stichting FOM in 2002 en werd door STW in 2016 benoemd tot Simon Stevin meester. Van 2007-2010 trad Hulscher toe tot het Nederlandse Innovatieplatform, onder voorzitterschap van de Nederlandse premier Jan Peter Balkenende. Van 2009 tot 2012 was ze lid van de OCW 'Commissie van Wijzen', over de besteding van de aardgasbaten. Hulscher leidde het STW-perspectiefprogramma RiverCare. Hulscher is KNAW-lid vanaf 2017 en trad in 2019 toe tot de Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid.

## Datawetenschappen



**Franciska de Jong** (1955) is sinds september 2015 hoogleraar e-Research voor de Humanities aan de Universiteit Utrecht en directeur van CLARIN ERIC, de Europese onderzoeksinfrastructuur voor taaldata. Tevens is zij als hoogleraar taaltechnologie verbonden aan de Universiteit Twente en directeur van de Erasmus Studio van de Erasmus Universiteit Rotterdam. Haar onderzoek is gericht op zoektechnologie, text mining, de ontsluiting van collecties van cultureel erfgoed, met name gesproken audioarchieven en interviewcollecties, en e-research in het algemeen. Ze was lid van het Algemeen Bestuur van NWO (2008-2016) en de Koninklijke Bibliotheek (2009-2019). Op dit moment is ze onder meer lid van het bestuur het Netherlands eScience Center en van de Executive Board van ERIC Forum.



**Peter Apers** (1952) is sinds 1985 als hoogleraar verbonden aan de Universiteit van Twente, waar hij van 2014 tot 2018 was aangesteld als decaan van de faculteit Electrical Engineering, Mathematics and Computer Science (leerstoel Data Science). In 2018 is hij met emeritaat gegaan. Peter Apers is sinds 2010 co-directeur van COMMIT (een publiekprivate ICT FES-project) en daarnaast lid van de Advisory Board Einstein Institute Digital Future. In 2012 won hij de ICT Personality Award uitgereikt door Nederland ICT voor zijn bijzondere verdiensten voor de ICT sector. Peter Apers is van 2005 tot 2014 voorzitter van technologiestichting STW geweest.

## NWO GWI-team

De PC-GWI wordt ondersteund door het NWO GWI-team bestaande uit: Alice Dijkstra (coördinator), Jelte Wouda, Katrien Uytterhoeven, Maarten de Zwart, Rob Hermans, Mark van Assem, Ana de Castro, Naomi Chrispijn, Martine Marges en Kirsten Verkaik.

# Terms of Reference (ToR) van de Permanente Commissie voor Grootchalige Wetenschappelijke Infrastructuur

(vastgesteld in 2015)

De Wetenschapsvisie 2025 omschrijft de taak van de commissie als volgt:

'De commissie kijkt naar het geheel van de faciliteiten van universiteiten, wetenschappelijke instituten, toegepaste kennisinstellingen (TO2) en Rijksinstituten (o.a. KNMI) en zorgt voor afstemming ter voorkoming van suboptimale investeringen en ter bevordering van optimale benutting. Partijen uit de kenniscoalitie zijn hierbij betrokken.'

Anders dan in de huidige situatie, waarin ad-hoc commissions beslissingen nemen over investeringen in infrastructuur, heeft deze commissie een voortdurend oog voor investeringskansen in wetenschappelijke infrastructuur. De middelen in de eerste en de tweede geldstroom worden op een slimme en transparante manier ingezet, waarbij samenhang wordt gezocht met de investeringen in faciliteiten van toegepaste kennisinstellingen. We volgen hiermee de aanbevelingen uit het AWT-advies 'Maatwerk in onderzoeksinfrastructuur'.

We vragen universiteiten, instituten en toegepaste kennisinstellingen de inzet van infrastructurele middelen inzichtelijk te maken en we vragen de universiteiten en instituten bij investeringen in te spelen op de roadmap en daar periodiek verslag van te doen. Op deze wijze worden ook de bijzondere kosten die universiteiten, instituten en toegepaste kennisinstellingen maken voor het in stand houden van (technische) onderzoeksinfrastructuur, (...), meer transparant. Dit helpt de permanente commissie in het maken van een integrale afweging over investeringen in infrastructuur.

De middelen in de tweede geldstroom zijn voor vernieuwing in de wetenschappelijke infrastructuur. Deze worden door NWO in afstemming met de permanente nationale commissie toegewezen. Het kabinet gaat nader onderzoeken hoe met de middelen uit het Toekomstfonds kan worden bijgedragen aan hoogwaardige onderzoeksfaciliteiten, voor zowel toegepast als fundamenteel onderzoek.

We verbinden de beschikbare middelen voor infrastructuur met de middelen uit de regio, van onderzoeksinstituten, private partijen en de instellingen voor toegepast onderzoek (pooling). Zo bereiken we maximale synergie, zowel in investeringen als in het benutten van infrastructuur. De permanente commissie zal daarom ook in contact moeten zijn met deze partijen door hen te betrekken en op de hoogte te blijven van de ontwikkelingen.'

De opdracht van de commissie bevat de volgende elementen:

- Het (laten) opstellen van een *Landscape analysis* met zowel de beschikbaarheid van als de behoefte aan grootschalige onderzoeksfaciliteiten. De Landscape analysis omvat het geheel van faciliteiten van universiteiten, wetenschappelijke instituten, toegepaste kennisinstellingen (TO2) en Rijksinstituten (o.a. KNMI). Hiervoor zal tevens de beschikbaarheid van faciliteiten in het buitenland, die voor Nederlandse onderzoekers beschikbaar zijn, moeten worden geïdentificeerd. Ook het identificeren van 'witte vlekken' hoort hierbij.
- Het opstellen van een Nederlandse roadmap voor grootschalige wetenschappelijke onderzoeksfaciliteiten met breed gedragen strategische kaders. De roadmap richt zich op wetenschappelijke onderzoeksfaciliteiten. De roadmap omvat bestaande en de behoefte aan nieuwe faciliteiten die voor de ontwikkeling van de wetenschap in Nederland van groot belang zijn.
- Bij het opstellen van de Nederlandse roadmap houdt de commissie o.a. rekening met:

- a het belang van een faciliteit voor de ontwikkeling van de betreffende wetenschapsgebieden in het licht van de verwachte ontwikkelingen in deze wetenschapsgebieden;
  - b de omvang en internationale positie van de betreffende wetenschapsgebieden in Nederland;
  - c het belang van een faciliteit voor het beantwoorden van maatschappelijke vragen en de maatschappelijke en economische impact, teneinde de valorisatie van kennis te vergroten;
  - d de beleidskaders en de wetenschappelijke prioriteiten die in Nederland en Europa zijn/worden opgesteld (Wetenschapsagenda, ESFRI);
  - e de voortgang van de opbouw, de toegevoegde waarde en de continuïteit van de faciliteiten op de vorige roadmap;
  - f de mogelijkheden om gebruik te maken van faciliteiten in het buitenland.
- Het adviseren over c.q. het formuleren van voorwaarden voor de organisatie van een wetenschapsgebied in termen van samenwerking en netwerkvorming, die een optimaal gebruik van een toekomstige faciliteit door dat gebied mogelijk maken en daarmee een investering rechtvaardigen.
  - Het adviseren over zaken die van belang zijn om een infrastructuur tot een succes te laten worden, zoals management, businessplannen, financieringsmodaliteiten, de mogelijkheden voor publiek-private samenwerking en toegankelijkheid. Hierbij sluit de commissie zoveel mogelijk aan bij best practices die internationaal beschikbaar zijn.
  - Het adviseren over de balans in infrastructuurbehoeften van de verschillende wetenschapsdomeinen, alfa/gamma, Levens- & Medische, en bèta/techniek.
  - Het verkennen van mogelijke medefinanciers, zowel regionaal, nationaal als Europees, het stimuleren van het gebruik van verschillende nationale en Europese mogelijkheden voor financiering, en het stimuleren van het gebruik van nieuwe ideeën om tot financiering te komen.
  - Het adviseren over de criteria die naast de strategische kaders en voorwaarden gebruikt zullen worden voor de beoordeling van de individuele aanvragen voor faciliteiten.
  - Het adviseren over hoe het best kan worden voorzien in een nationale ICT-onderzoeksinfrastructuur mede in relatie tot de nationale roadmap.
  - Het adviseren over de lange termijn inzet van de middelen voor de Nederlandse roadmap voor grootschalige wetenschappelijke onderzoeksfaciliteiten, zodat ongewenste kapitaalvernieting wordt voorkomen en ruimte blijft voor nieuwe ontwikkelingen.
  - Het adviseren over het aangaan dan wel beëindigen van internationale commitments door Nederland.
  - De commissie kan ook op eigen inzicht wensen of lacunes aan faciliteiten in wetenschapsgebieden signaleren en eventueel onderzoekers of instituten hierop wijzen.

De permanente commissie biedt de roadmap aan de raad van bestuur van NWO aan. De permanente commissie adviseert de raad van bestuur van NWO. De raad van bestuur stelt de roadmap niet eerder vast dan nadat overleg met OCW/EZ heeft plaatsgevonden. Op basis van deze adviezen stelt de raad van bestuur de kaders vast voor de beoordeling van de specifieke voorstellen voor faciliteiten van de Nederlandse roadmap voor grootschalige wetenschappelijke onderzoeksfaciliteiten.

Deze beoordeling vindt plaats door een separate door NWO in te stellen commissie. De door de raad van bestuur vastgestelde kaders zijn leidend voor de werkzaamheden van de beoordelingscommissie. De beoordelingscommissie adviseert de raad van bestuur van NWO over de verdeling van de middelen voor grootschalige wetenschappelijke onderzoeksfaciliteiten.

## BIJLAGE 3

# GWI-plannen

Deze bijlage geeft de GWI-plannen van elk van de negen Groepen kort weer. Het betreft een selectie van de meest prioritaire GWI-plannen (uit de Groep of in samenwerking met GWI uit andere Groepen) die van strategisch en nationaal belang zijn. In het narratief (zie hoofdstukken 4, 5 en 6) hebben de negen Groepen beschreven hoe de GWI-plannen bijdragen aan wetenschappelijke vernieuwing en doorbraken en hoe die zich verhouden tot lopende strategische Sector- of Actieplannen. Ook hebben de Groepen aangegeven welke van de plannen prioritair zijn voor de komende vijf jaar en waar relevant te beschrijven hoe alle GWI-plannen zich verhouden tot internationale (ESFRI) initiatieven.

In deze bijlage staat een nadere specificatie van de prioritaire GWI-plannen van de Groepen voor de komende tien jaar; er is geen sprake van onderlinge prioritering. GWI-plannen kunnen – zoals reeds in hoofdstuk 1 staat beschreven – plannen zijn voor individuele GWI of gezamenlijke plannen van meerdere GWI's uit de geïdentificeerde Groepen en Groeps- of Domeinoverstijgende initiatieven. De bijlage bevat zowel GWI-plannen die in de (verre of nabije) toekomst Roadmap-financiering wensen te ontvangen als GWI-plannen die dit niet (meer) nodig hebben. Elk GWI-plan geeft een korte beschrijving van het plan, het resultaat voor gebruikers, de partners/kennisinstellingen die betrokken zijn en een korte beschrijving van de mogelijke impact.

# ASTRONOMY & PARTICLE PHYSICS

## APP

GWI-plan: **Astrodeeltjesfysica-Faciliteiten – GRAND, GCOS, CTA**

Acroniem: **APP**

### Algemene beschrijving

Het toekomstige wereldwijde observatorium voor ultra-hoge-energie kosmische ‘boodschappers’ (GRAND/GCOS) wil de bronnen en reiswegen van de meest energierijke deeltjes in het Heelal begrijpen. Het zal ook unieke kansen bieden om fysica voorbij het Standaardmodel te vinden in een regime dat niet op een andere manier kan worden getest. Om vooraan te blijven zal de Cherenkov Telescope Array (CTA), nu in aanbouw als wereldwijde faciliteit voor onderzoek naar gammastraling, hoogstwaarschijnlijk een upgrade nodig hebben na 5-10 jaar. Actieve deelname in de aanbouw en exploitatie van deze faciliteiten, inclusief de al uit de roadmap bekostigde neutrino-telescoop KM3NeT, geeft de Nederlandse gemeenschap de expertise en ervaring om een vooraanstaande rol te spelen in de zogenaamde ‘multi-messenger’-astronomie.

### Impact

De Nederlandse onderzoeksgemeenschap speelt een vooraanstaande rol in de voorbereiding van GRAND/GCOS. De investering is nodig voor behoud van het leiderschap bij de uitvoering van het onderzoeksprogramma met deze faciliteit. De investering in CTA zal nodig zijn voor specifieke verbeteringen, geïnspireerd op de resultaten van de eerste jaren. De onderzoeksresultaten van de faciliteiten zullen ons begrip van het hoge-energie heelal aanmerkelijk verdiepen. Vanouds heeft dit onderzoek een sterke impact op onderwijs en outreach, bijvoorbeeld via het HiSPARC project en modules voor het middelbaar onderwijs.

## RADIO

GWI-plan: **NL Radiosterrenkundefaciliteiten en internationale deelname – EVN/JIVE, LOFAR2.0, SKA**

Acroniem: **RADIO**

### Algemene beschrijving

Radiotelescopen spelen een beslissende rol in onder andere het traceren van vorming van melkwegstelsels in het vroege heelal, het begrijpen van de explosies die zwaartekrachtsgolven uitzenden en het achterhalen van de aard van snelle radioflitsen. ASTRON exploiteert LOFAR (Low Frequency Array) namens een internationale samenwerking en neemt via Westerbork deel aan het Europese VLBI netwerk (EVN). JIVE (het Joint Institute for VLBI ERIC, gehuisvest bij ASTRON) is de centrale gebruikersondersteuning voor EVN en leider in vernieuwing van very-long-baseline interferometrie (VLBI) technieken. Het ASTRON Science Data Centre zal de mede door Nederland opgerichte Square Kilometre Array (SKA) ondersteunen, die in dit decennium zal starten met wetenschappelijke waarnemingen. Na 2025 moeten de faciliteiten van LOFAR/Westerbork aanzienlijk verbeteren, onder andere door plaatsing van SKA schotels, om VLBI te doen met gevoeligheid en ruimtelijk oplossend vermogen zonder weerga, en door versnelling van de dataverwerking van LOFAR, wat het maken van ultra-gevoelige radiokaarten op zeer lage frequenties mogelijk zal maken.

### Impact

Dit GWI-plan voor de nationale faciliteit is cruciaal voor de voortzetting van Nederlandse deelname aan en leiderschap in de radiosterrenkunde. Nederlandse ondernemingen zullen bijdragen aan deze GWI en aan de bouw van SKA op een manier vergelijkbaar met LOFAR: door productie van hoogwaardige complexe signaal-verwerkingssystemen, fotonica en hoogwaardige software voor ijking en beeldvorming. Nederlandse astronomen hebben een actieve rol gespeeld in het stellen van de wetenschappelijke prioriteiten van deze instrumenten en zullen vooraan staan bij de wetenschappelijke exploitatie. Binnen deze faciliteiten worden mensen tot het hoogste niveau opgeleid in de signaal- en gegevensverwerking, waardoor er meer talent beschikbaar komt voor de sterrenkunde en de samenleving.

## DDN

GWI-plan: **Neutrino-fysica en detectie van donkere materie – DARWIN/DUNE**

Acroniem: **DDN**

### Algemene beschrijving

DARWIN en DUNE zijn de volgende generatie zeer gevoelige detectoren voor de zoektocht naar donkere materie en de studie van eigenschappen van neutrino's. DARWIN zal de zoektochten naar donkere materie enorm verbeteren, en zoeken naar axion-achtige deeltjes, neutrino-loos dubbel betaalverval en zeldzame neutrino-interacties. DUNE zal neutrino-oscillaties meten met behulp van de meest intense neutrino-bundel ter wereld. Dit gaat voor het eerst schending van ladings-pariteitsbehoud bij neutrino's detecteren en de massa-hierarchie van neutrino's bepalen. DARWIN en DUNE delen veel detectietechnologie en vullen elkaar aan in de neutrino-fysica. Deze GWI zal Nederlandse wetenschappers in staat stellen bij te dragen aan het ontwerp en de bouw van de detectoren, de data acquisitie en software, en zal ze toegang bieden tot de data.

### Impact

De ontdekking van donkere materie zal ons begrip van de bouwstenen van materie transformeren en toegang geven tot de fysica voorbij het Standaardmodel van de deeltjesfysica. De ontdekking van schending van ladings-pariteitsbehoud zal ons begrip van de asymmetrie van materie en antimaterie veranderen. Significante bijdragen aan DARWIN en DUNE verzekeren Nederlandse wetenschappers van een vooraanstaande rol in dit baanbrekende onderzoek.

## ELT

GWI-plan: **Extremely Large Telescope instrumentatie**

Acroniem: **ELT**

### Algemene Beschrijving

Met zijn lichtvangend vermogen en superscherpe beeldvorming zal de Extremely Large Telescope (ELT) van de European Southern Observatory (ESO) een revolutie in het begrip van het Heelal teweegbrengen: van het ontrafelen van de vorming en evolutie van sterren en melkwegstelsels tot het meten van de eigenschappen van exoplaneten, kernonderwerpen van de Nederlandse astronomie. Nederlandse wetenschappers, kenniscentra en industrie zijn volop betrokken bij de ontwikkeling in Europa van optische en infrarood-instrumentatie van ongekende finesse. Eén van de eerste drie wetenschappelijke instrumenten is METIS, een innovatieve camera en spectrograaf voor golflengten in het mid-infrarood, waarvoor Nederland (NOVA) Principal Investigator is. De Nederlandse astronomische gemeenschap heeft grote interesse in twee van de instrumenten van de toekomstige generatie: een multi-object spectrograaf voor optisch en nabij infrarood (MOSAIC) en een hoog-contrastcamera, EPICS. Door betrokkenheid bij ELT-instrumentatie krijgt de Nederlandse astronomie met voorrang toegang tot de telescoop. Dat verzekert Nederlandse onderzoekers van leiderschap in de wetenschappelijke exploitatie van de grootste optisch-infrarode telescoop ter wereld.

### Impact

De ELT en zijn instrumenten zullen doorbraken in vrijwel alle gebieden van de astronomie bewerkstelligen, van planeten bij andere sterren (inclusief planeten waar leven mogelijk is) tot de meest verre, zwakke melkwegstelsels aan de rand van het zichtbare Heelal. De benodigde technische ontwikkelingen worden uitgevoerd in samenwerking met partners uit verschillende universiteiten, technologie-instituten en de industrie, waarmee kennisoverdracht verzekerd wordt. De uitdagende technische eisen zijn belangrijke aanjagers voor innovatie, met aansprekende voorbeelden in medische beeldvorming en precisie-engineering. De verwachte baanbrekende ontdekkingen zullen het brede publiek inspireren en veel jonge mensen aantrekken tot de natuurwetenschap.

