



ASPARI 5.0 Roadmap

De Founders kwamen op 30 juni 2022 en 29 augustus 2022 bijeen en hielden brainstormsessies om de voortzetting en toekomst van het onderzoeksprogramma van ASPARi, het zogenaamde ASPARi 5.0, te bespreken. Tijdens de sessies is het onderzoek van de afgelopen vier jaar geëvalueerd, zijn de interviewresultaten van de bijeenkomsten met alle Founders besproken en is een gezamenlijke visie ontwikkeld over de plannen voor de komende onderzoeksfase. De Universiteit Twente kreeg de opdracht om op basis van de discussies een concept Roadmap te schrijven. Deze worden gepresenteerd tijdens de brainstormsessie op 29 augustus 2022. Dit document bestaat uit 2 delen: (1) een korte reflectie op de thema's die sinds de start van de samenwerking zijn behandeld en een samenvatting van de resultaten, en (2) de voorgestelde ASPARi 5.0 Roadmap.

Deel 1 - Terugblik

Deze belangrijke samenwerking tussen onderzoekers van de Universiteit Twente en belangrijke spelers in de asfaltbouw loopt al sinds 2006, toen verschillende bedrijven besloten hun krachten te bundelen met als doel de wegenbouw te professionaliseren. Door de kennis en ervaring van zowel de industrie als de universiteit (fundamenteel onderzoek naar procesanalyse) te bundelen, beoogde het netwerk de professionalisering te bevorderen en de concurrentiepositie van bedrijven in de asfaltbouw te verbeteren.

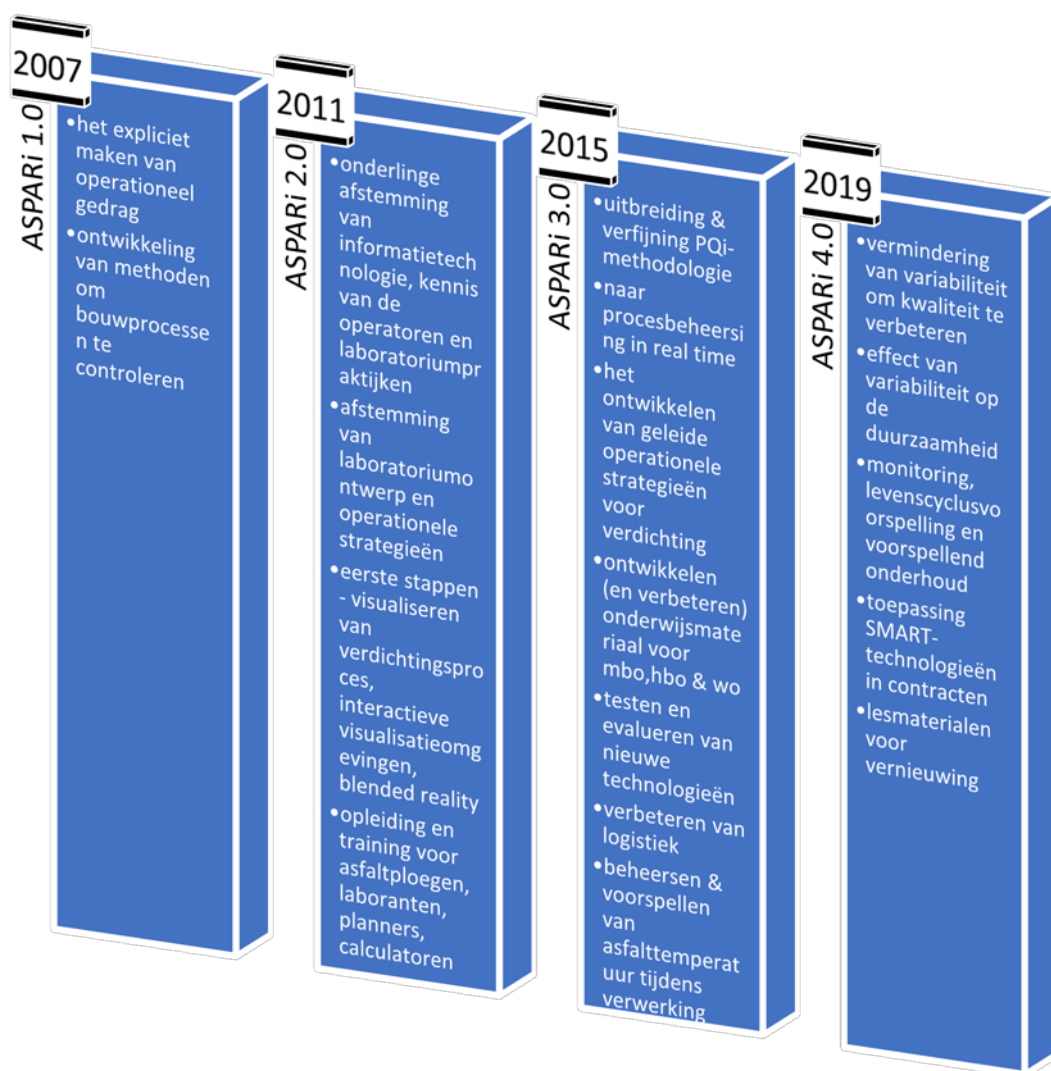
Centraal in de ASPARi-aanpak staan: [1] het verkrijgen van inzicht in de aanleg(operationele) methoden van asfaltwegen, [2] het integreren van het aanlegproces met andere fasen van het proces (zoals ontwerp of werkvoorbereiding), [3] het toepassen van SMART-technologieën, en [4] het integreren van onderzoek, procesverbetering, opleiding, en technologieontwikkeling. Deze stappen dragen bij tot een betere beheersing van het proces, de kwaliteit en de bijbehorende risico's.

