



Terms of Reference "Realisatie Referentiearchitectuur voor het Nederlandse Energiesysteem 1.0"

Datum 5 september 2023
Versie 1.0
Status Definitief

Inhoud

Leeswijzer.....	2
1. Inleiding	3
1.1 Aanleiding	3
1.2 Toelichting bij gebruikte termen Terms of Reference	3
1.3 Gebruik van architectuur tooling	5
1.4 Voorbeelden van referentie-architecturen.....	7
1.5 Relevante aspecten gerelateerd aan de referentie-architectuur.....	9
1.6 Wat is een referentie-architectuur níet.....	11
1.7 De referentie-architectuur heeft internationale ambitie.....	12
1.8 Toepassingsgebieden (use cases) van de referentie-architectuur.....	13
2. Bronnen.....	15
3. Referenties	16

Leeswijzer

- Hoofdstuk 1 beschrijft de aanleiding voor het opstellen van een referentiearchitectuur, alsmede wat de Topsector energie (TSE) verstaat onder een referentie-architectuur en wat de doelstelling zijn die de TSE wil verwezenlijken met de referentie-architectuur.
- Hoofdstuk 2 geeft een overzicht van de bronnen die in deze Terms of Reference zijn gebruikt. Deze worden in dit document aangeduid met *[B.xx]*
- Hoofdstuk 3 geeft een overzicht van de referentie die in deze Terms of Reference zijn gebruikt. Deze worden in dit document aangeduid met *[R.xx]*

1. Inleiding

Dit document bevat de set van eisen in het kader van de Terms of Reference “Realisatie Referentiearchitectuur voor het Nederlandse Energiesysteem 1.0”.

1.1 Aanleiding

De energietransitie naar een duurzame samenleving vraagt om een enorme inspanning waarin digitalisering een fundamentele rol speelt. Door digitale ontwikkelingen ontstaan nieuwe mogelijkheden en verandert de manier waarop we leven en werken. De energietransitie brengt naast duurzame bronnen en een veranderend energienetwerk ook een veranderende maatschappij met zich mee, waarin digitalisering er mede voor zorgt dat we op een hele nieuwe manier met energie omgaan.

Een referentie-architectuur kan een belangrijke rol spelen in het vormgeven en versnellen van de energietransitie door een raamwerk te bieden dat belemmeringen voor toetreding en verandering wegneemt, transparantie en integriteit op markten waarborgt en de transitiekosten en operationele kosten verlaagt voor bedrijven en consumenten. Daarnaast biedt het houvast op cruciale onderwerpen als interoperabiliteit en standaardisatie die zeer belangrijk zijn in een gedigitaliseerd energiesysteem.

Hoewel er voor onderdelen (zoals flex-sturing) en bepaalde rollen in de markt referentie-architecturen (zoals de Netbeheerder) beschikbaar zijn, is er in Nederland tot nu toe geen referentie-architectuur die het gehele energiedomein afdekt c.q. wordt gebruikt voor het ontwerp en de realisatie van ons (toekomstige) duurzame energiesysteem.

1.2 Toelichting bij gebruikte termen Terms of Reference

De termen referentie-architectuur, enterprise-architectuur, doel-architectuur en solution-architectuur worden vaak gebruikt binnen het brede domein van architectuur. Hieronder volgt een korte beschrijving en de belangrijkste verschillen.

Referentie-architectuur: Een referentie-architectuur is een algemeen, gestandaardiseerd en herbruikbaar model dat best practices en richtlijnen biedt voor het ontwerpen en implementeren van systemen binnen een specifieke context of domein. Het is bedoeld als een blauwdruk of sjabloon die organisaties kunnen gebruiken om consistentie en consistent ontwerp te waarborgen bij het ontwikkelen van hun eigen oplossingen. Referentiearchitecturen kunnen betrekking hebben op een breed scala aan aspecten, zoals technologieën, processen, gegevensmodellen en operationele structuren. Een referentie-architectuur kan op sector- of organisatieniveau worden opgesteld.

Enterprise-architectuur: Een enterprise-architectuur is een overkoepelend raamwerk dat de structuur en werking van een organisatie op een holistische manier beschrijft. Het richt zich op het begrijpen en plannen van de verschillende aspecten van een organisatie, waaronder strategie, processen, informatie, technologie en mensen.