## **GW-ET**

GWI-plan: **Zwaartekrachtsgolven – Einstein Telescoop**

Acroniem: **GW-ET**

### **Algemene Beschrijving**

De Einstein Telescoop (ET) zal een nieuw observatorium zijn voor de waarneming van zwaartekrachtsgolven uit het Heelal. ET zal Europa aan de frontlinie van onderzoek aan zwaartekrachtsgolven plaatsen, aangezien het de eerste en meest geavanceerde van een nieuwe klasse van detectoren van zwaartekrachtsgolven zal zijn.

Hiermee zullen we cataclysmische gebeurtenissen, zoals samensmeltingen van neutronensterren en zwarte gaten en supernova-explosies, kunnen waarnemen gedurende de 21<sup>e</sup> eeuw. Dankzij de weergaloze gevoeligheid van ET zal het een uniek werktuig zijn om de structuur van de ruimtetijd zelf te onderzoeken, waarmee we onze kennis vergroten van de minst begrepen fundamentele natuurkracht: de zwaartekracht. ET zal doorbraken en ontdekkingen mogelijk maken in de fundamentele natuurkunde, de sterrenkunde en de kosmologie. ET gaat ‘multi-messenger’ astronomie faciliteren door de combinatie van waarnemingen van zwaartekrachtsgolven met elektromagnetische waarnemingen en detectie van neutrino’s en kosmische straling.

### **Impact**

In de laatste jaren hebben de ontdekkingen met LIGO en Virgo van zwaartekrachtgolven van samensmeltingen van zwarte gaten en neutronensterren letterlijk een nieuw en revolutionair venster geopend op het Heelal: zwaartekrachtsgolfastronomie. De vereiste gevoigheden voor ET zijn verbluffend, waardoor technologische innovatie een cruciaal aspect is van ET. De kans om ET (ten dele) in Nederland te vestigen is uniek. Nederland kan voor het eerst een onderzoeksfaciliteit van wereldschaal verwezenlijken, hetgeen toponderzoekers uit de hele wereld zal aantrekken gedurende vele decennia.

## **GW-LISA**

GWI-plan: **Zwaartekrachtsgolven – Laser Interferometer Space Antenna**

Acroniem: **GW-LISA**

### **Algemene Beschrijving**

De Laser Interferometer Space Antenna (LISA) is geselecteerd als ESA’s L3 vlaggenschip, met geplande lancering in 2037. LISA bestaat uit een formatie van drie satellieten, verbonden door lasers in een heliocentrische baan, die het bereik van zwaartekrachtgolfdetectie aanzienlijk zal uitbreiden. Het zal de detectie mogelijk maken van een rijke schakering aan nieuwe bronnen, zoals superzware zwarte gaten die samensmelten, dubbelsterren en inspiraliserende systemen met een extreme massaverhouding. LISA zal onderzoeken hoe superzware zwarte gaten ontstaan, fundamentele vragen beantwoorden (zoals over het ontstaan van de elementen), gedetailleerde tests van de Algemene Relativiteitstheorie mogelijk maken in nabije systemen, en zoeken naar tekenen van inflatie in het zeer vroege Heelal. SRON ontwikkelt samen met Nikhef, TNO en de Nederlandse wetenschappelijke gemeenschap cruciale detectoren en optische instrumentatie die deze missie mogelijk maken. Dankzij die bijdrage zal de Nederlandse onderzoeksgemeenschap met voorrang toegang krijgen tot de data van LISA.

### **Impact**

Zwaartekrachtgolfonderzoek is een nationale prioriteit voor zowel de natuurkunde als de astronomie. Deelname aan LISA, in combinatie met instrumenten op de grond zoals de Einstein Telescoop, zullen het leiderschap van de Nederlandse gemeenschap in dit zeer competitieve vakgebied versterken. De technologische ontwikkeling die voor LISA nodig is, brengt unieke expertise van SRON, Nikhef, en industriële partners zoals TNO samen. Het mede-ontwikkelen van de instrumenten zal Nederlandse wetenschappers een uitstekend begrip van de satellietgegevens opleveren waarmee ze een leiderschapsrol kunnen verwerven in de wetenschappelijke kernonderwerpen van LISA.

## **HL-LHC**

GWI-plan: **Hoge-Intensiteits Large Hadron Collider instrumentverbeteringen – LHCb, ALICE, ATLAS**

Acroniem: **HL-LHC**

### **Algemene Beschrijving**

De Large Hadron Collider (LHC) op CERN is het belangrijkste instrument voor onderzoek van het heelal op veel kleinere dan atomaire schalen. In het midden van dit decennium wordt de LHC opgeschaald naar veel intensere bundels. Nederland neemt deel aan de ATLAS, LHCb en ALICE experimenten en speelt in elk daarvan een leidende rol via de door Nikhef verzorgde coördinatie. Dit GWI-plan voorziet in het Nederlandse aandeel in de benodigde verbeteringen van de experimenten. Voor ATLAS maken deze verbeteringen zeer precies onderzoek van het Higgs-deeltje mogelijk en de zoektocht naar nieuwe deeltjes op TeV-energieschaal. Voor LHCb geven ze veel betere gevoeligheid voor de asymmetrie van materie en antimaterie. Tenslotte vergroten ze het vermogen van ALICE enorm om deeltjesbanen nauwkeurig te meten en daarmee de eigenschappen van druppeltjes quark-gluonplasma die zich hier vormen te meten.

### **Impact**

Deze verbeteringen zijn essentieel voor de volledige verkenning van de natuurkundige fenomenen waarnaar HL-LHC de deur openzet. Nederland is lid van CERN en heeft door zijn gerichte deelname altijd een grote impact en invloed in deze CERN-experimenten gehad; niet alleen vanwege de hoge kwaliteit van de bijgedragen hardware en de deelnemende wetenschappers, maar ook wegens een sterke reputatie van betrouwbaarheid. De technologische voordelen van de opschaling van LHC, de detectoren en de rekeninfrastructuur zijn aanzienlijk, en komen terug naar Nederland in de vorm van contracten en stages voor studenten van universiteit, HBO en MBO.

# MATERIALS

## DXCP

GWI-plan: **Dutch X-ray Characterisation Platform**

Acroniem: **DXCP**

### Algemene Beschrijving

Het Dutch X-ray Characterisation Platform is de volgende stap naar een nationaal röntgenkarakteriseringsplatform dat volledig is geïntegreerd met een reeks verschillende GWI's in het hele land. Na pilotonderzoek in NC2SM zal DXCP de volgende generatie röntgeninstrumenten bouwen op basis van nieuwe in HFML-FELIX en XNL ontwikkelde laboratoriumröntgenbronnen. Röntgeninstrumentarium zal worden geïntegreerd in bijvoorbeeld het RID en HFML-FELIX om orthogonale technieken zoals neutronen en intense infrarood- en THz-straling aan elkaar te koppelen. Daarbij zal bijzondere nadruk liggen op tijdsgeresolveerde experimenten. Bovendien zullen er oppervlaktegevoelige röntgeninstrumenten worden ontwikkeld voor in-situ-karakterisering van modelsystemen en dunne films tijdens fabricage, groei en verwerking, bij NanoLabNL. Met verplaatsbare monsteromgevingen en vacuüm transporthouders wordt een betrouwbare monsterkarakterisering mogelijk bij meerdere instrumenten en GWI's. Er zal een nationale gebruikersgemeenschap voor röntgenstraling, synchrotron en vrije-elektronenlasers (FEL) ontstaan. Er wordt verder ingezet op machine learning en artificiële intelligentie, wat uiteindelijk zal leiden tot rationeel materiaalontwerp.

### Impact

Het Dutch X-ray Characterisation Platform zal een krachtiger Nederlandse portfolio voor materiaal-karakterisering opleveren. Door DXCP te integreren in relevante GWI's zal de Nederlandse materiaal-wetenschaps-gemeenschap de beschikking hebben over het volledige spectrum van *state-of-the-art*-fabricage en aanvullende materiaalkarakterisering door neutronen-, fotonen- en hoog-magnetische-veldtechnieken, zodat ons land internationaal concurrerend en toonaangevend blijft op dit gebied. Deze gecombineerde en geïntegreerde aanpak zal, net zoals tijdsgeresolveerde laboratorium-karakterisering, wereldwijd uniek zijn en ongetwijfeld leiden tot nieuwe technische benaderingen en kennis over nieuwe materialen.

## ESS

GWI-plan: **European Spallation Source**

Acroniem: **ESS**

### Algemene Beschrijving

De European Spallation Source ERIC (ESS) is een internationale onderzoeksinfrastructuur met de visie om de krachtigste neutronenbron ter wereld te bouwen en te exploiteren, waarmee wetenschappelijke doorbraken mogelijk worden op het gebied van onderzoek naar materialen, energie, gezondheid en milieu, en een aantal van de belangrijkste maatschappelijke uitdagingen van onze tijd kunnen worden aangepakt. De ESS zal een neutronenpiekhelderheid leveren die ten minste dertigmaal groter is dan momenteel wereldwijd beschikbaar, en daarmee de bijzonder gewenste mogelijkheden bieden voor de transformatie van interdisciplinair onderzoek in de natuur- en levenswetenschappen.

Door zijn unieke flux- en pulsflexibiliteit zal de ESS een revolutie in de wetenschap teweegbrengen, zoals eerder gebeurde bij de synchrotrons van de vierde generatie. De lange puls, gekoppeld aan geoptimaliseerde moderatoren, zal piek- en tijds gemiddelde neutronenfluxen creëren die veel hoger zijn dan de neutronenfluxen bij andere spallatie- en reactorbronnen, vooral in het koudeneutronen-gebied (golf lengten van meer dan 0,3 nm). Dit zal nut hebben voor tal van onderwerpen die verband houden met energie en gezondheid: zachte materie, dynamisch biochemisch onderzoek, eiwit-kristallografie en nieuwe waterstof-opslagmaterialen. De ESS zal nieuwe mogelijkheden bieden voor real-time kinetische experimenten of pump-probe single-shotexperimenten in bijvoorbeeld biologische systemen.

## **Impact**

Het welzijn en de ontwikkeling van onze samenleving zijn afhankelijk van de aanpak van grote uitdagingen op het gebied van energie, milieu, opwarming van de aarde, gezondheidszorg en informatietechnologie. Vooruitgang op alle gebieden is afhankelijk van de ontwikkeling van nieuwe materialen en processen. Dit vereist inzicht in structuur en dynamiek op nano-, atomaire, moleculaire en macroschaal. Neutronen vormen een van de krachtigste en meest precieze hulpmiddelen om deze eigenschappen te onderzoeken.

Vanwege de slinkende voorraden fossiele brandstoffen is er dringend behoefte aan hernieuwbare energiebronnen, efficiëntere motoren, materialen met minder warmteverlies en minder energieverlissing, en groenere processen voor de industrie. Neutronen vormen een belangrijk analytisch hulpmiddel dat meer kennis oplevert over en helpt bij de ontwikkeling van veelbelovende nieuwe materialen voor zonne- en brandstofcellen, batterijen, thermo-elektrische materialen voor de terugwinning van afvalwarmte en koeling, en omkeerbare waterstofopslagmaterialen om waterstof veilig te kunnen toepassen als energiedrager. Zo is het gebruik van neutronenverstrooiingsfaciliteiten aangemerkt als essentieel voor de vooruitgang door bijvoorbeeld het initiatief BATTERY 2030+.

## **HFML-FELIX**

GWI-plan: **High-Field Magnet Laboratory – Free Electron Laser for Infrared eXperiments**

Acroniem: **HFML-FELIX**

### **Algemene Beschrijving**

Het High Field Magnet Laboratory (HFML) en het Free Electron Lasers for Infrared eXperiments (FELIX)-laboratorium vormen samen een grootschalige onderzoeksinfrastructuur die wereldwijd haar gelijke niet kent. Hiermee is het mogelijk om de grenzen van de hedendaagse technologie op te zoeken voor moleculen en materialen, zowel wat betreft de veldsterkte van statische magneten (tot 45 T) als wat betreft de stralingsintensiteit in het infrarode en terahertz (THz)-bereik van het elektromagnetische spectrum. HFML-FELIX is de enige faciliteit ter wereld die statische hoog-magnetische velden koppelt aan infrarood/THz vrije-elektronenlasers.

Er kan onderzoek worden gedaan naar een breed spectrum van fysische, chemische en biologische verschijnselen. Onderzoekers uit Nederland, de rest van Europa en daarbuiten komen naar Nijmegen om vrijwel alle toestanden van materialen, in de vaste, vloeibare en gasvormige fase, te onderzoeken, te controleren en te manipuleren, met een sterke nadruk op materialen voor de energiesector en de gezondheidszorg.

In de komende tien jaar bestaat het ontwikkelingsprogramma van HFML-FELIX uit nieuwe instrumentatie voor geavanceerde beeldvorming, ultrasnelle dynamica en extreme monsteromgevingen, optimalisering van de ICT-infrastructuur en de magneet/laser-werking en een upgrade van het magneetvermogen en het koelsysteem, waardoor magneten kunnen worden gebouwd die geoptimaliseerd zijn voor FEL-lichtverstrooiingsexperimenten en voor de koppeling met laboratoriumröntgenbronnen.

## **Impact**

Onder extreme omstandigheden kunnen materialen met een onbekende precisie worden onderzocht, en doordat ze worden blootgesteld aan tot dusver onbekende omstandigheden, komen wellicht nieuwe functies naar voren. HFML-FELIX levert onmisbare bijdragen aan het Nederlandse onderzoeksportfolio, faciliteert een belangrijk partnerschap met de industrie, biedt onderwijs aan een groot aantal studenten en speelt in op maatschappelijke uitdagingen op het gebied van gezondheid, energie en slimme materialen.

HFML-FELIX draagt bij aan de onderzoeksactiviteiten van de meeste Nederlandse universiteiten en onderzoeksinstituten en trekt jaarlijks honderden toponderzoekers uit de hele wereld aan naar Nederland. Het heeft een goede verbinding met krachtige Europese netwerken, zoals het European Magnetic Field Laboratory (EMFL), FELs of Europe, LaserlabEurope en de League of European Accelerator-based-Photon Sources (LEAPS).

## NanoLabNL

GWI-plan: **NanoLabNL – the national open-access infrastructure for nano research and innovation**

Acroniem: **NanoLabNL**

### Algemene Beschrijving

NanoLabNL, de Nederlandse faciliteit voor nanotechnologie, is een van de toonaangevende consortia in zijn soort in Europa. De open infrastructuur voor R&D op nanoschaal wordt gebruikt door meer dan 1300 onderzoekers en meer dan 90 bedrijven. NanoLabNL wordt gecoördineerd als één infrastructuur, maar de faciliteiten zijn verdeeld over vijf steden: Groningen, Enschede, Amsterdam, Delft en Eindhoven. Elk van de cleanrooms bij NanoLabNL is een hub waar nano-wetenschappers zoals quantum-engineers, ontwerpers van slimme materialen en medische wetenschappers uit de academische wereld en het bedrijfsleven samenkommen om nano-apparaten te fabriceren, te karakteriseren en ermee te experimenteren voor fundamenteel onderzoek en productontwikkeling. In de komende tien jaar gaat NanolabNL investeren in nieuwe instrumentatie en geavanceerde hulpmiddelen voor de fabricage van nieuwe nanomaterialen en -apparaten om fundamentele onderzoeks vragen in verband met de uitdagingen voor onze maatschappij en de daaraan gekoppelde transitie aan te pakken.

### Impact

Wetenschap en technologie die gebruikmaken van de kracht van het kleine – waaronder kwantumtechnologie, fotonica en geavanceerde materiaalwetenschap – staan centraal bij enkele van de enorme transitie waar de wereld voor staat.

Transities naar schone energie, een veiligere wereld, effectiever en betaalbaardere gezondheidszorg, en duurzame landbouw waarmee we de groeiende bevolking kunnen voeden. Veel van de wetenschappers en technici die aan sleuteltechnologieën werken, experimenteren en ontwikkelen op nanoschaal om deze transities aan te pakken. Dat doen ze omdat ze de ‘speciale effecten’ nodig hebben die alleen op zo’n kleine schaal kunnen ontstaan, bijvoorbeeld omdat ze een materiaal op het meest fundamentele niveau willen manipuleren, of gewoon omdat ze miniatuurversies willen maken van apparaten en onderdelen. Nanotechnologie is dan ook een primaire drijvende kracht achter wetenschappelijke en technologische vooruitgang.

NanoLabNL is daar een toegangspoort voor, niet alleen nationaal maar ook internationaal. In 2017 heeft NanoLabNL samen met Franse, Zweedse en Noorse zusterorganisaties meegewerk aan de oprichting van EuroNanoLab. Dit Europees netwerk biedt momenteel een online one-stop-shop en open toegang tot nanotechnologische onderzoeksfaciliteiten in 44 cleanrooms in 15 landen. NanolabNL speelt een centrale rol in vele ecosystemen binnen Nederland, zoals de quantum-technologie, fotonica, en materiaalwetenschap in het algemeen.

## NC2SM

GWI-plan: **National Characterisation Centre for Sustainable Materials (NC2SM) – X-ray Characterisation Center**

Acroniem: **NC2SM**

### Algemene Beschrijving

Het National Characterisation Centre for Sustainable Materials moet een toonaangevende nationale faciliteit worden voor geavanceerde röntgenkarakterisering van de materialen die onderdeel worden van de technologische oplossingen voor brede problemen op het gebied van duurzaamheid (energie, circulaire economie, gezondheid...). Het ontbreken van een synchrotron of een bundellijn beperkt het concurrentievermogen van Nederland op het gebied van materiaalkarakterisering als geheel. De basis van het centrum is een virtueel instituut aan drie universiteiten, namelijk de Rijksuniversiteit Groningen, de Universiteit Utrecht en de TU Eindhoven. Er worden investeringen voorgesteld in de röntgenabsorptie/emissie/foto-elektronenspectroscopie, röntgenverstrooiing en röntgenbeeldvorming waarmee gedetailleerde structurele en elektronische eigenschappen kunnen worden gemeten, op verschillende lengte- en tijdschalen, tijdens de synthese en de werking van een breed scala van materialen (anorganische en biologische materialen, polymeren). Hierbij zal pilotonderzoek naar nieuwe röntgenbronnen in laboratoria (bij XNL, HFML-FELIX) en gecombineerde orthogonale techniekbenaderingen (met RID en HFML-FELIX) worden opgenomen, evenals verplaatsbare monsteromgevingen en vacuüm transporthouders (met NanolabNL).

