

1. Titel: **Systeemarchitectuur en Systeemintegratie**

2. Dit bestaande meerjarenprogramma behoort tot de twee clusters: **Digital technologies & Engineering and fabrication technologies.**

3. Welke sleuteltechnologie(ën) staa(t)n centraal: **Systems Engineering & Cyber Physical Systems.**

4. *Positie NL.*

De Nederlandse High-Tech industrie groeit sinds het begin van deze eeuw twee maal zo snel als de nationale economie en is verantwoordelijk voor 57% van de private R&D uitgaven (bron: ING). Bedrijven als ASML, Philips, Océ, Thales, Thermo Fisher Scientific en Vanderlande spelen een wereldwijde dominante rol in hun domein. Belangrijke troef is een onderlinge uitwisseling van kennis en kunde binnen het Open Innovatie ecosysteem op het gebied van Systeemarchitectuur en Systeem Engineering onderzoek, gecentreerd rond ESI, het Joint Innovation Center waarin TNO, industriële en universitaire partners met elkaar samenwerken. ESI behoort samen met het Fraunhofer-IESE instituut in Duitsland en SERC in de VS tot de top 3 leidende toegepaste onderzoeksinstituten wereldwijd. Nederlandse (technische) universiteiten hebben een internationaal sterke track record in nauwe samenwerking met industrie op dit gebied, mede dankzij de ESI agenda en de HTSM Embedded Systems roadmap.

5. *Korte beschrijving van voorgesteld meerjarenprogramma voor onderzoek en ontwikkeling.*

De fundamentele en toegepaste onderzoeksvragen zijn geformuleerd in de HTSM Embedded Systems roadmap. De Nederlandse onderzoeksagenda is ook volledig afgestemd met de Europese ECS-SRA 2019. Het meerjarenprogramma wordt primair gedreven door de uitdagingen waar de NL High Tech industrie zich mee ziet geconfronteerd, nl veranderende businessmodellen (van verkoop van losse apparaten naar levering van geïntegreerde oplossingen en diensten), het globale en multidisciplinaire karakter van de business en toenemende complexiteit van High-Tech systemen, meer en meer ook gedreven door introductie en integratie van AI technieken. Gekoppeld aan de noodzaak voor de industrie om met minder mensen sneller meer te doen resulteert dit in vijf speerpunten:

- *System Performance*, waarbij het onderzoek zich richt op het optimaliseren van interactie tussen systeem functies en de beschikbare digitale hardware capaciteit en op lange termijn op hoe om te gaan met toenemende dynamiek van (systemen van) systemen met onvoorspelbaar gedrag.
- *System Dependability*, waarbij de onderzoeksuitdaging is om van testen en verificatie te komen tot "right by design" en uiteindelijk het realiseren van vertrouwen in brede zin in intelligente systemen.
- *System Evolvability*: onderzoek naar toekomstige systemen, intrinsiek zo ontworpen dat updates en upgrades niet tot verrassingen leiden en mee-evoluerend met nieuwe technische ontwikkelingen gedurende de levensduur. Omvat onder meer schaalbare methoden voor complete dynamische interface definities, maar ook oplossingen voor legacy software en systemen.
- *Exploiting system context*, het betreft onderzoek naar nieuwe manieren om waarde te creëren uit de data die in en om het systeem heen wordt gegenereerd, bijvoorbeeld voor systeemdiagnostiek, maar ook voor het bouwen van digital twins en het optimaliseren van systeem simulatie. Dit vraagt tevens om een holistische aanpak van systeem veiligheid en zogenaamde "security-by-design".
- *System Architecting*, waar de uitdaging ligt in het komen tot formele methoden die praktisch toepasbaar zijn om op een schaalbare manier high-tech systemen te ontwerpen en ontwikkelen in een multi-team, multidisciplinary, multi-technology, multi-site en multi-stakeholder setting.

6. *Ecosysteem.*

Het ecosysteem Systeemarchitectuur en Systeem Integratie is zeer uitgebreid en omvat bedrijven, universiteiten, overheidsinstellingen en industrieassociaties en is georganiseerd rondom ESI. Bedrijven omvat de grote High Tech systemen OEMs, zoals ASML, Philips, Océ, Thales en Thermo Fisher Scientific, ruim 10 middelgrote spelers waaronder Vanderlande, DAF en Panalytical, zo'n 10 toeleveranciers zoals Signify, NXP en Prodrive en service providers waaronder Sioux, Altran en Verum. De belangrijkste Nederlandse universiteiten in het ecosysteem zijn TU Delft, TU/e, UTwente, Radboud universiteit, WUR en UvA. Brainport Development en High Tech NL zetten sterk in op het organiseren van het MKB rond dit thema. Internationaal is het Nederlandse ecosysteem ingebed via onder meer actieve deelname in de

Artemis Industrie Associatie en participatie in vele ECSEL, ITEA en H2020 projecten (met intensieve samenwerking en kennisuitwisseling met topspelers zoals AVL, Airbus en Obeo) en de pre-competitieve samenwerking met Fraunhofer-IESE en SERC en de (industriële) ecosystemen daaromheen.