Het ASPARi-netwerk is inmiddels uitgebreid tot 10 van de grootste bouwbedrijven in Nederland, en is onlangs uitgebreid met Rijkswaterstaat, het nationale wegenagentschap. Het heeft geresulteerd in een vrijwel uniek samenwerkingsnetwerk tussen academici en het bedrijfsleven dat werkt aan één doel, namelijk het verbeteren van de kwaliteit van asfaltconstructies. De eerste jaren waren gericht op het expliciet maken van operationeel gedrag, d.w.z. het ontwikkelen van inzicht in de variabiliteit

in het asfaltbouwproces met behulp van een "meten is weten"-aanpak. Door bouwprocessen te monitoren met gebruikmaking van kant-en-klare sensoren en innovatieve datavisualisatietechnieken (plots), heeft het netwerk waardevolle lessen geleerd op het gebied van variabiliteit in de wegebouw, procesbeheersing, technologieontwikkeling, data-analyse en visualisatie, machineontwikkeling, en vele andere. De belangrijkste studies die in fase 2 werden uitgevoerd, waren de afstemming van het ontwerpproces in het laboratorium en de feitelijke bouwstrategieën, en de eerste stappen naar de ontwikkeling van interactieve visualisatieomgevingen met behulp van blended reality. Opmerkelijk is dat de eerste kennisoverdrachtsessies in deze fase plaatsvonden met verschillende workshops voor asfaltploegen, laboranten, planners en calculatoren, gezamenlijk gefaciliteerd door technologen, laboratoria en PQi subcommissies.

In de laatste jaren zijn deze lessen vertaald in innovatief lesmateriaal voor mbo- en hbo-scholen. Hoewel de mbo-leermiddelen op grote schaal zijn geïmplementeerd, moet er nog aan worden gewerkt om hetzelfde implementatieniveau bij de hbo-instellingen te bereiken. Opvallende resultaten in de huidige fase zijn het onderzoek naar verfijning van de PQi-methodiek, real-time procesbesturing en de eerste stappen in het onderzoek naar machinebesturing en automatisering van het verdichtingsproces. Lopende projecten omvatten de ontwikkeling van: een levenscyclusontologie, een digitale tweeling voor wegenonderhoud en een model voor de koppeling van proces- en productkwaliteit met behulp van machinaal leren.