## **Impact**

Het NC2SM-centrum gaat toonaangevende onderzoeksdielen verlenen op het gebied van röntgenkarakterisering van duurzame materialen in laboratoria, waaronder operando-experimenten. Meer kennis over de operando-structuur en elektronische-prestatieverbanden zullen leiden tot rationeel ontwerp van materialen en processen voor energie en duurzaamheid (bijv. katalyse, energieonderzoek, maar ook in bredere zin op andere gebieden zoals biomaterialen, restauratie van kunst enz.) Door de ontwikkeling van in laboratorium(operando)röntgentekniken komen er ultramoderne instrumenten en experimenten, en zal NC2SM uitgroeien tot internationaal leider en drijvende kracht op het laboratoriumröntgengebied. De röntgenfaciliteit zal de internationale concurrentiepositie van het Nederlandse materiaalwetenschappelijke veld als geheel waarborgen, evenals de concurrentiepositie van Nederlandse onderzoekers bij het verkrijgen van toegang tot synchrotron- en FEL-bundellijnen over de hele wereld.

## **RID**

GWI-plan: **Reactor Instituut Delft**

Acroniem: **RID**

### **Algemene Beschrijving**

Het RID (Reactor Instituut Delft) exploiteert een onderzoeksreactor van 2,3 MW waarin neutronen worden geproduceerd, die worden gebruikt in bundelingsinstrumenten voor materiaalonderzoek. Het hoog-energetische gammastralingsveld dicht bij de kern wordt gebruikt om ook positronen te produceren die worden geëxtraheerd naar gespecialiseerde positronenonderzoeksInstrumenten. Bij een selectie van deze instrumenten zal een koude bron worden gebruikt (het OYSTER-project), een apparaat om de kenmerken van de neutronenbundel te veranderen voor een hogere gevoeligheid en resolutie (in gebruik vanaf oktober 2022). Zo kan de opmerkelijke gevoeligheid van neutronen en positronen voor bepaalde elementen (neutronen: waterstof, lithium, borium enz.) nog beter worden ingezet, met als voornaamste toepassingen katalyse, waterstofopslag, onderzoek naar lithium-ionbatterijen, zelfherstellende materialen en staalonderzoek. Het RID is een faciliteit met laagdrempelige toegang, beschikbaar voor Nederlandse materiaalkundigen. De wetenschappelijke en technische RID-medewerkers bieden toegang, data-acquisitie, analyse en interpretatie, en voorzien in software-tools en laboratoriumruimte.

## **Impact**

De ontwikkeling van nieuwe materialen en processen speelt een belangrijke rol bij vooruitgang op het gebied van alle grote maatschappelijke uitdagingen. Daarvoor is meer kennis nodig over de structuur en dynamiek op nano-, atomaire, moleculaire en macro-schaal. De manier waarop zulke materialen neutronen verstrooien is een van de krachtigste en meest precieze hulpmiddelen om deze eigenschappen te onderzoeken.

Vanuit nationaal oogpunt is de infrastructuur belangrijk omdat er in Nederland geen soortgelijke faciliteiten beschikbaar zijn en Nederland nog geen lid is van een faciliteit in het buitenland.

Gestimuleerd door het OYSTER-project groeit het RID in zijn rol als nationaal portaal instituut voor Nederlandse wetenschappers, met name voor ESS: Het RID biedt ruimte om metingen en benaderingen voor te bereiden, en staat paraat om Nederlandse onderzoekers te vergezellen naar ESS, om te helpen bij het optimaliseren van metingen en experimenten in ESS (Lund in Zweden: de briljantste neutronenbron ter wereld).

# TECHNOLOGY

## SolarLab NL

GWI-plan: **SolarLab NL**

### Algemene beschrijving

SolarLab NL richt zich op de uitdaging om efficiënte opwekking van elektriciteit (photovoltaics / PV) uit zonlicht te ontwikkelen.

Zonnecellen zijn halfgeleiderapparaten die zonne-energie direct omzetten in elektriciteit. Momenteel is het modulerendement zo'n 20%. Nieuwe geavanceerde celontwerpen maken rendementen van 30-40% mogelijk. Wereldwijd is een race gaande om de conversie-efficiëntie van de zonneceltechnologie naar deze super-rendementen te duwen. Daarvoor moeten alle onderdelen van het energieconversieproces geperfectioneerd zijn: lichtabsorptie, extractie van elektrische ladingsdragers met halfgeleidermaterialen, grensvlakken en contact-lagen. Al deze elementen moeten uiteindelijk worden gecombineerd in een zonnecel waarbij de engineering van de zonnecelarchitectuur de prestaties bepaalt.

Betrokken disciplines bij het onderzoek naar en ontwerp van hogerenderende zonnecellen zijn optica, materiaalkunde, halfgeleiderapparaten, nano-/microfabricage en multischaalmodellering. Bij al dit onderzoek, langs de hele keten van materiaal tot toepassing in een werkend PV-systeem, is state-of-the-art onderzoeksinfrastructuur essentieel.

Het SolarLab NL cluster Nederland bestaat uit de PV onderzoeksinfrastructuur en wetenschappelijke groepen van de TU Delft, TU Eindhoven, U Twente, Universiteit Groningen, Radboud Universiteit Nijmegen, Universiteit Utrecht, NWO-Instituut AMOLF en TNO Energy Transition, en werkt samen met Imec, Forschungszentrum Jülich en Universiteit Hasselt. Samen vormen deze partners een sterk cluster van PV-onderzoek dat in Europa een leidende rol speelt in onderzoek en ontwikkeling van PV technologie van de toekomst.

Als grootschalige wetenschappelijke infrastructuur wordt beoogd een centrale gedeelde faciliteit voor spectroscopie, microscopie, fabricage en testen van nieuwe PV-materialen, en toepassing van nieuwe PV-ontwerpen in PV-systemen. Satellietsfaciliteiten bij de verschillende kennisinstellingen gaan in op delen daarvan, naar gelang de eigen specialisatie: nieuwe PV-concepten op basis van nieuwe materialen, inclusief ontwikkeling van schaalbare fabricagemethodes, en nieuwe toepassingen van PV-technologie in systemen, gebouwde omgeving en landschap.

### Impact

PV zal in de toekomst één van de belangrijkste leveranciers van duurzame energie (elektriciteit) zijn. Het multi-terawatt (TW)-niveau bereiken is noodzakelijk om de ambitieuze CO<sub>2</sub>-reductiedoelstellingen van het Akkoord van Parijs en de Europese Green Deal te halen, evenals de daarmee samenhangende nationale doelstellingen van het Nederlandse Klimaatakkoord.

## Energy Conversion

GWI-plan: **Energy Conversion**

### Algemene beschrijving

GWI Energy Conversion richt zich op de uitdaging om fossielvrije chemische bouwstenen te ontwikkelen middels ontwerp van efficiënte conversietechnologieën van elektriciteit naar fossielvrije chemicaliën en brandstoffen c.q. energiedragers.

Voor de duurzame productie van fossielvrije chemische grondstoffen en brandstoffen moeten nieuwe chemische omzettingstechnologieën worden toegevoegd aan de traditionele thermochemische omzettingsroutes. Hierbij speelt het wisselende aanbod van duurzaam opgewekte elektriciteit uit zon en wind eveneens een essentiële rol. Het rendement van de conversieprocessen (van elektriciteit naar chemische energiedrager en eventueel terug) moet radicaal omhoog. Daarvoor moeten we (electro)chemische processen en multifase/multimateriaal stromingen begrijpen en kunnen beïnvloeden van atomaire tot meso- en macroschaal. Dit vergt ook de ontwikkeling van katalysatoren die met lagere kosten kunnen worden vervaardigd uit niet-schaarse materialen. Volledig nieuwe concepten zoals spingestuurde of licht-gestuurde chemie bieden daarbij eveneens nieuwe mogelijkheden.

Een bijkomende uitdaging is de noodzaak om deze processen op TeraWatt schaal te integreren. Dit vereist een systeemintegratie van alle processen, van atomaire schaal tot de schaal van een werkend systeem. Deze technologische uitdaging stelt nieuwe vragen aan het fundamentele energieconversie-onderzoek.

We streven naar de ontwikkeling van een nationale onderzoeksinfrastructuur die de omgeving biedt om baanbrekende concepten en oplossingen op systeemschaal te ontwerpen, fabriceren en testen. Het onderzoekt de fundamentele grenzen en mogelijkheden van nieuwe door hernieuwbare energie aangedreven chemische omzettingssystemen, in combinatie met chemische voor- en nabewerking en de bijbehorende regelsystemen (bijvoorbeeld voor vermogen en stroming). De centrale, plug-and-play onderzoeksfaciliteit wordt aangevuld door verschillende ‘satellieten’ die de componenten leveren voor het volledige systeem. Hierin zullen onder meer TU Delft, TU Eindhoven, RU Groningen, U Twente, NWO-Instituut DIFFER en TNO samenwerken.

### Impact

Verhoging van het conversierendement en de integratie van onderzoek op systeemniveau met onderzoek naar functionele (elektro-) katalytische materialen, componenten en materiaalstromen zal leiden tot nieuwe energiesystemen. Die zullen niet alleen op zichzelf optimaal presteren, maar kunnen ook worden opgenomen in grotere geïntegreerde processen. Ze zullen geschikt zijn om te worden opgeschaald en onder intermitterende omstandigheden te werken. Door de focus op de energiebron en de conversie bieden ze een uitstekende basis om in veel maatschappelijke sectoren, zoals bouw, mobiliteit en fabricage, de energietransitie te ondersteunen.

# GEOSCIENCES

## ATMOS-NL

GWI-plan: **Hollandse luchten: de integratie van Ruisdael Observatory, NSAO en C-MetNet**

Acroniem: **ATMOS-NL**

### Algemene beschrijving

De emissie van gassen en aerosolen leidt tot een verandering van veel atmosferische processen. Hoe deze veranderingen zich op regionale schaal zullen manifesteren is een grote wetenschappelijke vraag. Landschapsvariaties, urbanisatie en de nabijheid van grote watergebieden leiden tot sterke lokale verschillen in interactie tussen land en atmosfeer, met een grote onzekerheid in klimaatmodellen tot gevolg. Met de integratie van Ruisdael Observatory, NSAO en C-MetNet ontstaat een fijnmazig systeem voor metingen en modelsimulaties boven land, de Randstad en de Noordzee. Daarmee kunnen we:

- **Bronnen en putten van de emissies nauwkeurig karakteriseren;**
- **Betere modellen van de kleinschalige atmosferische processen maken, leidend tot nauwkeuriger regionale klimaatprojecties en verwachtingen voor weer en luchtkwaliteit.**

De universiteiten van Delft, Wageningen, Utrecht, Amsterdam en Groningen dragen ATMOS-NL, alsook het KNMI, TNO en RIVM. ATMOS-RI-NL bestaat uit een meetnetwerk in Nederland en op de Noordzee. De meetdata, modeloutput en software tools zijn vrij beschikbaar.

### Impact

Lokale en regionale atmosferische processen spelen een grote rol bij klimaatverandering, maar ze vormen een grote bron van onzekerheid in klimaatmodellen. ATMOS-NL verkleint deze onzekerheid sterk: het maakt nauwkeurige projecties van het toekomstige regionale klimaat mogelijk. Betere verwachtingen, bijvoorbeeld van extreme regen of luchtkwaliteit, leiden tot een veilige en gezonde maatschappij. Nauwkeurige voorspellingen van zon en wind zullen worden gebruikt voor de optimalisatie van de duurzame energieproductie. De Nederlandse atmosferische onderzoeksgemeenschap is internationaal toonaangevend. Ze is bij uitstek toegerust om de data van ATMOS-NL in nieuwe kennis en producten om te zetten. Dat maakt haar positie nog sterker: ATMOS-NL kan een centrale positie innemen bij het Europees Destination Earth programma.

## Ocean Observation Utilities NL

GWI-plan: **Innovatie voor toekomstbestendig oceaanonderzoek**

Acroniem: **OOU-NL (Ocean Observation Utilities NL)**

### Algemene beschrijving

De invloed van de oceanen op onze maatschappij via de zeespiegel, biodiversiteit (green life sciences) en het klimaat wordt steeds duidelijker. Daarnaast neemt de druk op de oceanen onevenredig toe. Het is belangrijk dat we op een nieuwe, innovatieve, autonome manier oceaanprocessen bestuderen. Zo kunnen we de gekoppelde oceaan-atmosfeer veranderingen tijdig waarnemen, ook op moeilijk bereikbare plekken zoals de diepzee. Hiervoor zijn innovatieve sensoren voor fysische, chemische en biologische parameters nodig. Dit GWI-plan zoekt financiering voor de aanschaf en ontwikkeling van instrumentatie die de te meten parameters en de meetresolutie (in tijd en ruimte) kan vergroten, inclusief real-time toegang tot oceaandata. Daarbij staan multidisciplinaire metingen (zoals de combinatie van mobiele en verankerde platforms en schepen) centraal. Samen met het nieuwe onderzoeksschip komen deze apparatuur en data beschikbaar voor de Nederlandse oceanografische gemeenschap (universiteiten, instituten, NGO's en industrie) die zo de leidende rol in de internationale wetenschap kan behouden.

## **Impact**

Een goed begrip van oceaanprocessen is onder meer noodzakelijk voor het maken van nauwkeurige voorspellingen op het vlak van klimaatsverandering, het duurzaam gebruik van de oceanen en de daarbij behorende resources. De huidige instrumentatie is verouderd en ongeschikt voor observaties en bemonstering van processen op de relevante ruimte- en tijdschalen. Met een uitgebreid en vernieuwd instrumentarium kan de Nederlandse oceanografische en green life sciences, domein biodiversiteit, ecologie en leefomgeving, state-of-the-art wetenschap bedrijven, ook in het kader van de doelstellingen van de NWA Blauwe Route. Zo blijven we ook internationaal in de voorhoede van de wetenschap.

## **DANUBIUS-NL**

GWI-plan: **Supersite voor duurzame delta's: infrastructuur voor observatie, experimenten en modellering van rivier-kust systemen**

Acroniem: **DANUBIUS-NL**

### **Algemene beschrijving**

Delta's ontstaan uit complexe proces-interacties tussen water, sediment en biota, gedreven door rivieren, golven en getij. Tegelijkertijd vormen ze een 'filter' voor stofstromen (C, N, P) van continent naar zee. Klimaatverandering en menselijke ingrepen zullen de komende eeuw grote impact op delta's hebben. De langetermijnrespons van delta's en hun ecosystemen is echter nog onvoldoende te voorspellen. Dit komt door een gebrek aan kennis over bio-morfologische processen, kritische drempels en kantelpunten in systeemgedrag, en de natuurlijke veerkracht van delta's. Observaties en proceskennis op deltaschaal zijn nodig. DANUBIUS-NL infrastructuur voorziet gebruikers hierin door:

- a Een delta-breed meetnetwerk (riviertakken, Rijn-Maasmonding, estuarium, zandkust) te bieden voor de bepaling van langjarige systeemveranderingen;
- b Instrumenten voor gerichte surveys tijdens extreme gebeurtenissen (piekafvoer, stormvloed);
- c Indoor en outdoor experimentele stroom-, golf- en getijdefaciliteiten voor procesonderzoek naar water-sediment-biota interacties;
- d Resulterende datasets die numerieke modellen voeden.

Betrokken partners zijn 11 Nederlandse universiteiten en kennisinstellingen, georganiseerd binnen de Nederlandse Centra voor Rivierkunde en Kustonderzoek.

## **Impact**

DANUBIUS-NL ontsluit de Nederlandse delta als wereldwijd unieke 'supersite' voor deltaonderzoek, ingebed in ESFRI DANUBIUS. De infrastructuur maakt fundamentele wetenschappelijke doorbraken mogelijk zodat we het systeemgedrag van delta's begrijpen, hun ecosystemen en biodiversiteit, en hun rol in de continent-oceaan transfer van sediment, koolstof en nutriënten. Deze kennis ligt aan de basis van duurzaam deltabeheer voor veiligheid, scheepvaart, grondstofgebruik, biodiversiteit, voedselvoorziening en innovatieve oplossingen die daarvoor nodig zijn. De infrastructuur zal de internationaal vooraanstaande positie van het Nederlandse delta-onderzoek met de bijbehorende impact verder versterken, en bijdragen aan een steviger concurrentiepositie van de Nederlandse advies- en waterbouwsector in delta's wereldwijd.

## eNLarge

GWI-plan: **De diepe ondergrond – overbrugging van schalen en grenzen**

Acroniem: **eNLarge**

### Algemene beschrijving

Toekomstige investeringen voor onderzoek naar de diepe ondergrond richten zich op twee aspecten.

- 1 Er is een dringende behoefte om op grote schaal de effecten beter te begrijpen van menselijke exploitatie van de ondergrond en de daar aanwezige natuurlijke processen. Dit vereist nieuwe faciliteiten die helpen bij de vertaalslag van kleinschalige laboratoriumexperimenten naar de schaal van bijvoorbeeld natuurlijke aardbronnen of aardbevingsgevoelige gebieden. Concreet is hiervoor nodig:
  - a Uitbreiding van het Delft Urban Energy Lab, met ondergrondse faciliteiten voor de directe meting van de effecten van aardwarmteproductie en opslag.
  - b Een testboorput op het TNO Rijswijk centrum voor duurzame geo-energie, cruciaal voor het overbruggen van lab- en veldschalen.
  - c Uitbreiding van het KNMI geomonitoring netwerk in Caribisch Nederland: een risicogebied voor aardbevingen, landverschuivingen en vulkaanuitbarstingen.
  - d Laboratoriumapparatuur voor de Delft en Utrecht Universiteiten die de bepalende fysische processen van de ondergrond in beeld brengen terwijl deze actief zijn.
- 2 Een leidende rol in het duurzaam opleveren van de Europese infrastructuur voor de vaste Aardwetenschappen (EPOS). Dit betekent het beschikbaar stellen van unieke onderzoeksfaciliteiten en data voor toekomstig onderzoek.