7. *Organiserend vermogen.*

Het ecosysteem heeft zich georganiseerd in ESI. De 5 grote OEMs, 4 universiteiten en TNO hebben zich door partnership langjarig gecommitteerd aan het gezamenlijk PPS onderzoeksprogramma ter grootte van ca. 10 M€ (2018) dat gelijkelijk uit private en publieke middelen wordt gefinancierd. Daarnaast leveren de bedrijven in-kind bijdrage van ongeveer dezelfde omvang. Het academisch onderzoek wordt gestuurd middels diverse instrumenten, waaronder het NWO-ESI Mascot open call programma dat voor de helft met private middelen wordt gefinancierd, de NWO HTSM call en het faciliteren van deeltijdhoogleraren die ook in het PPS onderzoek participeren. De opgedane kennis wordt breed gedeeld in het ecosysteem en hier wordt met nadruk ook het MKB betrokken. Het ecosysteem ontmoet elkaar op het ESI Symposium (>400 deelnemers) en in diverse netwerk activiteiten waaronder de System Architecture Study Group waarbij 200 individuen uit 60 bedrijven zijn aangesloten.

8. *Kans op maatschappelijke impact op korte en lange termijn.*

Bij alle maatschappelijke uitdagingen speelt de problematiek van toenemende digitale systeem complexiteit een belangrijke rol. Het gaat bij de missie Energietransitie en duurzaamheid bijvoorbeeld om gedistribueerde architecturen voor een betrouwbaar, duurzaam energiesysteem. Bij Gezondheid en zorg valt te denken aan betrouwbare en schaalbare architecturen voor intramurale en extramurale zorg-systemen. De missie Veiligheid vraagt om Security-by-design als fundamentele paradigma verschuiving in High-Tech systeem ontwikkeling. De missie Landbouw, water en voedsel zoekt bijvoorbeeld naar geïntegreerde autonome systemen op basis van individuele semi-autonome oplossingen.

9. *Kans op economische impact op korte en lange termijn.*

Zoals bovenvermeld groeit de Nederlandse High-Tech industrie sinds het begin van deze eeuw twee maal zo snel als de nationale economie en is verantwoordelijk voor 57% van de private R&D uitgaven (bron: ING). Voor het verdienvermogen van Nederland is het dan ook van groot belang de leidende Nederlandse positie op systeem gebied te handhaven en blijvend te versterken t.b.v. een sterke kenniseconomie en hoogwaardige werkgelegenheid. Het stimuleren van Open Innovatie en samenwerking, gericht op de lange termijn, vraagt om voortzetting van publieke funding als aanvulling op de zeer ruime private investeringen in meer korte termijn onderzoek door de bedrijven op dit gebied.

10. *Krachtenbundeling.*

Via onder meer de Europese Artemis Industry Association is het Nederlandse onderzoek, zowel academisch als industrieel, goed aangesloten bij programma's als ITEA, ECSEL en H2020. In Nederland faciliteren Brainport Development en High Tech NL financiering voor innovatie programma's. Middels het ESI programma en netwerking interactie vindt in een Open Innovatie omgeving uitwisseling plaats van private onderzoeksresultaten uit de diverse bedrijven.

11. *Cross-over karakter.*

Systeemarchitectuur en Systeem Integratie hebben bij uitstek een interdisciplinair karakter. Complexe cyber-physical systemen brengen fysische disciplines en de digitale wereld, zowel in hardware als software bij elkaar, en doorsnijden en integreren daarmee vele sleuteltechnologieën. Omdat het succes van systeemintegratie afhangt van de breder context is de connectie met "zachtere" disciplines zoals organisatiekunde en gedragswetenschappen minstens zo belangrijk, wat bijvoorbeeld tot uitdrukking in lopend onderzoek bij de faculteit Techniek, Bestuur en Management aan de TU Delft en de samenwerking van ESI met Beteor, adviesbureau voor mens en organisatie.

12. *Benodigde gemiddelde jaarlijkse financiering en commitments voor periode 2020-2023*

Bron	Totaalbedrag (mln EUR/jr)	waarvan reeds gecommitteerd	Waarvan te mobiliseren
------	---------------------------	-----------------------------	------------------------

<b>Private middelen</b>	<b>€ 62,5</b>		<b>€ 62,5</b>
<b>PPS toeslag</b>	<b>€ 5,5</b>		<b>€ 5,5</b>
<b>TO2 middelen</b>	<b>€ 2,0</b>	<b>€ 1,6</b>	<b>0.4</b>
<b>NWO</b>	<b>€ 2,4</b>	<b>€ 2,4</b>	
<b>Universiteiten/Hogescholen</b>	<b>€ 12,5</b>	<b>€ 12,5</b>	
<b>Regionale middelen</b>			
<b>Departementale middelen</b>	<b>€ 30</b>	<b>€ 30</b>	
<b>EU middelen</b>	<b>€ 29</b>	<b>€ 29</b>	
<b>ROMs en InvestNL</b>			
<b>Anders, namelijk</b>			
<b>Totaal bedrag (mln EUR per jr)</b>	<b>€ 143,8</b>	<b>€ 75,5</b>	<b>€ 68,0</b>

Deze tabel is als volgt samengesteld:

- *Private middelen*: industriebijdrage in EU research + industrie bijdrage in research met kennisinstellingen
- *PPS toeslag*: 30% van industrie cash bijdrage in research met kennisinstellingen
- *TO2 middelen*: TNO bijdrage aan het vraaggestuurde programma ESI
- *NWO*: NWO call HTSM op gebied van embedded systemen + partnership NWO/industrie/ESI
- *Universiteiten/Hogescholen*: investering Universiteiten in dekking PhD/Postdoc
- *Departementale middelen*: RVO bijdrage aan Itea + Ecsel projecten
- *EU middelen*: H2020 subsidie aan Ecsel projecten