Enterprise-architectuur streeft ernaar om de samenhang en afstemming tussen deze aspecten te bevorderen om de bedrijfsdoelstellingen te ondersteunen. Het is een best practice om de enterprise-architectuur van de organisatie op te stellen op basis van een breed gedragen referentie-architectuur.

Doel-architectuur: Een doel-architectuur (target architecture, TO BE of SOLL architectuur) is een gewenste toekomstige toestand van een organisatie of systeem, gebaseerd op strategische doelstellingen en vereisten. Het beschrijft de beoogde structuur, functionaliteit en eigenschappen van de architectuur die nodig zijn om de doelen van de organisatie te bereiken. Een doel-architectuur fungeert als een leidraad voor het ontwikkelen en implementeren van veranderingen in de bestaande architectuur om de gewenste toekomstige staat te bereiken. Het kan een evolutie zijn van de huidige referentie-architectuur of een geheel nieuw ontwerp.

Basis-architectuur: Een basis-architectuur (baseline architecture, AS IS of IST architectuur) beschrijft de huidige toestand van een organisatie of systeem, inclusief de huidige issues, belemmeringen en kansen.

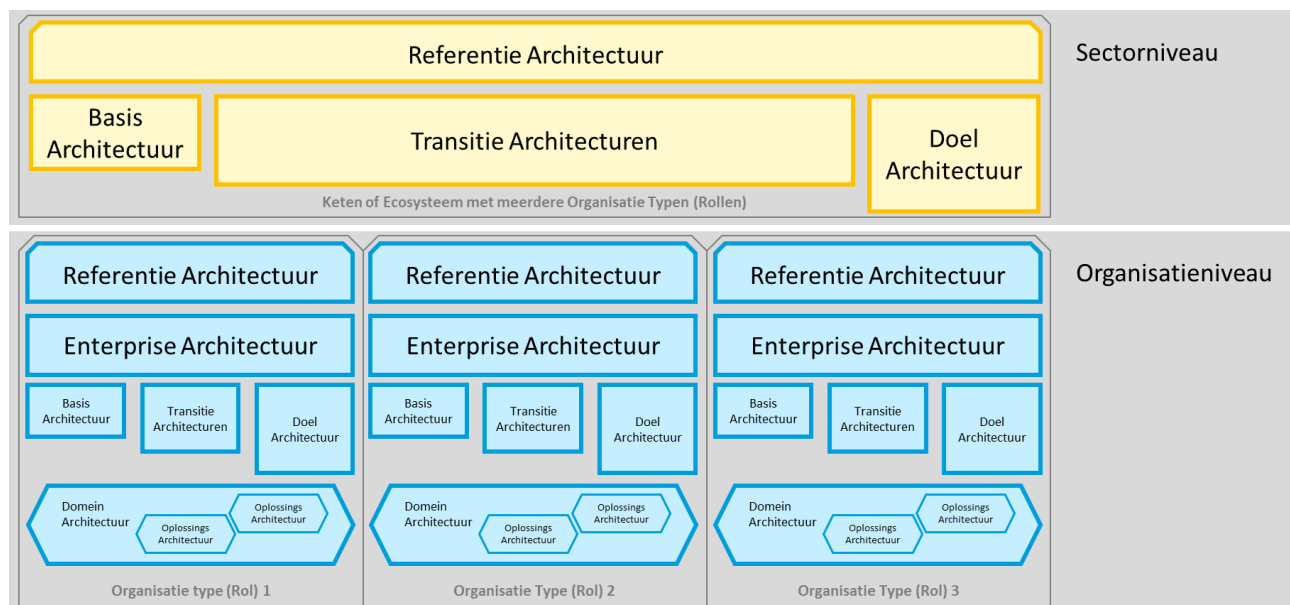
Transitie-architectuur: Een transitie-architectuur is een formele beschrijving van één toestand van de architectuur op een architectonisch belangrijk tijdstip (zie afbeelding 3), meestal inclusief een aantal capability-incrementen. Het beschrijft de routekaart van de huidige toestand (basis-architectuur) naar de gewenste toestand (doel-architectuur).