### Impact

Veilig gebruik van de diepe ondergrond speelt een belangrijke rol in de aanpak van klimaat- en energievraagstukken. Met de voorgestelde investeringen kunnen wetenschappers zowel de effecten van zulke ondergrondse exploitatie als de natuurlijke risico's van de Aarde onderzoeken, beide op de relevante ruimtelijke schalen. Hierdoor kunnen wetenschappers de risicobepalende processen identificeren en doorrekenen ten behoeve van risicoanalyse en kennisdeling met overheid en samenleving. Daarbij is een gedegen internationale data- en faciliteitinfrastructuur essentieel. Nederlandse kennisinstituten coördineren al een deel van de Europese infrastructuur EPOS. Doorgaande investering garandeert een functionele infrastructuur voor duurzaam (her) gebruik van bestaande faciliteiten en data, in de geest van *Open Science*.

# GREEN LIFE SCIENCES

## NIEBA-ARISE

GWI-plan: **Netherlands Infrastructure for Ecosystem and Biodiversity Analysis: Authoritative and Rapid Identification System for Essential biodiversity information**  
Acroniem: **NIEBA-ARISE**

### Algemene Beschrijving

NIEBA-ARISE is een wereldwijd unieke infrastructuur om alle meercellige soorten (onder andere flora, fauna en schimmels) van Nederland te identificeren en te detecteren. Voor een volledig beeld van de biodiversiteit in Nederland combineert de infrastructuur DNA-barcoding, beeld- en geluidsherkenning en analyse van radargegevens. De partners in ARISE zijn Naturalis Biodiversity Center – het nationale instituut voor onderzoek naar en informatie over biodiversiteit, UvA, het Westerdijk Instituut – een expertisecentrum voor mycologie, dat zich richt op grote maatschappelijke vraagstukken op het gebied van landbouw, gezondheid en industrie (WI-KNAW) en de Universiteit Twente. ARISE sluit daarnaast direct aan bij de ESFRI's DiSSCo, LifeWatch en MIRRI. Deze geïntegreerde infrastructuur geeft Nederlandse onderzoekers, natuurbeschermingsorganisaties, overheden en het bedrijfsleven toegang tot de meest geavanceerde, near-real-time identificatiedienst voor monitoring van de biodiversiteit en opsporing van soorten. Hierdoor ontstaan nieuwe mogelijkheden om het functioneren van ecosystemen te begrijpen, trends te ontdekken en om biodiversiteit beter te integreren in de grote maatschappelijke opgaven zoals de circulaire economie, natuur-inclusieve stad en de kringlooplandbouw. Nederland heeft internationaal een leidende rol in samenwerking op het gebied van soortenkennis en biodiversiteit en met ARISE versterkt Nederland die wetenschappelijke positie.

### Impact

Biodiversiteit is de basis van onze toekomst op aarde. Een beter begrip van de complexiteit van ecosystemen levert ons naast belangrijke wetenschappelijke inzichten ook de kennis die nodig is voor de grote uitdagingen van onze tijd, zoals klimaatverandering, verspreiding van ziekten en vectoren, voedselvoorziening, invasieve soorten en het creëren van een gezonde leefomgeving. Het Nederlandse biodiversiteitsonderzoek is van wereldklasse, maar ontbeert vooralsnog de technologie voor het compleet doorgronden van de ecologische netwerken en functies. ARISE combineert moderne technieken (DNA-(meta)barcoding, kunstmatige intelligentie, geluid- en beeld sensoren, radar en data science) die dit mogelijk maken en sluit aan bij de EU-ambities (EOSC, ESFRI, Green Deal).

## LTER-LIFE

De fundamenteiten van biodiversiteit: synergie tussen lange-termijn biodiversiteitsdata (eLTER-NL), milieudata (NEMNET), FAIR dataopslag en Open analysemethoden (LifeWatch).

Acroniem: **LTER-LIFE**

### Algemene Beschrijving

Behoud van biodiversiteit en cruciale ecosysteemdiensten vereist fundamentele kennis van het functioneren van ecosystemen in respons op de snelle veranderingen die zo kenmerkend zijn voor de huidige tijd. Kennis die gebaseerd is op de analyse van data van populaties van planten en dieren en van de veranderingen van hun natuurlijke omgeving. Dit vereist integratie van lange-termijn data aan planten en dieren verzameld door eLTER-NL, met een focus op eLTER-sites (momenteel de Waddenzee, de Veluwe en de Delta), en data uit, en verdere ontwikkeling van, de meetnetten van het RIVM (NEMNET) voor bodem, water en lucht. Met deze integratie realiseert LTER-LIFE een unieke onderzoeksinfrastructuur met catalogi van methoden, FAIR gemaakte databronnen, moderne koppelingsmethoden voor (vaak heterogene) data, en schaalbare reken- en opslagplatforms. Dit stelt teams van onderzoekers en belanghebbenden in staat om flexibel en snel virtuele onderzoeksomgevingen te bouwen gebaseerd op een open LifeWatch architectuur. Op deze manier biedt

LTER-LIFE geheel nieuwe mogelijkheden voor onderzoek naar de fundamenteen van biodiversiteit en de veerkracht van (semi-)natuurlijke systemen.

### **Impact**

Het leidt geen twijfel dat het creëren van 'A Safe Operating Space for Humanity', waarin biodiversiteit een doorslaggevende rol speelt, één van de grootste uitdagingen is van de huidige tijd. Duurzaam gebruik van onze levende planeet vereist effectieve mitigatiemaatregelen om biodiversiteit en ecosysteemdiensten te behouden. Systematische en langjarig data van populaties en milieugegevens zijn nodig om trendbreuken aan te tonen of te voorspellen, en te beoordelen of maatregelen het beoogde effect hebben ('bending the curve') en kosteneffectief zijn. Met LTER-LIFE zullen lange-termijn en actuele data geïntegreerd worden met externe bronnen (bijv. ARISE, Remote sensing) tot effectieve workflows die antwoord geven op cruciale vragen over het behoud en de versterking van biodiversiteit. Deze aanpak versterkt de Nederlandse positie in Europa, zoals de samenwerking tussen LifeWatch ERIC en eLTER (ESFRI roadmap), en verbindt deze met data die ontwikkeld wordt in Europese clusterprojecten (ENVRI-FAIR, EOSC-FUTURE) en met het toekomstige Europese raamwerk voor de monitoring van biodiversiteit (EuropaBon).

## **XL-EFES**

GWI-plan: **Large-scale Experimental Facilities for Ecosystem Simulations**

Acroniem: **XL-EFES**

### **Algemene Beschrijving**

Experimentele ecosystemen zijn een krachtig middel om onder gecontroleerde omstandigheden effecten van biodiversiteit- en klimaatveranderingen op ecosysteemniveau te onderzoeken. Ook kan onder realistische omstandigheden de impact van stressoren zoals nutriënten, milieuvreemde stoffen, plastic- en nanodeeltjes, lichtemissie en invasieve exoten worden bepaald.

In Nederland hebben we momenteel 'on-campus' experimentele systemen voor land- en wateronderzoek (bijvoorbeeld limnotrons, flume, proefvijvers, proefsloten, bodem-ecotrons en mesocosms) en daarnaast 'on-site' experimentele veldlocaties in een aantal ecosystemen (CLUEvelden, NutNet site, exclosures).

**XL-EFES** zet een essentiële volgende stap. Door het gecoördineerd inrichten van grootschalige experimentele outdoorfaciliteiten ('on campus' en 'on-site') kunnen we complexe vraagstukken op het gebied van ecologie, milieu en klimaat onder gecontroleerde omstandigheden beantwoorden. Daartoe worden bestaande experimentele faciliteiten verbonden en nieuwe faciliteiten in alle relevante ecosystemen voor Nederland gecreëerd: van natuurlijke tot urbane systemen en energielandschappen. Daarnaast wordt een directe koppeling gemaakt met artificial intelligence en machine learning. Dat maakt een daadwerkelijke simulatie mogelijk van complexe ecosystemen door middel van digital twinning. Partners zijn NIOO-KNAW (trekker), NIOZ-NWO, Naturalis, Westerdijk Instituut-KNAW, Universiteit Twente en universiteiten met een ecologie afdeling (WUR, UL, UU, RUG, RU, UvA, VU).

### **Impact**

Ecosystemen kenmerken zich door de complexe interacties tussen organismen onderling en met hun leefomgeving. Ze voorzien in diensten zoals zuurstofproductie, koolstofopslag en duurzame water- en voedselvoorziening. Menselijke activiteiten hebben een enorme impact op de samenstelling en het functioneren van ecosystemen. Veel van de gevolgen zijn het resultaat van niet-lineaire processen, die zich niet goed laten voorspellen met kleinschalige laboratoriumexperimenten. Aan de andere kant zijn veel veldsituaties te complex om oorzaak-gvolgrelaties te ontrafelen. De inzet van grootschalige experimentele ecosysteemfaciliteiten in combinatie met artificial intelligence en machine learning ten behoeve van digital twinning maakt het mogelijk simulaties uit te voeren met gegevens van complexe ecosystemen. Hiermee kunnen we de gevolgen van biodiversiteit- en klimaatveranderingen beter voorspellen en sturen op behoud van belangrijke ecosysteemdiensten.

Met XL-EFES maakt Nederland een grote stap met de integratie van experimentele ecosystemen en AI, en sluit daarbij goed aan bij de nieuwe Europese ontwikkelingen (onder andere AQUACOSM-plus, ANAEE.EU en ECOTRON-Hasselt).

## **UNLOCK**

GWI-plan: **UNLOCKing Microbial Diversity for Society**

Acroniem: **UNLOCK**

### **Algemene Beschrijving**

Micro-organismen zijn geboren teamspelers, en microbiële gemeenschappen zijn essentieel voor een veelvoud aan natuurlijke en biotechnologische processen en toepassingen. NWO investeert samen met Wageningen University & Research en de TU Delft in UNLOCK, een onderzoeksfaciliteit die volledige integratie van alle vereiste expertises biedt in vier complementaire platforms. Het Biodiscovery platform dient de ontdekking en karakterisatie van nieuwe micro-organismen. Daarnaast kunnen biomoleculaire analyses biologische monsters volledig geautomatiseerd karakteriseren. Het Modular bioreactor platform faciliteert onderzoek naar duurzame oplossingen voor milieuvraagstukken, zoals afbraak van (micro)verontreinigingen, duurzaam opwekken van energie en herwinning van grondstoffen uit complexe afvalstromen. Met het Parallel Bioreactor platform kunnen gebruikers in bioreactoren tientallen experimenten gelijktijdig onder verschillende condities uitvoeren. Het FAIR dataplatform zorgt voor opslag, verwerking en interpretatie van de grote hoeveelheid data uit de experimentele systemen in een cloud-gebaseerde infrastructuur die volgens FAIR principes is opgezet.

### **Impact**

Microbiële gemeenschappen zijn essentieel voor een breed scala aan natuurlijke en biotechnologische processen en toepassingen. UNLOCK biedt de nodige infrastructuur voor de analyse en oplossing van belangrijke maatschappelijke uitdagingen in de komende decennia, gerelateerd aan voedselproductie, gezondheid, milieu-bescherming, klimaatverandering en duurzame biotechnologische productie van chemicaliën. UNLOCK biedt oplossingen voor de verregaande integratie van de verschillende deelgebieden van het onderzoek, een ontwikkeling waarop onderzoekers van microbiële mengculturen met smart hebben gewacht. UNLOCK is open voor gebruikers van universiteiten, onderzoeksinstellingen en het bedrijfsleven uit binnen- en buitenland, en maakt onderzoek en ontwikkelingen mogelijk op ongekende snelheid en met ongekende resolutie.

## **NPEC**

GWI-plan: **Netherlands Plant Eco-phenotyping Centre**

Acroniem: **NPEC**

### **Algemene Beschrijving**

NPEC is een geïntegreerde nationale onderzoeksfaciliteit, gezamenlijk gehuisvest door Wageningen University & Research en de Universiteit Utrecht en financieel ondersteund door NWO. NPEC faciliteert grootschalige, hoge resolutie analyse van plantresponsen en bevordert daarmee het begrip van plantprestaties in een veranderende biotische en abiotische omgeving. De invloed van de interactie met naburige planten, microben en andere organismen alsook factoren als lichtkwaliteit, kwaliteit van de bodem en atmosfeer kunnen onderzoekers binnen NPEC in zes verschillende modules (Ecotrons, Plant-Microbe Interaction, MultiEnvironment, High-Throughput Controlled Environment, Greenhouse, Open Field) op verschillende organisatieniveaus nauwkeurig in kaart brengen. Hierdoor ontstaat een realistisch perspectief op het effect van (a)biotische interacties op het planten-fenotype. NPEC levert haar gebruikers experimentele schaalvergrotting, hogere resolutie en nieuwe vormen van data en waarborgt bovendien goed gestructureerde metadata, FAIR opgeslagen in een cloud-omgeving inclusief datavisualisatie- en analysetools.

### **Impact**

Planten zijn essentieel voor onze toekomst, waarin steeds meer van ons voedsel, het voedsel voor onze dieren en verschillende andere producten van planten gemaakt zal worden. NPEC maakt de ontwikkeling mogelijk van nieuwe, robuuste gewassen en optimale teeltsystemen die nodig zijn voor toekomstige voedselproductie en voedselzekerheid. NPEC biedt een unieke en geïntegreerde faciliteit die de toonaangevende Nederlandse kennisinstellingen én industrie op het gebied van plantengenetica, plant-microbe interacties en ecologie versterkt. NPEC zal talent uit andere domeinen en uit het buitenland aantrekken. Automatische fenotyping kan enorm bijdragen aan betere methodes voor efficiënte gewasveredeling en duurzame gewasproductie.

## BIOTECH-NL

GWI-plan: **Een geïntegreerd voorstel voor de systeemgerichte inzet van synthetische biologie voor op maat gemaakte biokatalysatorontwikkeling in de Industriële Biotechnologie (BIOTECH-NL), onder leiding van IBISBA-NL, met aansluiting van SMART-FABRIC, UNLOCK en WI-KNAW.**

Acroniem: **BIOTECH-NL. Brengt de plannen IBISBA-NL en SMART-FABRIC bijeen, plus onderdelen van de plannen van Westerdijk Fungal Biodiversity Institute.**

### Algemene Beschrijving

De transitie van de huidige lineaire, petrochemische economie naar een circulaire economie gebaseerd op biologische uitgangsmaterialen en processen is essentieel voor de duurzaamheid van onze samenleving en onze planeet. Hiervoor is het ook cruciaal om verantwoordelijk om te gaan met beschikbare natuurlijke bronnen en het milieu. Industriële Biotechnologie (IB) is hiervoor een cruciale sleuteltechnologie. BIOTECH-NL levert een IB-infrastructuur gericht op de ontrafeling van de fundamentele ontwerpregels van microbiële systemen en het voorspellen van het gedrag en de onderliggende functies op verschillende schaalniveaus, alsook de benutting van deze kennis voor het herstellen en (her)ontwerpen van natuurlijke en synthetische systemen op het gebied van biotechnologie en duurzame productie. BIOTECH-NL zet systematisch in op de benadering 'Design-Build-Test-Learn' voor op maat gemaakte biokatalysatorontwikkeling in IB. Centraal staan de FAIR generatie en behandeling van (heterogene) data en de AI-toepassingen daarvan voor experimenteel (her)ontwerp, interpretatie en voorspelling. BIOTECH-NL biedt toegang tot geavanceerde multidisciplinaire diensten die het mogelijk maken om een schat aan wetenschappelijke vragen over microbiële levensstijl, metabolisme, robuustheid, interacties en evolutie te beantwoorden. BIOTECH-NL versnelt de 'end-to-end'-ontwikkeling van (nieuwe) bioprocessen en draagt sterk bij aan de ontwikkeling en implementatie van koolstofarme technologieën met een lage ecologische voetafdruk voor een breed scala aan industriële toepassingen.

BIOTECH-NL bouwt voort op de IB infrastructuur IBISBA-NL (aangesloten aan ESFRI-IBISBA) en SMART-FABRIC [food en biobased domein], en maakt gebruik van de nagenoeg onuitputtelijke schat aan diversiteit van schimmels (WI-KNAW) en andere microben (ESFRI-MIRRI; UNLOCK). BIOTECH-NL is in eerste instantie toegankelijk voor elke wetenschapper uit de Europese academische wereld en onderzoeksinstellingen. Toegang is gemakkelijk en efficiënt via een 'one-stop-shop' (waarbij wetenschappelijke kwaliteit een doorslaggevend criterium is). Dit geeft gebruikers toegang tot vele middelen en diensten, die gestandaardiseerd worden afgehandeld en toch gericht zijn op de behoeften van de gebruiker.

### Impact

De Nederlandse wetenschap en industrie hebben een uitstekende reputatie en een lange traditie op het gebied van IB en duurzame productie. IB is de sleutel tot de bio-gebaseerde economie, omdat het duurzame productie mogelijk maakt van (semi-) bulk- en fijnchemicaliën, nutraceuticals, farmaceutische producten, materialen, voedsel en dervoeder, gebruikmakend van hernieuwbare biomassa- en energiebronnen. Op dit moment is het gebrek aan of onvoldoende toegang tot solide en efficiënte infrastructuren een belangrijk knelpunt bij de generatie en de vertaling van wetenschappelijke kennis naar marktprocessen en producten. Dat geldt met name voor kennisinstellingen en MKB's, terwijl gevestigde, grotere industrieën vanwege hun grotere structuren vaak niet over de flexibiliteit beschikken om met nieuwe innovatieve concepten te experimenteren. Daarom is het noodzakelijk dat de IB zijn R&D-krachten bundelt, de ontwikkeling van bioprocessen versnelt, doorlooptijden verkort en fundamentele R&D in de biowetenschappen koppelt aan de industriële realiteit. BIOTECH-NL geeft hiermee een verdere versterking van de Nederlandse toppositie op het gebied van duurzame technologische innovaties.

# LIFE SCIENCES & ENABLING TECHNOLOGIES

## GWI component 1: Diepe moleculaire analyses met -omics

### Algemene beschrijving

De -omics technologieën bieden een unieke mogelijkheid om de moleculaire bouwstenen van het leven te begrijpen en zo de onderliggende mechanismen van ziekte, gezondheid en nieuwe behandelingen te verklaren. Om dit te bereiken ambiëren we enerzijds de verdere ontwikkeling van analytische technieken van sequencing, massaspectrometrie en bioinformatica, en anderzijds de koppeling van deze hoogwaardige -omics analyses met functionele imaging, fenotypische en andere onderzoeksdata.

### Impact

De pionierende rol van Nederland in de ontwikkeling van massaspectrometrietechnologieën zal uitgebreid worden naar ultragevoelige metabole fenotypering. Hiermee kunnen de gevolgen van post-translationele eiwitmodificaties en afwijkende biochemische patronen in cellen en weefsels ontdekt worden en vertaald naar meer gevoelige en persoonsgerichte klinische biomarkers.