Fundamenteel onderzoek, uitgevoerd door een combinatie van promovendi, master- en bachelor studenten, en de directe betrokkenheid van bouwbedrijven bij de begeleiding van studenten en het monitoren van bouwprojecten, resulteerde in een steile leercurve voor alle betrokkenen. In wezen werden studies uitgevoerd voor en door de industrie. De lessen die werden getrokken en de aanbevelingen die werden gedaan, hadden als enig doel verbeteringen in de procesbeheersing tot stand te brengen vanuit en voor de deelnemende industriële partners. Deze duidelijk unieke "bottom up"-benadering heeft als kern, het werken met bedrijven en bouwteams in het bijzonder, om procesvariabiliteit te verminderen. Figuur 1 toont de tijdlijn van de samenwerking en de belangrijkste thema's die tijdens elk van de voorbije fasen werden behandeld.



Figuur 1 - ASPARi tijdlijn 2006 tot nu

De prestaties kunnen op verschillende manieren worden gecategoriseerd, zoals publicaties op conferenties, in tijdschriften en andere publicaties, scripties van afstudeerprojecten van studenten, deelname aan conferenties, keynote speakers, enz. Wellicht nog belangrijker is dat onderzoekers en Founders kennis en expertise hebben ontwikkeld op aanverwante gebieden door hun directe betrokkenheid bij het begeleiden van bachelor- en masterprojecten of door deel uit te maken van teams van klankborden die verbonden zijn aan PDEng- en PhD-projecten. Tot nu toe zijn 3 PhD- en 4 PDEng-projecten met succes afgerond, en eind 2022 zullen nog een PhD- en 4 PDEng-projecten worden afgerond. Tegen het einde van dit jaar zullen 40 bachelor- en 15 masterstudenten hun projecten binnen de onderzoekseenheid met succes hebben afgerond. Ook heeft het werk geresulteerd in een aanzienlijk aantal publicaties, een mix van tijdschrift-, conferentie-, technische en journal artikelen.

Opmerkelijk is dat andere projecten en samenwerkingsverbanden van betekenis zijn uitgevoerd die de asfaltsector in hoge mate ten goede zijn gekomen. Daartoe behoren de ontwikkeling van een wederzijds voordelige werkrelatie met machinefabrikanten via de Leveranciersdag-commissie, de succesvolle organisatie van Opdrachtgever-workshops, de betrokkenheid van diverse ASPARi-Founders bij Asfalt Impuls-commissies, om er maar een paar te noemen. De ontwikkeling van leermateriaal voor de mbo- en hbo-sector verdient speciale vermelding omdat het een voorbeeld is van de succesvolle samenwerking tussen de academische wereld en het bedrijfsleven. De nieuwe leermiddelen die voor de sector zijn ontwikkeld, zouden niet mogelijk zijn geweest zonder de directe inbreng van ASPARi en andere deskundigen die geavanceerde modules schrijven, en deze worden vertaald in leerplanwaardige inhoud door de universitaire onderzoekers. Dit is opnieuw een opmerkelijk voorbeeld van "ontwikkeld door en voor" de sector. Het is geen wonder dat Nederland wordt gezien als koploper op het gebied van asfaltconstructie en procesbeheersing en als een uitstekende test-, verificatie- en validatiebasis voor nieuwe technologieën, systemen en sensormodaliteiten. Het is vanuit deze sterke positie dat wij willen bouwen aan de volgende successen.

Deel 2 – De voorgestelde ASPARi 5.0 Roadmap

De input voor deze Roadmap is besproken tijdens gezamenlijke brainstormsessies van de Founders op 30 juni 2022 en 29 augustus 2022, waarvan de resultaten de volgende zijn:

1. Erkenning van het belang en de waarde van het ASPARi-onderzoek.
2. Erkenning van het belang van het primaire doel van procesverbetering waarbij de reductie van procesvariabiliteit centraal staat. Asfaltploegen, planners, calculatoren, technologen, laboranten en managers zijn belangrijke belanghebbenden bij het beheersen en verbeteren van primaire processen, kwaliteit en het omgaan met risicovraagstukken. Daarom blijven zij een belangrijke rol spelen in de onderzoeksinitiatieven en zijn zij de belangrijkste ontvangers van de onderzoeksresultaten.
3. Erkenning dat onderwijs en onderwijsvernieuwing van vitaal belang zijn om het huidige personeel en nieuwe trainees de vaardigheden bij te brengen die zij nodig hebben om te slagen in een digitale bouwwereld, en hen te helpen het vertrouwen te kweken om die vaardigheden in de praktijk te brengen, zin te geven aan data en visualisaties, en deze op slimme manieren te delen en te gebruiken.
4. Erkenning dat het verbeteren van productkwaliteit en procesefficiëntie een substantiële bijdrage kan leveren aan Duurzaamheid en Circulariteit.
5. Erkenning dat voortzetting van ASPARi wenselijk is en dat commitment is verzekerd voor de periode 2023 tot 2026.
6. Het voorgestelde Roadmap biedt goede aanknopingspunten voor de komende jaren.
7. De Founders geven er de voorkeur aan dat met name wordt gefocust op de pijlers Verbetering van Procesbeheersing en Monitoring en Levensduur, en dat deze de basis vormen voor onderzoek en ontwikkeling in de andere pijlers. Andere aandachtsgebieden die niet specifiek in de Roadmap worden genoemd, kunnen worden uitgevoerd via kort gefinancierde projecten, BSc- of MSc-afstudeerprojecten, of in een andere passende vorm.

Overwegingen voor het opstellen van de Roadmap:

- Het Roadmap moet gezien worden in het licht van de levensvatbaarheid en continuïteit van ASPARi.
- Dit Roadmap is bewust gebaseerd op het ASPARi profiel om de asfaltwegenbouw te professionaliseren en te moderniseren.
- De projecten zoals benoemd in de Roadmap geven de hoofdlijnen aan. Daarbij wordt gedacht in termen van "grotere projecten" die een langere doorlooptijd hebben en waarvan de inzichten voortbouwen op wat beschikbaar is en de basis zullen vormen voor verder onderzoek. Het is natuurlijk nog steeds mogelijk om elementen hiervan of later als kleinere projecten uit te voeren, en/of als afstudeerprojecten.

Op basis van gesprekken met de Founders zien wij onderzoek en ontwikkeling in vier contextuele pijlers:

- i. Verbetering van de procesbeheersing en proceseffecientie: projecten in deze pijler zijn gericht op procesverbetering vanuit een operationeel/organisatorisch perspectief. Zij zijn doelbewust gericht op de vermindering van de variabiliteit, de invoering van op methoden gebaseerde (wetenschappelijke) praktijken en het aanbrengen van verbeteringen op het gebied van planning, organisatie en logistiek.
- ii. Digitalisering: uit door het netwerk verricht onderzoek blijkt dat er aanzienlijke voordelen te behalen zijn in termen van verbetering van kwaliteit en productiviteit. Ook zijn er verreikende implicaties gezien een steeds digitale wereld in de context van Industrie 4.0, een populaire term die wordt gebruikt om trends in de richting van digitalisering en automatisering van productieprocessen aan te duiden.
- iii. Onderwijs en training - de grootschalige invoering en implementatie van nieuwe technologieën en digitalisering resulteert in veranderende rollen voor machinisten, technologen en managers. Nederland heeft ook te maken met een aanzienlijk tekort aan geschoolde werknemers in de bouw en een voortdurende toename van het aantal contractarbeiders. Dit leidt tot bezorgdheid over de toekomstige vaardigheden en competenties, en dus tot de noodzaak om het asfaltonderwijs op het niveau van het beroepsonderwijs, het technologisch onderwijs en het wetenschappelijk onderwijs voortdurend bij te schaven. Bovendien maken de veranderende rollen de noodzaak duidelijk om innovatieve instrumenten (VR en simulatie) te ontwikkelen en toe te passen om de vaardigheden van zowel nieuwkomers als huidige werknemers te verbeteren.
- iv. Monitoring en duurzaamheid - ontwikkeling van data gestuurde degradatiemodellen, levenscyclusvoorspelling en voorspellende onderhoudsstrategieën om duurzaamheidsproblemen aan te pakken.