Oplossing-architectuur: Een oplossing-architectuur (solution architecture, IT architectuur) is een gedetailleerd ontwerp dat specifiek is voor een bepaalde oplossing, project of systeemimplementatie. Het richt zich op het definiëren van de structuur, componenten, interfaces en technologieën die nodig zijn om een specifieke zakelijke behoefte of probleem op te lossen. Een oplossing-architectuur vertaalt de vereisten en specificaties van een project of implementatie in een technisch ontwerp dat kan worden geïmplementeerd. Het omvat vaak systeemintegraties, hardware- en softwarecomponenten, datamodellen en andere technische details.

Domein-architectuur: Een domein-architectuur wordt gebruikt om een omvangrijke enterprise-architectuur onder te verdelen in afgebakende onderdelen, vaak het verantwoordelijkheidsgebied van één architect of architectuurteam, waarbinnen meerdere oplossing-architecturen een plaats vinden.

Kort samengevat kunnen we zeggen dat een referentie-architectuur een generiek model is dat best practices en richtlijnen biedt, een doel-architectuur de gewenste toekomstige toestand van een organisatie beschrijft en een oplossing-architectuur een gedetailleerd ontwerp is voor een specifieke oplossing of project.

In de onderstaande figuur worden verschillende architecturen in samenhang weergegeven.



In de bovenstaande plaat wordt ook expliciet onderscheid gemaakt tussen een referentie-architectuur voor een geheel domein, ecosysteem of sector (zoals bedoeld in deze aanbesteding), en een referentie-architectuur voor een organisatietype of rol binnen dat domein (zoals de meeste huidige referentie-architecturen en voorbeelden in dit document). Een referentie-architectuur op sectorniveau kán referentie-architecten van verschillende organisatietypes omvatten.

1.3 Gebruik van architectuur tooling

Een referentie-architectuur is een complex product met een omvangrijke inhoud die voortdurend in beweging is. De (enige) manier om deze structuur en inhoud goed te beheren en beheersen is door deze te vatten en te gebruiken in een architectuurtool (of -omgeving indien sprake is een samengesteld geheel van meerdere tools).

Een enterprise-architectuurtool is een softwaretoepassing die wordt gebruikt om enterprise-architectuur te plannen, ontwerpen, implementeren en beheren. Het biedt verschillende functionaliteiten en kenmerken die organisaties helpen bij het effectief beheren van hun bedrijfsprocessen, informatie, applicaties en infrastructuur. Enkele belangrijke kenmerken en functionaliteiten van een enterprise-architectuurtool:

1. **Modellering en visualisatie:** Een enterprise-architectuurtool stelt gebruikers in staat om architectuurmodellen te maken en visueel weer te geven. Dit omvat het maken van diagrammen, zoals bedrijfsarchitectuur, informatiesystemen, applicaties en technische infrastructuur, met behulp van standaardnotaties zoals ArchiMate of Unified Modeling Language (UML).

2. **Repository:** De tool biedt een centrale repository (gespecialiseerde database) om alle architectuurartefacten op te slaan, zoals modellen, documenten, beleidsrichtlijnen en richtlijnen. Dit maakt het mogelijk om informatie op één plaats te verzamelen en te beheren, waardoor de samenwerking en consistentie tussen verschillende belanghebbenden wordt verbeterd.
3. **Impactanalyse:** Een enterprise-architectuurtool kan helpen bij het analyseren van de impact van veranderingen binnen de organisatie. Het stelt gebruikers in staat om wijzigingen in de architectuurmodellen door te voeren en de gevolgen daarvan te evalueren, zoals het identificeren van afhankelijkheden, risico's en potentiële conflicten.
4. **Integratie met andere tools:** Het is vaak mogelijk om een enterprise-architectuurtool te integreren met andere softwaretools die binnen de organisatie worden gebruikt, zoals projectmanagementtools, requirements managementtools of softwareontwikkelingsomgevingen. Dit vergemakkelijkt een naadloze uitwisseling van gegevens en informatie tussen verschillende systemen.
5. **Rapportage en presentatie:** De tool biedt vaak rapportagefunctionaliteiten om gegevens en analyses te presenteren aan belanghebbenden op verschillende niveaus in de organisatie. Dit omvat het genereren van rapporten, dashboards en grafieken om inzicht te bieden in de architectuurstatus, prestaties en trends.
6. **Governance-ondersteuning:** Een enterprise-architectuurtool kan ondersteuning bieden bij het implementeren van governanceprocessen binnen de organisatie. Dit omvat het definiëren en handhaven van architectuurprincipes, beleidsrichtlijnen, standaarden en best practices. De tool kan ook helpen bij het beoordelen en controleren van de naleving van deze richtlijnen.
7. **Samenwerking en communicatie:** De tool faciliteert samenwerking en communicatie tussen verschillende belanghebbenden die betrokken zijn bij het architectuurproces. Het stelt gebruikers in staat om opmerkingen achter te laten, feedback te geven en te discussiëren over architectuurmodellen en -documentatie, wat de betrokkenheid en de kwaliteit van de besluitvorming verbetert.
8. **Versiebeheer:** Enterprise-architectuurtools bieden meestal versiebeheerfunctionaliteiten, waarmee gebruikers wijzigingen in de architectuurmodellen kunnen bijhouden en eerdere versies kunnen vergelijken. Dit vergemakkelijkt het beheer van de evolutie van de architectuur en maakt het mogelijk om wijzigingen te traceren en te begrijpen.