Door koppeling van de multi-omics analyses met imaging, en met name door dit op functionele wijze in de tijd te doen, kunnen we stofwisseling functioneel gedetailleerd uitlezen en zo levensprocessen op cel en weefselniveau beter begrijpen. Dit zal een sterke basis leveren voor begrip van ziekteprocessen waarmee we betere **medicijnen** kunnen ontwikkelen.

Middels hoog volume genomics en metabolomics platforms zullen we binnen het Europese 1 Million Genome Project een Nederlandse functionele genoom databank genereren. Zo borduren we voort op bestaande Nederlandse cohortdata, gaan we de genotype-fenotype relatie in gezondheid en ziekte gedetailleerd begrijpen en zo de basis leggen voor **preventie**.

### GWI-plannen

De GWI clusters **X-omics**, **M4i** en **BDC** willen technieken ontwikkelen en perfectioneren om de functie van moleculaire bouwstenen (DNA, RNA, eiwit, metabolieten) en varianten daarvan in hun natuurlijke omgeving te bestuderen, voor een beter begrip van gezondheid en ziekte. Hierbij zal gebruik gemaakt worden van single cell omics, spatial flux-omics en massaspectrometrie imaging in combinatie met digitale pathologie en beeldanalyse. De GWI **Proteomics Center** focust hierin op technieken ter bestudering van post-translationele modificaties van eiwitten en de gevolgen daarvan in ziektes.

De GWI's **NPC**, **NMPC** en **M4i** ambiëren de ontwikkeling van ultrasensitieve massaspectrometrietechnieken voor een beter begrip van de structuur van eiwitten en metabolieten en hun functie in life sciences. Dit omvat single molecule en single cell proteomics/metabolomics, de novo sequencing, analytische en functionele annotatie van miljoenen varianten van eiwitten en metabolieten, karakterisatie van hogere orde structuren van eiwitten, alsook integratie met andere structural biology platforms zoals EM, NMR etc.

**DGCD**, **X-omics** en **NMPC** zijn voornemens binnen het Europese 1 million Genome project een Nederlandse genoom databank te genereren om zo de genotype-fenotype relatie in gezondheid en ziekte gedetailleerd te begrijpen en de basis te leggen voor preventie. Dit zal gebeuren in samenspraak met de GWI groep Health Sciences.

## GWI component 2: Visualisatie van dynamische processen in life sciences

### Algemene beschrijving

De complementaire imaging technieken kunnen moleculen en eiwitten met de hoogst mogelijke resolutie visualiseren in hun biologische omgeving, en hun functie in (sub)cellulaire processen begrijpen. Om dit te bereiken willen we de fundamenteen van de imagingtechnieken versterken, de grenzen van de haalbare resolutie verleggen, en verschillende technologieën binnen en tussen de LSET componenten verbinden. De koppeling van de imaging expertises met -omics analyses om (veranderende) functies van intracellulaire processen in de tijd te meten, maakt een beter begrip en manipulatie mogelijk van levensprocessen op cel- en weefselniveau, daarbij gebruikmakend van binnnen de LSET-groep ontwikkelde toolboxen en modellen.

### Impact

De combinatie van de verschillende imaging expertises binnen de LSET groep zal een (inter)nationale unieke geïntegreerde infrastructuur opleveren om zeer ambitieuze (moonshot) uitdagingen mogelijk te maken in life sciences, materiaalkunde, kliniek, biotech en agrifood. Visualisatie van eiwitstructuren en functies met high-throughput technieken zal het mogelijk maken om cellulaire processen kwantitatief te analyseren en te manipuleren. De brug tussen de verschillende imaging en -omics technieken ('visual -omics') zal samen met de ontwikkeling van AI-gedreven data-analyse leiden tot een toegankelijke nationale infrastructuur voor al onze onderzoekers en tot grensverleggende ontdekkingen en toepassingen. Met de ontwikkeling van imaging-technieken die de grenzen van de haalbare resolutie verleggen kunnen we structuren van moleculen en eiwitten in cellen en weefsels bepalen, liefst in hun natuurlijke omgeving. Dit zal leiden tot een revolutie in fundamentele inzichten, en tot innovatieve toepassingen voor de ontwikkeling van biomarkers, vaccins en personalized medicine voor complexe ziektes zoals kanker, obesitas en neurodegeneratieve ziektes.

### GWI-plannen

Het nationale GWI cluster **NL-BioImaging** wil moleculaire processen in levende cellen, weefsels en organismes visualiseren en kunnen kwantificeren en manipuleren door middel van high-content screening gecombineerd met binnnen de LSET ontwikkelde tools. In samenwerking met de GWI biomoleculaire beeldvorming **AMICE** willen we zo de grenzen verleggen van ons begrip van processen in het leven en bij ziektes, leidend tot innovatieve therapeutische toepassingen. Om het moleculaire metabolisme in een enkele cel te kunnen bestuderen zal er een brug tussen moleculaire imaging en massaspectrometrie ontwikkeld worden door de GWI **M4i**, met focus op immunologische toepassingen. Het nationale GWI cluster **NEMI** gaat de ontwikkeling van toegankelijke, grensverleggende resoluties uitbreiden om vraagstellingen binnen de fundamentele en toegepaste life sciences op te lossen. Het gebruik van ultra-high field NMR gaat het nationale cluster **uNMR** tot volle potentie ontwikkelen om processen in de chemie en biologie op hoogste resolutie te bestuderen, en evenals NEMI zorgen voor de ontwikkeling van innovatieve (bio)materialen nodig voor de energietransitie en de verduurzaming van de samenleving.

## GWI component 3: Ontwikkeling van unieke tools en integratie met toepassingsmodellen

### Algemene beschrijving

De -omics en imaging GWI's kunnen optimaal floreren door de kruisbestuiving met de ontwikkelde tools en modellen binnen de LSET groep. Zo zullen unieke tools ontwikkeld worden om biologische processen te kunnen bestuderen van molecuul tot levende cel, en uiteindelijk leiden tot farmacologie in levende organismen. Ook worden verschillende grootschalige infrastructuren ontworpen waarmee we hoog-infectieuze pathogenen, ziektes als kanker maar ook metabole en veroudering relateerde ziektes bestuderen, daarmee leidend tot biomedische toepassingen. Al deze activiteiten zijn nauw verbonden met de -omics en imaging GWI componenten binnen LSET inclusief datamanagement en AI data-analyse.

### Impact

In de komende jaren willen we het ‘druggable genome’ in kaart hebben gebracht. Dit doen we door middel van een te ontwikkelen chemische toolbox om processen in cellen en weefsels te visualiseren en te relateren aan specifieke genetische en metabole eigenschappen. Naast genetisch vastgelegde eigenschappen in het proteome zal er ook een infrastructuur ontwikkeld worden voor de bepaling van veranderingen in glycan structuur en biologische eigenschappen bij organismes. Geïntegreerd binnen de ontwikkelde -omics en imaging platforms zullen we dit doortrekken naar toepassingen binnen verschillende unieke onderzoeksmodellen met infrastructuren voor onderzoek met hoog-virulente pathogenen, ziekte-gerelateerde onderzoeken in proefdieren, en preklinische metabole studies met mensen.

### GWI-plannen

De GWI CPC zal met nieuwe faciliteiten een uitgebreide chemische toolbox ontwikkelen voor de -omics en imaging GWI's met focus op activity-based probes om enzymactiviteit te meten in cellen en weefsels, en op drug-profiling screens om nieuwe ontdekkingen en toepassingen mogelijk te maken inclusief nieuwe geneesmiddelen. Doel van de GWI Glycoenable-NL is de creatie van een unieke toolbox en infrastructuur voor de bestudering van glycans. De diverse metabool-gerelateerde innovaties door verschillende LSET GWI's zullen tot toepassingen leiden bij de GWI MRUM voor meerdaagse stofwisselingsstudies met personen met metabole ziektes. Dat maakt de koppeling mogelijk tussen gedetailleerde moleculaire fenotyping en deep metabolic phenotyping om zo cellulaire en preklinische bevindingen te toetsen in de mens. De GWI MCCA2.0 maakt voor onderzoekers de uitvoering mogelijk van preklinische *in vivo* studies op het gebied van kanker en veroudering, terwijl de GWI BSL3 juist studies met hoog-pathogene micro-organismes (klasse III) in geïsoleerde ruimtes faciliteert en uitvoert.

# MEDICAL SCIENCES

## AT&MS

GWI-plan: **Advanced personalized Therapies & human Model Systems**

Acroniem: **AT&MS**

### Algemene Beschrijving

Innovatieve stamceltechnologie vormt het fundament als je levensprocessen in de zieke en gezonde mens wilt begrijpen, volgen en beïnvloeden. Stamcellen zijn essentieel voor het maken van levenssechte weefselsmodellen (MS) en voor de realisatie van gepersonaliseerde medicatie en cel- en gentherapieën (AT). Het AT&MS-plan bundelt de krachten in Nederland. De beoogde infrastructuur, verdeeld over de GWI's AT: ICAT (voorheen Utrecht CTF), NECSTGEN, NPORT, hDMT INFRA, RMU, omvat expertisecentra voor stamceltechnologie, ontwikkelingsbiologie, Orgaan-op-Chip en organoïde technologie, ontwikkelingslaboratoria, translationele en GMP-expertise. *Betrokken partners:* alle UMC's en TU's, Universiteit Utrecht, Universiteit Leiden, Universiteit Maastricht, Rijksuniversiteit Groningen, Hubrecht Instituut, TNO, Prinses Maxima Centrum, Utrecht Science Park, provincie Zuid-Holland, RegMedXB, hDMT, gemeente Leiden, Leiden BioScience Park, CCRM, UCL en IZI Frauenhof Leipzig.

### Impact

Met het AT&MS-plan behoudt Nederland zijn wereldwijde voorsprong op het gebied van stamceltechnologie en humane organoïde- en Orgaan-op-Chip modellen. Het plan resulteert in fundamenteel nieuwe moleculaire, celbiologische en genetische inzichten in de oorzaken van ziekten en de optredende individuele verschillen, en legt daarmee de basis voor gepersonaliseerde behandelingen. Het plan zal wetenschappelijke doorbraken versnellen en op basis van de verkregen fundamentele nieuwe inzichten leiden tot de juiste therapie voor elk individu. Daarnaast zal het plan resulteren in een grote maatschappelijk impact door grotere effectiviteit van medicijnontwikkeling, lagere medicijnkosten, versnelling van de beschikbaarheid van medicijnen en reductie van dierproeven. Het AT&MS-plan sluit aan bij de Europese Organ-on-Chip roadmap, en vergroot met de infrastructuur de innovatie- en aantrekkingskracht voor (inter)nationale wetenschappers en life sciences bedrijven.

## PIGI

GWI-plan: **Precision Imaging and Image Guided Intervention**

Acroniem: **PIGI**

### Algemene Beschrijving

Beeldvormende technieken vormen een cruciaal navigatiesysteem ('Tom Tom') tijdens vrijwel iedere fase van klinisch handelen en dragen bij aan 'therapie op maat': optimale effectiviteit en geringe bijwerkingen. Het speelt een rol bij initiële diagnose, stadiëring, monitoring en prognose: welke ziekte is het, waar is de ziekte gelokaliseerd, hoe ernstig is de ziekte, is de beoogde therapie effectief? Beeldvormende technieken zijn betrokken bij de planning en gerichte uitvoering van behandeling c.q. afgifte van medicijnen, ongeacht of het operatie, bestraling, chemotherapie, immuuntherapie, celtherapie of nanotherapie betreft. Met geavanceerde technologie verdeeld over de GWI's DYNAMIC, CIS, Spinoza, Scannexus, Radboud Imaging Center, MITec, HollandPTC, Amsterdam Molecular Imaging Center, wil PIGI een beter fundamenteel begrip krijgen van pathologische processen en condities, wat betreft de anatomische, fysiologische, metabole en moleculaire aspecten.

### Impact

Gerichte effectieve behandeling leidt uiteindelijk tot lagere kosten. Nederland loopt internationaal voorop in medische beeldvorming door strategische investeringen in onder meer hoog veld MRI, moleculaire tracers (PET) en beeldgestuurde interventies verspreid over expertisecentra. De resultaten uit dit toponderzoek leiden tot klinische translatie en economische exploitatie via veelal Nederlandse bedrijven.

# HEALTH SCIENCES

## CONNECTION

GWI-plan: **Verbreden van data-collecties**

Acroniem: **CONNECTION (CONtiNue vErnieuwend CiTiZens jOurNEY)**

### Algemene beschrijving

Door het verbinden van reeds bestaande administratieve gegevens, populatie cohorten en klinische gegevens, en het verrijken van deze gegevens met relevante dataverzamelingen bijvoorbeeld CBS data, data over de leef- en sociale omgeving, persoonlijke gezondheidsomgevingen (PGOs) maar ook door burgers zelf vergaarde gegevens over leefstijl en sport), kan de fenotypische diepte (omgeving, gedrag, leefstijl, biomedische gegevens, ziekte en gezondheid) van bestaande collecties worden vergroot.

### Impact

Wetenschappelijk onderzoek dat gebruik kan maken van bovenstaande infrastructuur zal leiden tot beter inzicht in de verschillende psychosociale en maatschappelijk effecten die in combinatie met genetische aanleg een rol spelen bij het optimaal handhaven van gezondheid. Met deze benadering zullen we in staat zijn om het voor-komen en het natuurlijk beloop van veel voorkomende aandoeningen in kaart te brengen. En ook inzicht krijgen in de oorzaken en het mechanisme van deze aandoeningen, leidend tot mogelijkheden voor preventie en behandeling. Ook het omgekeerde, nl. verwerven van kennis over resteffect van doorgemaakte ziekte en onderlinge effecten van meerdere ziektes (multi morbiditeit) op verdere levensloop krijgt hiermee unieke nieuwe mogelijkheden die vertaald kunnen worden in maatregelen tot beter behoud en verbetering van gezondheid.

## DEEP

GWI-plan: **Verdieping van datacollecties**

Acroniem: **DEEP (DEEP Phenotyping)**

### Algemene beschrijving

DEEP richt zich op het verrijken van de gegevens set in de Nederlandse cohortinfrastructuur op individueel niveau door additionele dataverzameling. Dit zal mede worden gerealiseerd door het ontsluiten van research faciliteiten die diepe fenotypering van burgers/patiënten mogelijk maken, zoals bv DNA sequencing en imaging. Het doel is om biologische samples en patiënten veel gedetailleerder te karakteriseren via deze meet-infrastructuren voor ‘routinematische’ diepe fenotypering zodat omgeving, leefstijl en gedragsdata (exposoom), naadloos gekoppeld kunnen worden aan biologische veranderingen (microbiom, metaboloom, proteoom, epigenoom, genoom) en gezondheid.

### Impact

In combinatie met geavanceerde data analysetechnieken (AI) zal de nog rijkere fenotypering die deze component van de GWI plannen realiseert nieuw wetenschappelijk onderzoek mogelijk maken wat moet leiden tot het robuust identificeren van oorzaken van ziektes en factoren die gezondheid bevorderen, betere biologische inzichten en mogelijkheden tot farmacologische, en leefstijl interventies, en betere voorspellende modellen voor ziekte en gezondheid. Door het operationaliseren van de infrastructuur voor diepe-fenotypering zal het onderzoeksveld in Nederland een enorme stap zetten in het beantwoorden van complexe gezondheidsvragen. Bovendien biedt dit de mogelijkheid om in de ‘real world’ kleine subgroepen te identificeren die in aanmerking komen voor een specifieke, innovatieve interventie in onderzoeksverband.

## LIDI-NL

GWI-plan: **Continue gegevensverzameling over de tijd (longitudinale benadering)**

Acroniem: **Lifecourse Data Integration Nederland (LIDI-NL)**

### Algemene beschrijving

In Nederland is veel longitudinale data (herhaalde metingen over de tijd per studie deelnemer) verzameld in de afgelopen 10-30+ jaar over de leefsituatie, gedrag en gezondheid in een diversiteit aan populaties: doorsnedes van jongeren, ouderen, families, tweelingen, populaties met diverse etnische achtergrond en geografisch verspreid over Nederland. Mits privacy gewaarborgd blijft zijn deze prospectieve cohortdata koppelbaar aan datastromen verzameld bij huisartsen-, ziekenhuis, en overheidsorganen zoals CBS. Een aantal cohorten heeft daarnaast bij herhaling biologisch materiaal en -omics data verzameld. LIDI-NL beoogt de integratie van data uit de rijk gefenotypeerde en herhaalde metingen èn een uitbreiding naar geharmoniseerde nieuwe data collecties in relevante cohorten te coördineren. Optimale benutting van aanwezige en nieuwe actuele data vereist een raamwerk van activiteiten om een continuüm van waarnemingen over de levensloop te koppelen, de ontbrekende delen van data te lokaliseren, nieuwe (dynamische) dataverzameling en sampling van cohorten te optimaliseren en data flexibel te verzamelen. Dit vereist strakke regie op de participatie van deelnemers en methodes om resultaten systematisch naar deelnemers terug te brengen in begrijpelijke vorm.

### Impact

De integratie van relevante cohorten en nieuwe dataverzameling in LIDI-NL maakt het mogelijk om de invloed van biologische factoren, gedrag en omgeving vast te stellen op gezondheidsuitkomsten gedurende de levensloop. Met deze kennis kunnen de gezondheidsuitkomsten geoptimaliseerd worden met geïndividualiseerde gezondheidsinterventies en daaraan gekoppelde herhaalde metingen. Dit betreft uitkomsten van zowel chronische ziekten zoals diabetes, obesitas, of multi-morbiditeit als de respons op plots ontstane ziekten zoals (COVID) infecties. Het betreft daarnaast ook de effecten van preventieve en klinische behandeling. Een landelijk netwerk van (theoretisch) methodologische en epidemiologische expertise zal dit initiatief begeleiden om enerzijds de opzet en analytische kwaliteit van de studies te waarborgen, en anderzijds innovatieve studie-opzetten te ontwikkelen en implementeren.