Op basis van het bovenstaande worden 4 hoofdthema's (pijlers) onderscheiden voor het ASPARi-programma voor 2023-2026, waarin de verschillende initiatieven, ontwikkelingen en projecten duidelijk kunnen worden omschreven en opgenomen. De uitkomsten zijn samengevat in de volgende infografiek (figuur 2):



Figuur 2 - Voorgestelde hoofdthema's

Thema 1: Verbetering van procesbeheersing en proces efficiëntie

Doel: Vermindering van procesvariabiliteit

Door:

- a) Het verfijnen van de PQi-methode, instrumenten, dataverzameling, data-analyse en innovatieve visualisaties (bv. GUI)
- b) De implementatie en integratie van real-time procescontrolesystemen en praktische hulpmiddelen voor planning, constructie en logistiek (van beschrijvend naar voorschrijvend, systeemintegratiebenadering)
- c) De ontwikkeling van innovatieve, niet-invasieve manieren om parameters zoals laagdikte en dichtheid in realtime te meten

Potentiële projecten:

- i. Het gebruik van geavanceerde planningsinstrumenten (simulatiegebaseerde, datagestuurde en hybride modellen) gericht op alomvattende optimalisatie (procesverbetering, proceseffecientie, hogere productiviteit, hogere veiligheid, enz.)
- ii. De (fysieke en digitale) simulatie van verdichtingsstrategieën als een laboratorium testplatform. Ontwikkeling van een "zelfgemaakt" testregime dat aannemers helpt bij het bepalen/communiceren van de kritische operationele parameters (temperatuurvenster, aantal passes, beste verdichtingsstrategie, etc.) met de asfaltbouwploeg.
- iii. Ontwikkeling van oplossingen voor (1) real-time meting van dikte en dichtheid, en (2) alternatieve en minder verstorende PQi-meting (bijv. met behulp van drones en image processing).
- iv. Naar automatisering van het verdichtingsproces - verdere ontwikkeling van systemen voor verdichtingsbegeleiding die beschrijvende gegevens kunnen omzetten in prescriptieve (geleide) verdichtingsstrategieën. In wezen het ontwikkelen van de volgende generatie van Operator Support Systems voor verdichting.

Thema 2: Digitalisering

Doel: Bereiken van kwaliteits- en productiviteitsverbeteringen voor de gehele levenscyclus

Door middel van:

- a) dataverwerving, -deling en -uitwisseling met behulp van SMART-technologieën
- b) data gestuurde simulatie en modellering voor verschillende levenscyclusfasen
- c) het ontwikkelen van digitale tweelingen voor de levenscyclus van wegverhardingen om processen, mensen, technologieën en producten naadloos te integreren

Potentiële projecten:

- i. Onderzoeken en modelleren van de mechanische degradatie van de asfaltverharding op de schaal van de asfaltlevenscyclus met behulp van data gestuurde technieken om: a) een ontologie-gebaseerd datamanagementschema te ontwikkelen om data-acquisitie, -transformatie en -onderhoud mogelijk te maken; b) overeenkomstige data te verzamelen over de betreffende fasen binnen de asfaltlevenscyclus en het metamodel te ontwikkelen en te valideren; c) de integratie te realiseren van de op het metamodel gebaseerde simulatie-

- en beoordelingstechniek met een optimalisatiemethode om een optimalisatieraamwerk op te zetten voor de asfaltbouwstrategie.
- ii. Ontwikkeling van een NEN 2660 (nationaal) en SML (internationaal) compliant referentie ontologie model.
 - iii. Ontwikkelen van use cases voor de dicht op elkaar gelijkende netwerk-level Pavement Digital Twin keten. Wegen digital twins moeten worden gezien als een AI-gedreven organisme dat een complex zelfregulerend/verfijnend/lerend onderling verbonden netwerk van individuele modellen opzet. Met andere woorden, de digitale twin van weg A (in de gebruiksfase) en weg B (in de onderhoudsfase) moet in verschillende hoedanigheden worden gebruikt voor weg C (nog in de ontwerpfase).
 - iv. Ontwikkel een real-time asfaltlogistiek simulatiemodel dat gebruikt kan worden om de efficiëntie van de huidige praktijk te analyseren en mogelijke strategieën te bestuderen (bijv. andere routes, aangepaste vlootsamenstelling, etc.) voor verbeterde levering van asfalt op de bouwplaats, door logistieke simulatiemodellen te combineren met de real-time locatiegegevens.

Thema 3: Onderwijs en Training

Doel: ervoor zorgen dat de huidige en toekomstige vaardigheden en competenties relevant zijn in de context van Industrie 4.0.