## DAPHNE

GWI-plan: **FAIRificatie & data integratie**

Acroniem: **DAPHNE (DatA Pooling tHe Next lEvel/ DatA Pooling tHe NL lEvel)**

### Algemene beschrijving

Nederland is rijk aan hoogkwalitatieve gezondheidsdata uit grootschalige populatie en klinische cohorten. Het samenbrengen van deze gegevens in een federatieve analyse omgeving is een volgende stap om het rendement te vergroten, zowel door de bijbehorende schaalvergroting als door FAIRificatie van data. Afsprakenstelsels, methodieken en tooling zijn nodig om gegevens van bestaande cohorten i) aan elkaar te linken(harmonisatie van data) en ii) te verrijken met data uit registraties (NKR, NIVEL, PALGA etc.), gezondheidsinstellingen (ziekenhuizen, apotheken, huisartsen, GGD, GGZ etc.), overheidsinstellingen (CBS etc.) en relevante andere datacollecties (NIFER etc.), alswel als deze iii) uit te breiden met nieuwe prospectief geharmoniseerde dataverzamelingen op een gestandaardiseerde, herbruikbare manier. Bij al deze handelingen moet de privacy van deelnemers en patiënten gewaarborgd zijn.

Deze infrastructuur bestaat uit de volgende essentiële componenten:

- platform voor data aanvragen en gecontroleerde toegang tot gegevens van alle cohorten;
- retrospectieve en prospectieve harmonisatie van cohortgegevens;
- een app store voor vragenlijsten, meetmethoden/SOPs;
- generiek informed consent in lijn met de privacywetgeving (AVG) met maximale mogelijkheid tot koppelen van gegevens en het uitvoeren van nieuw, innovatief onderzoek;
- generieke dataopslag en data analyse faciliteiten die federatieve analyse mogelijk maken.

## **Impact**

Het ondersteunen van geharmoniseerde gegevensverzameling en data-integratie biedt nieuwe kansen om de determinanten van gezondheid en ziekten te ontrafelen. Schaalvergroting biedt ongekende nieuwe onderzoeks-mogelijkheden om de complexiteit van gedrags-, omgevings-, psychosociale, sociaal economische en biologische interacties in het behoud van gezondheid en de ontwikkeling van ziekten beter te begrijpen. De nieuw ontdekte kennis kan worden vertaald naar effectievere, preciezere preventiemogelijkheden op populatieniveau met bijvoorbeeld aandacht voor geslachtsverschillen. Tevens zal de systematische implementatie van DAPHNE voorzien in de hoogkwalitatieve data die de sleutel vormt tot grootschalige toepassing van federatieve machine learning en andere AI technieken in het Nederlandse gezondheidsonderzoek, zoals verder geïmplementeerd in de 5<sup>e</sup> GWI component MoMaSim. Ten slotte zal Daphne ons in staat stellen om burgers/patiënten te identificeren en uit te nodigen voor deelname aan adaptieve/innovatieve studies.

## **MoMaSim**

GWI-plan: **Machine learning, modeling & simulatie**

Acroniem: **MoMaSim**

### **Algemene beschrijving**

De rijke set data die gezamenlijk via de gefedereerde Nederlandse cohort infrastructuur kan worden ontsloten biedt de basis voor belangrijke wetenschappelijke doorbraken. Hiertoe zullen grote hoeveelheden, vaak hoog-dimensionale data moeten worden geanalyseerd. AI technieken zijn bijzonder krachtig in het ontdekken van relaties tussen zulke hoog-dimensionale data. Investeringen zullen nodig zijn om de data van de Nederlandse cohort-infrastructuur “AI-ready” te maken, d.w.z. dat de data machine benaderbaar worden voor het toepassen van AI analyses. Voor fundamenteel inzicht in oorzaken van ziekteprocessen is het daarnaast noodzakelijk te komen tot causale, mechanistische modellen. Hierbij zijn modellen over het hele spectrum (van molecuul tot lichaam) nodig, met de mogelijkheid van integratie van modellen op verschillende niveaus. De modellen die we voorzien kunnen gepersonaliseerd kunnen worden: per individu kan een model met persoon-specifieke parameters worden geconstrueerd, waarmee ze dienen als basis voor nieuwe technologische toepassingen en geïndividualiseerde behandeltrajecten.

## **Impact**

Het faciliteren van de analyse van data van de gefedereerde Nederlandse cohort infrastructuur met AI en mechanistische modellen is niet alleen vernieuwend, het representeren ook een volgend niveau in data-analyse en kan zodoende tot nieuwe fundamenteel inzichten leiden in de health & life sciences. Ook kan het leiden tot het feit dat preventie en behandeling niet alleen worden gebaseerd op correlatieve en instantané waarnemingen, maar op een complex, causaal model waarin gepersonaliseerde parameters zijn opgenomen. Dit heeft grote potentie voor patiënt-specifieke behandeltrajecten (bv. obesitas), nieuwe technologie (bv. closed-loop systemen (bv. cardiovasculaire toepassingen en brein-machine interfaces) en medicijnontwikkeling. Ook biedt het een unieke mogelijkheid om verbinding te maken met burgers.

### **Benodigde investering**

Dese digitale infrastructuur vereist investering in:

- 1 Modellerings-, simulatie en AI-software en ontsluiting voor wetenschappers (FAIR-compliant modellen/software met rijke metadata);
- 2 Bijbehorende high-performance computing faciliteiten en ontwikkelen van een modellerings-, simulatie- en AI-software infrastructuur voor gebruikers;
- 3 Software om de vertaalslag te maken van gefedereerde datasets naar modellen en AI-analyse;
- 4 Software en rekencapaciteit om modellen retro- en anterograad te toetsen aan observaties en modellen aldus te valideren en verbeteren;
- 5 Software en rekencapaciteit om modellen toe te passen richting individuele behandeltrajecten en nieuwe technologische toepassingen;
- 6 Dashboards voor burgers om met hun data en hierop gebaseerde modellen aan de slag te gaan met het oog op eigen life-journey planning, preventie en public awareness.

# SOCIAL SCIENCES & HUMANITIES

## SSH-INFRA- COMPUTE

GWI-plan: **Veilige High-Performance Computing voor de Sociale en Geesteswetenschappen**

Acroniem: **SSH-INFRA- COMPUTE**

### Algemene Beschrijving

ODISSEI & CLARIAH hebben gezorgd voor enorme verbeteringen in de interoperabiliteit van data. Hierdoor kunnen diverse datasets aan elkaar worden gekoppeld om nieuwe vragen te beantwoorden. Dit zal een grote impact hebben op zowel de wetenschap als de samenleving, maar resulteert ook in twee uitdagingen specifiek voor de sociale en geesteswetenschappen.

- 1 De gegevens zijn complexer wanneer ze worden gekoppeld. Ze doorkruisen meerdere lagen en koppelen verschillende soorten betrokkenen in complexe contextuele datamodellen. Deze modellen zijn zo complex en rijk dat ze steeds vaker worden aangeduid als een 'digital twin' van de Nederlandse samenleving.
- 2 De gegevens zijn meer privacygevoelig wanneer ze worden gekoppeld. Arbeidsgegevens zijn bijvoorbeeld persoonlijk en dus potentieel privacygevoelig. Maar wanneer deze gegevens worden gekoppeld aan medische dossiers, neemt de gevoeligheid van de gegevens verder toe.

SSH-INFRA-COMPUTE zal de gevoeligheid en complexiteit van SSH-gegevens adresseren door onderzoekers te voorzien van hoogwaardige, veilige en flexibele analytische computeromgevingen.

### Impact

Nieuwe dataproviders, zoals uitgevers en particuliere bedrijven, hebben verschillende beveiligingseisen en computationele configuraties nodig om hun data in het SSH-datalandschap in Nederland in te brengen. In samenwerking met SURF gaan de SSH-GWI computationele oplossingen ontwikkelen die de integrale exploitatie van de data binnen ODISSEI, CLARIAH en daarbuiten mogelijk maken. De ODISSEI Secure Supercomputer heeft hiervoor een eenvoudige en initiële basis verschaft. Een verdere uitbreiding van de rekenfaciliteiten voor SSH zou het mogelijk maken om nieuwe niveaus van complexiteit te vangen en verdere wetenschappelijke en maatschappelijke vragen te beantwoorden.

## SSH-INFRA- DATA

GWI-plan: **Gefedereerd data-verzamelingsplatform voor de Sociale en Geesteswetenschappen**

Acroniem: **SSH-INFRA- DATA**

### Algemene beschrijving

ODISSEI, CLARIAH, NICAS en EHRI verzamelen en verwerken een breed scala aan complexe en gelaagde gegevens, variërend van sociale enquêtes en belastinggegevens tot handgeschreven zeventiende-eeuwse teksten en sociale mediagegevens. Om de diepe, diachrone context van dergelijke gegevens vast te leggen, zijn investeringen nodig in een nieuwe infrastructuur voor gegevensverzameling. Zo kan gebruik gemaakt worden van de nieuwste technologieën en daarmee verminderen de langetermijnkosten van het opnemen van gegevens in de verschillende SSH-infrastructuren. Het gaat dan bijvoorbeeld om:

- 1 Nieuwe infrastructuur voor het oogsten, verwerken en archiveren van de exponentieel toenemende hoeveelheid digitale content die online beschikbaar is.
- 2 Ontwikkelen van online survey datacollecties die snelle en kosteneffectieve dataverzameling mogelijk maken met behoud van de kwaliteit en continuïteit van dataverzamelingen.
- 3 Een platform voor de uitvoering van online experimenten met zeer grote groepen participanten en voor *citizen science* projecten, waarmee het PaNL-project wordt uitgebreid en verbeterd.

Om te investeren in nieuwe technologieën en voor de coördinatie van dataverzamelingen binnen het hele domein, is een federatieve infrastructuur voor gegevensverzameling nodig.

## **Impact**

De SSH-INFRA-DATA-infrastructuur zal leiden tot een gecoördineerde, ex-ante afstemming van multidimensionale en rijke gegevensverzamelingsinspanningen binnen het hele domein. Deze coördinatie zal de sociale – en geesteswetenschappen in staat stellen deel te (blijven) nemen aan internationale infrastructuren, waaronder SHARE, ESS, GGP, CLARIN en DARIAH. De coördinatie zal ook de verdere integratie van deze gegevensverzamelingen stimuleren, waardoor interdisciplinair onderzoek wordt vergemakkelijkt. De infrastructuur zal bijvoorbeeld verder investeren in de verzameling, verwerking en oplijning van tekst- en audiomateriaal, die van vitaal belang zijn voor onderzoek in de sociale en geesteswetenschappen. De schaalvergroting zal ook de mogelijkheden voor nieuwe innovaties en nieuwe onderzoekslijnen vergroten.

## **SSH-INFRA- FAIR**

GWI-plan: **FAIR Implementatie voor de Sociale en Geesteswetenschappen**

Acroniem: **SSH-INFRA- FAIR**

### **Algemene Beschrijving**

FAIR-implementatie is een fundamentele uitdaging voor alle wetenschappen en een obstakel voor de realisatie van de European Open Science Cloud. De infrastructuren in het SSH-domein willen de uitdaging gezamenlijk aangaan. Daarvoor zijn investeringen, samenwerking en verdere integratie van inspanningen noodzakelijk. DANS is actief geweest in de ontwikkeling van het ODISSEI-portaal en de interoperabiliteitsnormen van CLARIAH, maar er moet nog veel gebeuren om een volledig FAIR SSH-cluster in 2030 te realiseren:

- Monitoren en handhaven van FAIR-standaarden in het SSH-domein in samenwerking met Digital Competence Centres (DCC's) en dataproviders.
- Integreren en in kaart brengen van metadatastandaarden van niet-wetenschappelijke dataleveranciers zoals particuliere bedrijven, museumcollecties en overheidsinstanties.
- Het oplijnen en in kaart brengen van SSH-standaarden met die van andere domeinen, met name in de levenswetenschappen en milieuwetenschappen.
- De ontwikkeling en inzet van FAIR Implementatie-tools om lokale datastewards en datacontrollers te assisteren.

## **Impact**

De succesvolle implementatie van FAIR in het SSH-domein zal het rendement verhogen op investering in een breed scala aan lopende projecten en bestaande infrastructuren. De kern van zowel de sociale wetenschappen als de geesteswetenschappen bestaat uit een gedeelde set van onderliggende data-subjecten (zoals mensen, organisaties en plaatsen). FAIR-datastandaarden zijn nodig om deze set als digitale objecten te documenteren en interoperabiliteit te ondersteunen. Wanneer deze standaarden in het hele domein worden gepubliceerd en geaccepteerd, maakt dat onderzoeksworkflows machinaal uitvoerbaar en zal de efficiëntie, impact en reikwijdte van wetenschappelijk onderzoek aanzienlijk toenemen. Bovendien zal het mogelijk worden de sociale dimensie te exporteren en te integreren in andere domeinen, zoals de milieu- of levenswetenschappen.

## **SSH-INFRA-TOOLS**

GWI-plan: **Toolbox voor de Sociale- en Geesteswetenschappen**

Acroniem: **SSH-INFRA-TOOLS**

### **Algemene Beschrijving**

SSH-onderzoekers hebben tools, softwareapplicaties en diensten nodig die gericht zijn op het digitaliseren, annoteren, analyseren en rapporteren van onderzoeksdata. De afgelopen tien jaar heeft zich een ontluikende gemeenschap van wetenschappelijke programmeurs ontwikkeld in de sociale- en geesteswetenschappen, wat het groeiende potentieel en de groeiende vraag naar dergelijke tools aantoon. Momenteel is de expertise van deze community verspreid over het KNAW-HUC, het eScience Center, Centerdata en SoDA-team. Deze wetenschappelijke programmeurs hebben de volgende zaken nodig:

- gemeenschappelijke standaarden voor de ontwikkeling van dergelijke tools,
- een gemeenschappelijk netwerk voor kennisuitwisseling en poolen van ontwikkelingsexpertise,
- overdraagbaarheid van vaardigheden en kwalificaties om de circulatie van expertise tussen centra mogelijk te maken,
- investering in de loopbaantrajecten van wetenschappelijke programmeurs en de erkenning van hun wetenschappelijke werk.

De Toolbox voor de Sociale – en Geesteswetenschappen zal deze steeds vitalere wetenschappelijke gemeenschap integreren en versterken, en grensverleggend onderzoek kunnen faciliteren.

### **Impact**

Goede tools hebben het vermogen om onderzoek te transformeren. Hiermee kunnen onderzoekers in taken sneller, efficiënter en nauwkeuriger uitvoeren. Met behulp van een verbeterde en geïntegreerde toolbox kunnen onderzoekers grote hoeveelheden gegevens doorzoeken, bewerken, analyseren en presenteren; ze kunnen onderzoeksvragen stellen die voorheen niet konden worden beantwoord, en die leiden tot nieuwe wetenschappelijke inzichten. Nederland loopt voorop op het gebied van digitale geesteswetenschappen en computationele sociale wetenschappen. De toolbox zou het SSH-cluster in Nederland veranderen in een kenniscentrum dat zijn gelijke niet kent in de wereld.

## **SSH-INFRA- TRAIN**

GWI-plan: **Expertise Hub voor de Computationele Sociale Wetenschappen en Digital Humanities**

Acroniem: **SSH-INFRA- TRAIN**

### **Algemene beschrijving**

ODISSEI en CLARIAH hebben enkele van de meest complexe en geavanceerde onderzoeks-infrastructuren in de sociale en geesteswetenschappen ontwikkeld. Het succes van deze infrastructuren wordt getemperd doordat ze moeilijk toegankelijk zijn voor onderzoekers met onvoldoende technische vaardigheden. Voor gebruik door de bredere onderzoeksgemeenschap is ondersteuning en training nodig zodat onderzoekers:

- Leren hoe ze de juiste bronnen kunnen vinden.
- Leren hoe ze sneller en effectiever met data en tools kunnen werken.
- Mogelijkheden voor tools en data in het onderwijs ontwikkelen of gebruiken.
- Leren van use cases ter inspiratie en om onderzoeksvragen te verfijnen.
- Snel inzicht krijgen in hoe bepaalde tools en datasets kunnen worden gecombineerd.
- Een gestructureerde aanpak leren gebruiken voor de analyse of verwerking van onderzoeksma-teriaal via meerdere tools.
- Leren om gemeenschappelijke onderzoeksstappen efficiënt en effectief te doorlopen.

SSH-INFRA- TRAIN zal investeren in het gebruik van bestaande infrastructuren en de scholing van onderzoekers om gebruik te maken van de infrastructuur.

### **Impact**

De impact van SSH-INFRA- TRAIN bestaat uit de ontwikkeling van een zeer geavanceerde en effectieve gemeenschap van onderzoekers. Die zal de positie van Nederland versterken als het leidende centrum voor sociale wetenschappen en geesteswetenschappen in het digitale en computationele tijdperk. De uitdagingen waarmee de sociale en geesteswetenschappen worden geconfronteerd bij de ontwikkeling van nieuwe curricula en de omscholing van generaties vooraanstaande wetenschappers, worden gedeeld over het domein. SSH-INFRA-TRAIN zal schaal en flexibiliteit bieden om deze uitdaging aan te gaan, zodat de onderzoeksgemeenschappen ten volle gebruik kunnen maken van de beschikbare infrastructuren. Het werk binnen SSH-INFRA-TRAIN zal het investeringsrendement van de infrastructuur aanzienlijk verhogen.

# BIJLAGE 4

## Nationale Roadmap 2016:

### 16 clusters en 17 individuele faciliteiten<sup>11</sup>

#### Domein Alfa/Gamma

<b>CLARIAH-PLUS</b>	Digitaliseren van analoge bronnen van tekst, beeld en geluid verbetert de toegang van onderzoekers tot grote hoeveelheden gegevens. CLARIAH-PLUS ontwikkelt slimme, gebruikersvriendelijke technieken om collecties te structureren en te ontsluiten.
<b>ODISSEI</b>	ODISSEI (Open Data Infrastructure for Social Sciences and Economics Innovation) is een geïntegreerde, flexibele infrastructuur. Deze is bedoeld voor het verzamelen, integreren, opslaan en ontsluiten van sociaalwetenschappelijke gegevens door en voor onderzoekers en anderen.

#### Domein Bèta/Techiek

<b>ATHENA</b>	ATHENA (Advanced Telescope for High Energy Astrophysics) is een ruimtetelescoop voor het waarnemen van röntgenstraling in het ‘hete en energetische universum’.
<b>CESAR</b>	Meten en modelleren van de Nederlandse wolkenluchten leidt tot meer inzicht in het ontstaan van wolken en neerslag en tot beter begrip van weer, klimaat en luchtkwaliteit.
<b>DUBBLE</b>	Zeer intense bundels van röntgenstraling, geproduceerd door de deeltjesversneller (synchrotron) in Grenoble, worden gebruikt voor zowel materiaalonderzoek als fysisch en chemisch onderzoek van materie. Ook kunnen onderzoekers met de stralingsbundels chemische en biologische processen tot op atomair niveau volgen.
<b>E-ELT</b>	E-ELT (Europese Extremely Large Telescope) combineert een extreme gevoeligheid in het zichtbare en infrarode golflengtegebied met een zeer grote doorsnede (39 meter). Met deze optische telescoop krijgen onderzoekers meer inzicht in de vorming en evolutie van het heelal als geheel, van sterrenstelsels en van afzonderlijke sterren en planeten. Ook de zoektocht naar buitenaards leven en de ontrafeling van het raadsel rond donkere materie en donkere energie krijgen een impuls dankzij E-ELT.
<b>EPOS-NL</b>	EPOS-NL is de Nederlandse inbreng in EPOS (European Plate Observatory System), de Europese infrastructuur voor aardwetenschappelijk onderzoek. EPOS-NL biedt een reeks faciliteiten voor onderzoek naar natuurlijke fenomenen als aardbevingen en zeespiegelstijging en de mogelijke risico's daarvan voor de samenleving. Ook biedt de infrastructuur mogelijkheden voor onderzoek naar het veilig gebruik van de bodem voor het winnen van grondstoffen, het opslaan van rest- en tussenproducten en de bouw van ondergrondse infrastructuren.
<b>ESS</b>	ESS (European Spallation Source) produceert neutronenstraling waarmee onderzoekers structuren en processen tot op nanoschaal kunnen bestuderen in de biologie, chemie, materiaalkunde en kunstgeschiedenis.
<b>ET</b>	ET (Einstein Telescop) is het Europese initiatief voor een ondergronds zwaartekrachtsgolf-observatorium van de derde generatie, bedoeld voor het waarnemen van zwaartekrachtgolven uit de ruimte. Zuid-Limburg geldt als mogelijke kandidaat voor de vestiging van deze Europese faciliteit.

11

Deze korte beschrijvingen van de clusters en individuele faciliteiten zijn één op één overgenomen uit de Roadmap 2016:  
<https://www.nwo.nl/onderzoeksprogrammas/nationale-roadmap-grootschalige-wetenschappelijke-infrastructuur>.

---

<b>HFML-Felix</b>	De combinatie van extreem intens infrarood laserlicht met extreem hoge magnetische velden levert verrassende ontdekkingen op. Daarin schuilt de aantrekkracht van het cluster van het HFML (High Field Magnet Laboratory) en het FELIX Laboratory – beide in Nijmegen – voor onderzoekers uit de hele wereld.
<b>ICOS-NL</b>	Met tot nu toe ongekende precisie registreert ICOS-NL (Integrated Carbon Observation System) continu de uitwisseling van broeikasgassen tussen land, zee en atmosfeer.
<b>KM3NeT</b>	Het bestuderen van neutrino's biedt mogelijkheden om meer te weten te komen over de aard van deze 'spookdeeltjes'. Ook levert het informatie op over gebeurtenissen in de verste uithoeken van het heelal.
<b>LHC-detector upgrades</b>	LHC (Large Hadron Collider) – de ondergrondse deeltjesversneller van CERN, met een omtrek van ongeveer 27 km – botsen protonen met bijna de lichtsnelheid op elkaar. Analyse van de 'scherven' die hierbij vrijkomen, biedt inzicht in de elementaire bouwstenen van materie en energie.
<b>NanoLab NL</b>	NanoLabNL biedt onderzoekers van universiteiten en bedrijven uit binnen- en buitenland toegang tot apparatuur, technieken en expertise voor het ontwerpen en fabrimeren van materialen, componenten, apparaten en systemen op een schaal van een miljoenste millimeter.
<b>NC2SM</b>	In het NC2SM (National Characterisation Center for Sustainable Materials) gebruiken onderzoekers geavanceerde spectroscopische technieken voor het analyseren van de detailstructuur en het gedrag van materialen voor duurzame toepassingen.
<b>RV Pelagia/NMRF</b>	Vergeleken met onze kennis van het landoppervlak zijn zeeën en oceanen een nog groots deels onontdekt gebied. Met het onderzoekschip RV Pelagia brengen Nederlandse onderzoekers en hun (internationale) partners daar verandering in.
<b>SKA</b>	SKA (Square Kilometre Array) wordt een uiterst gevoelige radiotelescoop, die astronomen in staat stelt om veel verder dan nu mogelijk is terug te kijken in de tijd. Zodoende hopen ze meer inzicht te krijgen in de fundamentele wetten van de fysica.
<b>Zonnecellen</b>	Om de doelstellingen van de klimaatconferentie van Parijs (2015) te halen, moet de kostprijs van het omzetten van zonlicht in elektriciteit de komende twintig jaar met een factor vier dalen. Nederlandse kennisinstellingen, voor het merendeel verenigd in NERA (Netherlands Energy Research Alliance), onderzoeken verschillende routes om dat doel te bereiken.

---

## Domein Levenswetenschappen

<b>BBMRI</b>	Het cluster Biobanking and BioMolecular resources Research Infrastructure (BBMRI) maakt biomaterialen, beelden en gegevens uit (longitudinaal) onderzoek vindbaar, toegankelijk en uitwisselbaar voor onderzoek naar het voorkomen en behandelen van ziekten met een sterk focus op het individu (personalized health & medicine).
<b>BSL3</b>	In de High Containment Research Facility (HCRF) BSL3 (Biosafety level 3) kunnen wetenschappers veilig onderzoek doen naar infectieziekten zonder gevaar voor henzelf of de omgeving. De faciliteit heeft het op één na hoogste veiligheidsniveau. Hier kunnen onderzoekers werken met veroorzakers van zeer ernstige ziekten.
<b>ELIXIR-NL</b>	Als nationaal knooppunt in het gelijknamige Europese netwerk bouwt ELIXIR-NL een digitale omgeving voor het toegankelijk en uitwisselbaar maken van de data die de levenswetenschappen genereren. In eerste instantie ligt de nadruk op biomedische data, als onderdeel van het Health-RI initiatief, maar volgens plan zal de infrastructuur gaan fungeren als een brede Life Science Data Exchange.
<b>ISBE</b>	ISBE (Infrastructure Systems Biology Europe) biedt onderzoekers in de levenswetenschappen de expertise en de gereedschappen om verschillende typen data te integreren in computermodellen. Zo kunnen ze het gedrag van biologische systemen – van cel tot ecosysteem – verklaren en voorspellen.

---

<b>MCCA</b>	MCCA (Mouse Clinic for Cancer and Aging) biedt onderzoekers de mogelijkheid om het ontstaan en verloop van kanker en andere ouderdomsziekten te volgen met een scala aan beeldvormende technieken. Hiervoor gebruiken zij speciaal ontwikkelde muismodellen en menselijke weefsels.
<b>MRI en Cognitie</b>	Magnetic Resonance Imaging (MRI) verschaft onderzoekers en clinici informatie over de structuur (anatomie), het functioneren (fysiologie) en de biochemische processen (metabolisme) in de hersenen en andere delen van het lichaam. Daarmee is het een belangrijk hulpmiddel voor onderzoek naar ziekte en gezondheid, gedrag, leren en ontwikkeling.
<b>MRUM</b>	MRUM (Metabolic Research Unit Maastricht) biedt de mogelijkheid om onder nauwkeurig gecontroleerde omstandigheden onderzoek te doen naar de stofwisseling van het menselijk lichaam als geheel of van organen en weefsels.
<b>NEMI</b>	Technologische ontwikkelingen zorgen voor een revolutie in de meer dan tachtig jaar oude elektronenmicroscopie (EM). NEMI (Netherlands Electron Microscopy Infrastructure) biedt onderzoekers de gelegenheid om daadwerkelijk te zien hoe individuele atomen en moleculen zich gedragen en organiseren in biologische en non-biologische materialen. Tegelijkertijd kunnen Nederlandse kennisinstellingen en bedrijven blijven opereren aan het front van de nieuwste ontwikkelingen in de elektronenmicroscopie.
<b>NIEBA</b>	NIEBA (Netherlands Infrastructure for Ecosystem and Biodiversity Analysis) ) biedt onderzoekers efficiënt en op afstand toegang tot een veelheid aan gevalideerde gegevens over het leven op aarde, alsmede opties voor analyse en modellering met deze gegevens.
<b>NL-BiolImaging AM</b>	NL-BiolImaging AM (Netherlands BiolImaging Advanced Microscopy) ontwikkelt geavanceerde microscopische technieken om biologische processen direct te kunnen waarnemen in cellen, weefsels en organismen. Het consortium maakt deze technieken bovendien toegankelijk voor andere wetenschappers.
<b>NL-OPENSCREEN</b>	NL-OPENSCREEN biedt onderzoekers een bibliotheek van tienduizenden stoffen plus de faciliteiten om ze snel en efficiënt te testen op hun biologische werking.
<b>NPEC</b>	NPEC (Netherlands Plant Eco-Phenotyping Centre) biedt wetenschappers de mogelijkheid om onderzoek te doen naar het samenspel tussen genen van planten en hun omgevingsfactoren. Deze interacties zijn bepalend voor de groei, de gezondheid en andere waarneembare eigenschappen – het fenotype – van planten.
<b>UNLOCK</b>	UNLOCK biedt wetenschappers de mogelijkheid om micro-organismen en hun ecosystemen uit alle hoeken van de aarde versneld in kaart te brengen. De inzichten die dat oplevert, bieden zicht op vele toepassingen in onder andere landbouw en voeding, gezondheid en milieuhygiëne en voor nieuwe processen en producten in de industrie.
<b>uNMR-NL</b>	Met de ultrahoogveldmagneten van de uNMR-NL-faciliteit kunnen complexe materialen, biomoleculen en levende organismen in nog meer detail worden bestudeerd.
<b>X-omics</b>	Het X-omics cluster (sprek uit: cross-omics) biedt onderzoekers van universiteiten, academische ziekenhuizen en bedrijven toegang tot geavanceerde faciliteiten voor het bestuderen van de bouwstenen van het leven in hun natuurlijke omgeving: cellen, weefsels en lichaamsvloeistoffen.

# BIJLAGE 5

## Gehonoreerde Roadmap-projecten ronde 2017/2018 en 2019/2020

### Ronde 2017/2018

#### ATHENA, probing the hot and energetic Universe

Hoofdaanvrager	Dr. J.W.A. den Herder
Organisatie van uitvoering	SRON – Netherlands Institute for Space Research, Universiteit van Amsterdam, Universiteit Leiden, Radboud Universiteit Nijmegen, Rijksuniversiteit Groningen
Toekenning	€ 19.496.000
Samenvatting	Ruimtetelescoop Athena is de volgende grote missie van ESA (2028). Athena gaat een revolutie teweegbrengen in ons begrip van hoe het heelal is geëvolueerd van een nagenoeg homogene materiesoep tot het zeer gestructureerde heelal dat we vandaag de dag waarnemen. Bovendien kunnen we met de röntgenruimtetelescoop eindelijk bepalen hoe superzware zwarte gaten het heelal mede vormgeven en beïnvloeden. Nederland levert belangrijke bijdragen, zoals een uiterst gevoelige röntgencamera annex spectrograaf. Voor het eerst beschikken astronomen over een instrument waarmee scherpe 2D-beelden gevormd kunnen worden en tegelijkertijd de eigenschappen van gassen tot 10 miljoen graden Kelvin in kaart gebracht kunnen worden.

#### EPOS-NL: The Netherlands contribution to the European Plate Observatory System

Hoofdaanvrager	Prof. dr. M.R. Drury
Organisatie van uitvoering	Universiteit Utrecht, Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut, Technische Universiteit Delft
Toekenning	€ 12.272.000
Samenvatting	EPOS-NL is de Nederlandse bijdrage aan het Europese platenobservatiesysteem (European Plate Observing System, EPOS), de infrastructuur in geheel Europa voor geologische wetenschappen, gevaren en hulpbronnen. Het doel van EPOS-NL is het ontwikkelen van de infrastructuur die nodig is voor wetenschappelijke doorbraken in het begrip van door de mens veroorzaakte geologische gevaren, zoals bodemdaling en aardbevingen door gaswinning. Daarnaast maakt de infrastructuur van EPOS-NL onderzoek mogelijk naar nieuwe geologische hulpbronnen zoals geothermische energieproductie en ondergrondse energieopslag.

### **BSL3: safe solutions for research into global threats by infectious diseases**

---

Hoofdaanvrager	Dr. J.M. Fentener van Vlissingen
Organisatie van uitvoering	Erasmus Universiteit Rotterdam – Erasmus Medisch Centrum
Toekenning	€ 4.752.000
Samenvatting	<p>De wereld wordt in toenemende mate geconfronteerd met nieuwe problemen door infectieziekten. Er is dringende behoefte aan onderzoek om grote uitbraken en pandemieën te kunnen voorspellen, opsporen, behandelen, beheersen en voorkomen. Om de gevvaarlijkste ziekteverwekkers te bestuderen, zijn er speciale faciliteiten nodig die werken volgens de strengste internationale eisen op het gebied van de bioveiligheid en biobeveiliging. Het nieuwe onderzoeksgebouw in Rotterdam is opgezet om aan deze normen te voldoen. Daarnaast is het geschikt voor onderzoek door meerdere teams tegelijk, wat unieke mogelijkheden biedt voor hoogwaardig onderzoek naar infectieziekten.</p>

### **The Netherlands Plant Eco-phenotyping Centre (NPEC)**

---

Hoofdaanvrager	Prof. dr. M.G.M. Aarts
Organisatie van uitvoering	Wageningen University & Research, Universiteit Utrecht
Toekenning	€ 11.281.000
Samenvatting	<p>De VN voorspelt dat de wereldwijde voedselproductie 70 procent hoger moet zijn in 2050 om te voldoen aan de behoeften van de snel groeiende wereldbevolking. Het is daarvoor noodzakelijk dat er betere plantenrassen worden ontwikkeld met een hogere opbrengst en een lagere milieubelasting. Momenteel is de beperkende factor bij de ontwikkeling van zulke nieuwe rassen het vermogen om op grote schaal te beoordelen wat het verband is tussen genen (genotype) en gewenste eigenschappen (fenotype) van planten. NPEC levert de benodigde state-of-the-art-onderzoeksinfrastructuur om de onderliggende mechanismen te ontrafelen die ten grondslag liggen aan de plantaardige productie.</p>

### **KM3NeT 2.0: Neutrino Science in the Deep Sea**

---

Hoofdaanvrager	Prof. dr. S.C.M. Bentvelsen
Organisatie van uitvoering	Nikhef, TNO Delft, Rijksuniversiteit Groningen; NIOZ – Koninklijk Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee
Toekenning	€ 12.730.000
Samenvatting	<p>KM3NeT zal bestaan uit een reusachtige onderwaterneutrinodetector om bronnen van hoog-energetische neutrino's in het heelal te ontdekken. Deze bronnen worden bestudeerd om ze eventueel te kunnen identificeren als de deeltjesversnellers waardoor kosmische stralen ontstaan. Door de interacties van kosmische stralen met de aardatmosfeer ontstaan er neutrino's, en deze kunnen door KM3NeT gebruikt worden voor het bestuderen van de deeltjefysica van de neutrino's zelf. Het multidisciplinaire onderzoek wordt aangevuld met temperatuursensoren voor oceanografisch onderzoek en een nieuwe op een glasvezelnetwerk gebaseerde hydrofoon-matrix.</p>

### Netherlands Electron Microscopy Infrastructure (NEMI)

Hoofdaanvrager	Prof. dr. J. Klumperman
Organisatie van uitvoering	Universitair Medisch Centrum Utrecht, Universiteit van Amsterdam – Academisch Medisch Centrum, Universiteit Leiden, Universiteit Utrecht, Maastricht University, Rijksuniversiteit Groningen, Leids Universitair Medisch Centrum, Technische universiteit Delft, Universitair Medisch Centrum Groningen, Technische Universiteit Eindhoven
Toekenning	€ 17.275.000
Samenvatting	Onder een elektronenmicroscoop kan een object tot 10 miljoen keer worden vergroot. Met deze gigantische vergrotingsfactor worden de kleinste onderdelen van biologische en materiële monsters en door de mens gemaakte structuren bestudeerd. In het initiatief Nederlandse Elektronenmicroscopie-infrastructuur (Netherlands Electron Microscopy Infrastructure, NEMI) zijn de belangrijkste Nederlandse elektronenmicroscopielaboratoria verenigd. NEMI investeert in innovatie om optimale voorwaarden te scheppen voor toonaangevend onderzoek dat relevant is voor de wetenschap, industrie en maatschappij.

### The Ruisdael Observatory for atmospheric science

Hoofdaanvrager	Prof. dr. ir. H.W.J. Russchenberg
Organisatie van uitvoering	Technische Universiteit Delft, Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut, Wageningen University & Research, Universiteit Utrecht, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Energieonderzoek Centrum Nederland, Vrije Universiteit Amsterdam, TNO Utrecht, Rijksuniversiteit Groningen
Toekenning	€ 18.196.000
Samenvatting	Door de langdurige emissies van broeikasgassen, luchtverontreiniging en fijnstof is de atmosfeer structureel veranderd. Het Ruisdael Observatorium gaat boven Nederland heel nauwkeurig deze veranderingen meten en modelleren. Een vast meetnetwerk, mobiele sensoren en uitgebreide grondstations leveren gegevens op over de fysische en chemische eigenschappen van de atmosfeer en zijn interactie met het aardoppervlak. Een nieuwe rekenfaciliteit verwerkt de geobserveerde gegevens real time in atmosfeermodellen. Hiermee brengt het Ruisdael Observatorium gedetailleerd de verandering van het lokale weer, klimaat en luchtkwaliteit in beeld.

### Netherlands X-omics Initiative

Hoofdaanvrager	Prof. dr. A.J. van Gool
Organisatie van uitvoering	Hubrecht instituut voor Ontwikkelingsbiologie en Stamcelonderzoek, Radboud universitair medisch centrum, Nederlands Kanker Instituut / Antoni van Leeuwenhoek ziekenhuis, Leids Universitair Medisch Centrum, Universiteit Leiden, Universiteit Utrecht, Universitair Medisch Centrum Utrecht, Universitair Medisch Centrum Groningen, Erasmus Universiteit Rotterdam – Erasmus MC
Toekenning	€ 17.334.000
Samenvatting	De schoonheid van de chemie van het leven is haar ongekende complexiteit. Anderzijds is het ook de grootste uitdaging van biologen en artsen om te begrijpen hoe ziektes ontstaan en hoe deze beter en vroegtijdiger ontdekt en behandeld kunnen worden. Dit project bundelt en verbetert een aantal moleculaire technologieën waardoor onderzoekers beter naar complexe en dynamische processen in cellen en weefsels kunnen kijken. Zo maakt dit project top-wetenschappelijk onderzoek mogelijk op het gebied van kanker, Alzheimer en vele andere ziektes.