Door middel van:

- a) het ontwikkelen en onderhouden van onderwijsmateriaal voor alle onderwijsniveaus
- b) de capaciteitsopbouw voor de hele sector te verbeteren door middel van workshops, seminars en symposia
- c) de ontwikkeling van innovatieve instrumenten (bv. simulatoren, VR en AR) voor de opleiding van nieuw en huidig bouw personeel

Potentiële projecten:

- i. Hardware-ontwikkeling van een fysisch-realistische simulator (simulatieplatform).
- ii. Ontwikkeling van een data-driven VR-instrument met meer realistische scenario's (gebaseerd op de gegevens die zijn verzameld bij de feitelijke bestratingswerkzaamheden).
- iii. Het ontwerpen, testen en implementeren van een innovatief, serieus bordspel (digitaal en fysiek) voor de gehele asfaltbouwcyclus, van mixontwerp tot aanleg en onderhoud. Deze kunnen niet alleen worden gebruikt om het lesgeven en leren aan beroepsopleidingsinstituten en onderwijsinstellingen te verbeteren, maar ook om de vaardigheden en bekwaamheden van het huidige personeel te vergroten.

Thema 4: Monitoring en duurzaamheid

Doel: Voorzien in de behoefte aan meer duurzaamheid en een duurzamere asfaltsector.

Door middel van:

- a) het ontwerpen van geschikte monitoringinstrumenten (met behulp van sensoren en algoritmen) voor voorspellend onderhoud
- b) het ontwerpen van preventieve onderhoudsstrategieën en degradatiemodellen

c) richtlijnen ontwikkelen voor systemische besluitvorming

Potentiële projecten:

- i. Ontwikkeling van prestatie- en degradatiemodellen voor wegverhardingen op basis van ontwerp-, constructie-, inspectie- en andere gegevens.
- ii. Gezien de noodzaak om de duurzaamheidsagenda op te nemen in de kerndoelstellingen van de planning, een kader ontwikkelen voor multi-schalige simulatie van wegeaanleg door de integratie van temporele simulatietechnieken, geavanceerde visualisatiemethoden en data gestuurde modelleringsbenaderingen. De ambitie is om één “decision-support” tool te ontwikkelen dat kan worden gebruikt voor het gehele ontwerp en de gehele aanleg van wegenprojecten voor verschillende besluitvormingsniveaus.

Appendix 1 – summary of ASPARi themes in the first 4 phases

Fase 1.0 - expliciet maken van operationeel gedrag; ontwikkeling van methoden en instrumenten om bouwprocessen te bewaken

Fase 2.0 - op elkaar afstemmen van informatietechnologieën, kennis van operators en laboratoriumpraktijken; model voor op methoden gebaseerde leerpraktijken; empirische relaties operationele strategieën op asfaltkwaliteit; op elkaar afstemmen laboratoriumontwerp en operationele strategieën; eerste stappen - visualisatie verdichtingsproces, interactieve visualisatieomgevingen, blended reality; verschillende niveaus van/voor Capability Maturity bij bedrijven uit de UT; workshops voor asfaltploegen, laboranten, planners, calculatoren. (Proces kwaliteitsverbetering en eerste stappen simulaties, blended- en virtual reality)

Fase 3.0 - uitbreiden en verfijnen van de PQi methodiek; naar real time procesbeheersing; ontwikkelen van geleide operationele strategieën voor verdichting; ontwikkelen (en verbeteren) van onderwijsmateriaal voor MBO, HBO en WO, ontwikkelen van de virtuele asfaltconstructie; testen en evalueren van nieuwe technologieën en sensoren; verbeteren van de logistiek; beheersen en voorspellen van asfalttemperatuur tijdens de aanleg

Fase 4.0 - 4 thema's t.w. ontwikkeling technologieën (directe dataoverdracht en analyse, voorspellingstools, realtime procesbesturing en passende GUI's); ontwikkeling technologieën in commerciële systemen (leveranciersdag), functionele specs voor bestratings- en verdichtingssystemen, ASPARiCool, ontwikkeling van voorspellingsmodellen voor verhardingsprestaties, standaardisatie PQi-data); toepassing SMART-technologieën in contracten (Opdrachtgeversdag, klantwaardering, toepassing in contracten HTLC); ontwikkeling en modernisering onderwijsmateriaal (MBO, HBO, WO)