## **HFML-FELIX: a unique research infrastructure in the Netherlands Matter under extreme conditions of intense infrared radiation and high magnetic fields**

---

Hoofdaanvrager	Dr. B. Redlich
Organisatie van uitvoering	Radboud Universiteit Nijmegen
Toekenning	€ 10.785.000
Samenvatting	<p>HFML-FELIX is een onderzoeksinfrastructuur op Nederlandse bodem, die uniek is in de wereld. HFML-FELIX produceert enkele van de sterkste magnetische velden ter wereld en infrarood-/THz-straling met een ongeëvenaarde instelbaarheid. Door materie onder extreme omstandigheden te onderzoeken kunnen materialen met een onbekende precisie worden onderzocht en de blootstelling aan tot dusver onbekende omstandigheden brengt wellicht nieuwe functies aan het licht. Met dit innovatieve onderzoeksprogramma worden openstaande vragen op diverse terreinen aangepakt. Het sluit aan bij maatschappelijke uitdagingen op het gebied van gezondheid, energie en slimme materialen, trekt onderzoekers van wereldklasse naar Nederland en is onderdeel van de opleiding van een groot aantal studenten.</p>

## **CLARIAH-PLUS**

---

Hoofdaanvrager	Prof. dr. A.F. Heerma van Voss
Organisatie van uitvoering	Huygens Instituut voor Nederlandse Geschiedenis, Koninklijke Bibliotheek, Max-Planck-Instituut, Data Archiving and Networked Services, Meertens Instituut, Instituut voor de Nederlandse Taal, Beeld en Geluid, Internationaal Instituut voor Sociale Geschiedenis
Toekenning	€ 13.879.000
Samenvatting	<p>Er zijn gigantische hoeveelheden digitale bronnen (tekst, audiovisuele en gestructureerde gegevens) beschikbaar voor onderzoek. Dit brengt een revolutie in de geesteswetenschappen teweeg. Deze enorme hoeveelheid gegevens kan alleen geanalyseerd worden met geavanceerde ICT-tools. CLARIAH-PLUS biedt wetenschappers een ‘Common Lab’ om te leren hoe ze de verborgen informatie met innovatieve gebruiksvriendelijke tools uit deze digitale gegevens kunnen halen. Daarmee wordt grensverleggend, veelbelovend onderzoek mogelijk dat bijdraagt aan de veerkracht van de samenleving.</p>

## Ronde 2019/2020

### The uNMR-NL Grid: A distributed, state-of-the-art Magnetic Resonance facility for the Netherlands

Hoofdaanvrager	Prof. dr. M.H. Baldus
Organisatie van uitvoering	Universiteit Utrecht, Faculteit Bètawetenschappen, Departement Scheikunde, NMR Spectroscopie
Toekenning	€ 17.900.000
Samenvatting	Kernspinresonantie (NMR) en imaging (MRI) gebruiken magnetische eigenschappen van atoomkernen om structuur en dynamica van moleculen in materialen en levende organismen te bestuderen. uNMR-NL is opgezet met één centraal NMR instrument met ongekende mogelijkheden. Dit wordt nu uitgebouwd tot een netwerk van NMR faciliteiten met nieuwe instrumenten en upgrades door heel Nederland om de toegankelijkheid en uitwisseling van expertise tussen de deelnemende groepen te versterken. Het uNMR-NL consortium is daarmee in staat om natuurwetenschappelijk onderzoek over de volle breedte te ondersteunen, van het ontdekken van nieuwe geneesmiddelen, tot verbeteren van voedselproductie en -kwaliteit, en nieuwe materialen voor energie-opslag en -conversie.

### FuSE: Fundamental Sciences E-infrastructure

Hoofdaanvrager	Prof. dr. S.C.M. Bentvelsen
Organisatie van uitvoering	NWO-institutenorganisatie Nikhef – Nationaal instituut voor subatomaire fysica
Toekenning	€ 12.000.000
Samenvatting	Het FuSE-project van Nikhef en Astron zal Nederlandse onderzoekers in staat stellen spannende wetenschappelijke resultaten te halen uit de enorme hoeveelheid data die geproduceerd wordt door drie van de grootste wereldwijde wetenschappelijke faciliteiten: de Large Hadron Collider (LHC bij CERN), KM3NeT en de Square Kilometre Array (SKA). Nederland investeert fors in deze drie faciliteiten, aangevoerd door vooraanstaande Nederlandse wetenschappers van onze universiteiten en instituten. Elke faciliteit doet experimenten om ons heelal te verkennen en tracht de fundamentele fysica ervan te ontrafelen. Ze hebben een vergelijkbare uitdaging: ze produceren enorme hoeveelheden complexe data. Het FuSE-project zal in Nederland gedeelde expertise in computer- en data science ontwikkelen. Daarmee zullen alle onderzoekers in Nederland het potentieel van deze faciliteiten ten volle kunnen benutten en hun ontdekkingen aan het publiek overdragen.

### Netherlands Infrastructure for Ecosystem and Biodiversity Analysis – Authoritative and Rapid Identification System for Essential biodiversity information (NIEBA ARISE)

Hoofdaanvrager	Prof. dr. J.C. Biesmeijer
Organisatie van uitvoering	Naturalis Biodiversity Center
Toekenning	€ 13.600.000

---

Samenvatting	ARISE is een wereldwijd unieke infrastructuur om alle meercellige soorten (o.a. planten, dieren en schimmels) binnen Nederland te identificeren, en tevens te monitoren waar ze voorkomen en wanneer. Met deze infrastructuur wordt het mogelijk een beter begrip te krijgen van de patronen en trends in de Nederlandse biodiversiteit en van de interacties tussen soorten. Ook internationaal wordt dit initiatief, dat DNA sequencing and machine-learning technieken combineert, met grote interesse gevolgd. ARISE zal beleidmakers van betrouwbaardere input voorzien op het gebied van biodiversiteit, om zo tot effectievere maatregelen te komen en het verlies van biodiversiteit een halt toe te roepen.
--------------	--

#### **Renewal of the National Marine research Facilities; critical research instrumentation**

---

Hoofdaanvrager	Prof. dr. H. Brinkhuis
Organisatie van uitvoering	NWO-institutenorganisatie, NIOZ – Koninklijk Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee
Toekenning	€ 10.300.000
Samenvatting	De zeeën en oceanen zijn de grootste onbekenden op onze planeet, terwijl ze van fundamenteel belang zijn voor de aarde en het leven. Nederland heeft een lange en rijke geschiedenis van vooraanstaand marien onderzoek dat afhankelijk is van beschikbaarheid van onderzoeksschepen en gespecialiseerde apparatuur. In het kader van de modernisering van de nationale onderzoeks-vloot krijgt een nationaal consortium met deze investering de beschikking over de noodzakelijke bijbehorende innovatieve wetenschappelijke (grootschalige) uitrusting. Nadruk ligt daarbij op autonome en op afstand bestuurbare apparatuur, om observaties in diepte, tijd en ruimte te laten aansluiten bij fundamentele en technologische onderzoeks vragen.

#### **HFML-FELIX: A Dutch Centre of Excellence for Science under Extreme Conditions**

---

Hoofdaanvrager	Prof. dr. P.C.M. Christianen
Organisatie van uitvoering	Radboud Universiteit Nijmegen
Toekenning	€ 15.100.000
Samenvatting	HFML-FELIX is een unieke onderzoeksinfrastructuur op Nederlandse bodem, wereldleidend op het gebied van wetenschap en technologie met behulp van magneten en vrije elektronenlasers. De studie van materie onder hoge magneetvelden en intense infrarood/THz laserstraling ontsluit onontgonnen wetenschappelijk terrein en karakteriseert (nieuwe) materialen met een ongekende precisie. In een innovatieve samenwerking combineren HFML-FELIX en diverse Nederlandse universiteiten, instituten, bedrijven en ziekenhuizen hun expertise om geheel nieuwe instrumentatie te ontwikkelen, een essentiële bijdrage aan het Nederlandse onderzoekslandschap. De nieuwe experimentele mogelijkheden maken baanbrekend, maatschappelijk relevant onderzoek mogelijk op het gebied van de gezondheidszorg, de energietransitie en de ontwikkeling van nieuwe materialen.

#### **ODISSEI: Better Infrastructure, Better Science, Better Society**

---

Hoofdaanvrager	Prof. dr. P.A. Dykstra
Organisatie van uitvoering	Erasmus Universiteit Rotterdam, Erasmus School of Social and Behavioural Sciences
Toekenning	€ 9.300.000

---

Samenvatting	ODISSEI is een gedeelde onderzoeksinfrastructuur die bestaande data uit de sociale wetenschappen bij elkaar brengt en verrijkt met gegevens van overheidsregisters en online bronnen. De data-infrastructuur zorgt ervoor dat Nederlandse sociaal-wetenschappers optimaal zijn toegerust om de mogelijkheden van het digitale tijdperk te benutten. Door het ontwikkelen van innovatieve analyse- en visualisatiemethoden en het aanbieden van veilige en ethisch verantwoerde datamanagement faciliteiten op topniveau, zal ODISSEI de positie van Nederlandse sociaal-wetenschappers als internationale koplopers versterken en hen in staat stellen om de huidige prangende maatschappelijke vraagstukken beter te adresseren.
--------------	---

#### **UNLOCK – UNLOCKing Microbial Diversity for Society**

---

Hoofdaanvrager	Prof. dr. H. Smidt
Organisatie van uitvoering	Wageningen University & Research, Agrotechnologie & Voedingswetenschappen, Microbiologie (MIB)
Toekenning	€ 14.500.000
Samenvatting	Micro-organismen zijn geboren teamspelers en zijn essentieel voor een gezonde spijsvertering, het zuiveren van verontreinigd water en milieu, het bevorderen van plantgroei en bereiding van gfermenteerde voedselproducten zoals kaas. Duurzame biotechnologische industriële processen gebruiken nu echter maar een beperkt aantal geïsoleerde micro-organismen, zodat we tot nog toe minder dan 1% van het microbiële potentieel benutten. Daarom hebben Wageningen en Delft gezamenlijk de nieuwe onderzoekfaciliteit UNLOCK opgezet om voor het eerst op grote schaal microbiële mengcultures te bestuderen. UNLOCK biedt oplossingen voor veel maatschappelijke uitdagingen, waaronder duurzame en veilige productie van voedsel, gezondheid van mens, dier en milieu, en de benutting van herbruikbare grondstoffen voor de duurzame productie van chemicaliën.

# BIJLAGE 6

## GWI's met een link naar een ESFRI Roadmap consortium

Onderstaand overzicht geeft een aanzet om inzichtelijk te maken welke Nederlandse GWI's een link hebben met ESFRI 2018 consortia (peildatum 10 juli 2021).

ESFRI thema's Roadmap 2018/21	ESFRI Name	Status (Project/ Landmark)	Legal status	Nationale Roadmap 2016 (GWI)	Nationale Roadmap GWI 2021 (Groep)	Nationale Roadmap GWI 2021 (Domein)
Physical Sciences & Engineering	CTA	Landmark	GmbH	—	Astronomy & Particle Physics	
	ELT	Landmark	IGO	E-ELT	Astronomy & Particle Physics	
	EMFL	Landmark	AISBL	HMFL-FELIX	Astronomy & Particle Physics	
	ESS-ERIC	Landmark	ERIC	ESS	Materials	
	HL-LHC	Landmark	CERN Convention	LHC-detector upgrades	Astronomy & Particle Physics	
	KM3NeT 2.0	Project	In oprichting	KM3NeT	Astronomy & Particle Physics	Technische & Natuurweten- schappen
	SKA	Landmark	IGO	SKA	Astronomy & Particle Physics	
Environment	ET	Project	In oprichting	ET	Astronomy & Particle Physics	
	ACTRIS	Project	In oprichting	CESAR/ICOS (Ruisdael)	GeoSciences	
	DANUBIUS-RI	Project	In oprichting	RV Pelagia/ NMF	GeoSciences	
	ICOS-ERIC	Landmark	ERIC	ICOS-NL	GeoSciences	
	EPOS	Landmark	ERIC	EPOS-NL	GeoSciences	

ESFRI thema's Roadmap 2018/21	ESFRI Name	Status (Project/ Landmark)	Legal status	Nationale Roadmap 2016 (GWI)	Nationale Roadmap GWI 2021 (Groep)	Nationale Roadmap GWI 2021 (Domein)
Environment	DiSSCo	Project	In oprichting	NIEBA	Green Life Sciences	
	eLTER	Project	In oprichting	—	Green Life Sciences	
	LifeWatch-ERIC	Landmark	ERIC	NIEBA	Green Life Sciences	
Health & Food	EMPHASIS	Project	In oprichting	NPEC	Green Life Sciences	
	EU-IBISBA	Project	In oprichting	UNLOCK	Green Life Sciences	
	MIRRI	Project	In oprichting	NIEBA/ UNLOCK	Green Life Sciences	
	Euro-BioImaging	Landmark	ERIC	MRUM, NL-BI, NEMI	Life Sciences & Enabling Technologies	Levens- & Medische Wetenschappen
	BBMRI-ERIC	Landmark	ERIC	BBMRI-NL	Health Sciences	
	EATRIS-ERIC	Landmark	ERIC	EATRIS-NL, MRI & Cognition	Health Sciences	
DIGIT	ELIXIR	Landmark	ELIXIR Consortium Agreement	ELIXIR-NL	Health Sciences	
	INSTRUCT-ERIC	Landmark	ERIC	MRUM, uNMR-NL	Health Sciences	
	EIRENE	Project	In oprichting	—	Health Sciences	
	EBRAINS	Project	AISBL	—	Health Sciences	

ESFRI thema's Roadmap 2018/21	ESFRI Name	Status (Project/ Landmark)	Legal status	Nationale Roadmap 2016 (GWI)	Nationale Roadmap GWI 2021 (Groep)	Nationale Roadmap GWI 2021 (Domein)
Social & Cultural Innovation	CESSDA-ERIC	Landmark	ERIC	—	Social Sciences & Humanities	
	CLARIN-ERIC	Landmark	ERIC	CLARIAH- PLUS	Social Sciences & Humanities	
	DARIAH-ERIC	Landmark	ERIC	CLARIAH- PLUS	Social Sciences & Humanities	
	EHRI	Project	In oprichting	—	Social Sciences & Humanities	
	E-RIHS	Project	In oprichting	—	Social Sciences & Humanities	Sociale & Geestesweten- schappen
	ESS-ERIC	Landmark	ERIC	ODISSEI	Social Sciences & Humanities	
	SHARE-ERIC	Landmark	ERIC	ODISSEI	Social Sciences & Humanities	
	GGP	Project	In oprichting	—	Social Sciences & Humanities	
	RESILIENCE	Project	In oprichting	—	Social Sciences & Humanities	
	OAPEN	Project	In oprichting	—	Social Sciences & Humanities	

ESS: European Spallation Source

ESS: European Social Survey

AISBL: Association internationale sans but lucratif

CERN: Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire

ERIC: European Research Infrastructure Consortium

GmbH: Gesellschaft mit beschränkter Haftung

# BIJLAGE 7

## Verantwoording illustraties

- Pagina 25: E-ELT (Europese Extremely Large Telescope) © ESO
- Pagina 26: De buitenste laag van de INNER tracker van het ALICE experiment bij CERN, © CERN
- Pagina 28: Elektronenstraal nanolithografie in MESA+ NanolabNL. © Universiteit Twente/ Eric Brinkhorst
- Pagina 30: 38 Tesla electromagneet gebruikt voor materialenonderzoek bij HFML-FELIX.  
© Radboud Universiteit/Gideon Laureijs
- Pagina 32: Flexibele perovskiet zonnecellen gemaakt met een roll-to-roll process door Solliance/Solarlab
- Pagina 34: Meetstation Cabauw/Ruisdael Observatory
- Pagina 39: Diopsis automatische insectencamera © Rotem Zilber
- Pagina 41: Rhizotron, NPEC
- Pagina 43: Neuronal sunflowers, Svetlana Pasteuning-Vuhman, BiolImaging Utrecht
- Pagina 46: Tesla 14 machine © Bruker
- Pagina 47: © Christine Mummary, Berend van Meer
- Pagina 50: Shutterstock.com
- Pagina 53: Rotterdam © Jurriaan Snikkers
- Pagina 57: Shutterstock.com
- Pagina 58: Shutterstock.com

### Disclaimer

NWO heeft alles gedaan wat redelijkerwijs van haar kan worden gevvergd om de rechten van de auteursrecht-hebbende op de beelden te regelen volgens de wettelijke bepalingen. Mocht u desondanks van mening zijn rechten te kunnen doen laten gelden, verzoeken wij te wenden tot NWO. Het gebruiken van beeldmateriaal voor andere doeleinden dan de Nationale Roadmap Grootschalige Wetenschappelijke Infrastructuur is zonder uitdrukkelijke toestemming van de rechthebbenden niet toegestaan.

Eindredactie: René Prop

Vormgeving: Christy Renard

Afbeelding voorzijde: © Alamy

# Nationale Roadmap Grootchalige Wetenschappelijke Infrastructuur 2021

Wetenschappelijk onderzoek kan niet zonder Grootchalige Wetenschappelijke Infrastructuur (GWI). Met bijvoorbeeld databanken, onderzoeksschepen, telescopen en boekencollecties werken wetenschappers aan excellent wetenschappelijk onderzoek, zowel in Nederland als in internationaal verband. Een toekomstbestendig ecosysteem van Grootchalige Wetenschappelijke Infrastructuur in Nederland: dat is het streven van de Permanente Commissie voor GWI, die is ondergebracht bij NWO in opdracht van het Ministerie van OCW.

Negen samenhangende groepen uit de wetenschap hebben voor deze publicatie GWI's geselecteerd, die nodig zijn voor wetenschappelijke vernieuwing en extra overheids-investeringen nodig hebben. NWO zal hiervoor binnen het programma Nationale Roadmap twee nieuwe financieringsrondes organiseren.

## Publicatie

Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek (NWO)

### NWO Den Haag

#### Bezoekadres

Laan van Nieuw Oost-Indië 300  
2593 CE Den Haag

#### Postadres

Postbus 93138  
2509 AC Den Haag

T: +31 (0)70 344 06 40  
E: [pc-gwi@nwo.nl](mailto:pc-gwi@nwo.nl)

### NWO Utrecht

#### Bezoekadres

Winthontlaan 2  
3526 KV Utrecht

#### Postadres

Postbus 3021  
3502 GA Utrecht

T: +31 (0)30 600 12 11  
E: [pc-gwi@nwo.nl](mailto:pc-gwi@nwo.nl)

augustus 2021