Dit zijn enkele belangrijke kenmerken en functionaliteiten die vaak te vinden zijn in enterprise-architectuurtools. Een tool voor het beheren van de referentie-architectuur kent vergelijkbare functionaliteit, hoewel de eisen daaraan kunnen verschillen naarmate er bijvoorbeeld meer sprake is van samenwerking over organisatiegrenzen heen.

Tenslotte is het van belang voor de juiste interpretatie en toepassing van de referentie-architectuur dat begrippen en definities daarvan eenduidig worden vastgelegd en eenvoudig, zowel direct als via de context waarin een begrip wordt gebruikt, toegankelijk is. Linked Data kan een rol spelen om de begrippen, alsmede de concepten in de architectuur, te verbinden aan andere relevante begrippenlijsten, architecturen en overige datasets.

1.4 Voorbeelden van referentie-architecturen

Voorbeelden van bestaande referentie-architecturen (best practises) buiten het energiedomein:

- **GEMMA:** de 'GEMEentelijke Model Architectuur': de referentie-architectuur voor Nederlandse gemeenten. De GEMMA bestaat uit een samenhangende verzameling architectuurproducten en bouwt verder op internationale standaarden en de Nederlandse Overheid Referentie-architectuur (NORA). Gemeenten gebruiken de GEMMA om hun eigen (enterprise-) architectuur te ontwikkelen en hun informatievoorziening in te richten [R.06].
- **CORA en VERA:** de 'CORporatie Referentie-architectuur' en de 'VOLkshuisvesting Referentie-architectuur'. De CORA is een best practice referentie-architectuur die veel wordt toegepast in het domein van woningcorporaties. De VERA is feitelijk een berichtenstandaard in datzelfde domein [R.07].
- **ROSA:** De 'Onderwijsketen Referentie Architectuur' is, anders dan de meeste bestaande referentie-architecturen, een ketenreferentie-architectuur. De scope is ketensamenwerkingen tussen ketenpartijen in het onderwijs en alles wat daarbij komt kijken op het gebied van gegevensuitwisseling. Dit gaat om zowel de technische, semantische als procesmatige aspecten én de beveiliging en toegang in het kader van gegevensuitwisseling. Interessant zijn ook de onderliggende referentie-architecturen voor verschillende onderwijsgebieden (MORA, HORA), en de sector-architecturen die zich richten op gezamenlijke voorzieningen (MOSA, HOSA) [R.26].

Voorbeelden van (bronnen voor) referentie-architecturen binnen het energiedomein:

- **SGAM:** Het Smart Energy Grid Architecture Model (SGAM) is een driedimensionaal architectonisch raamwerk dat kan worden gebruikt om interacties (meestal uitwisseling van informatie) tussen verschillende entiteiten binnen de slimme energie-arena te modelleren. De belangrijkste doelstellingen waren om alle verschillende belanghebbenden, die niet zo gewend zijn om samen te werken (generatoren, TSO's, DNB's, DER's, woningbouw/bouw/industrieën), te helpen een gemeenschappelijk kader te delen, met een specifieke nadruk op interoperabiliteit.

Het SGAM is oorspronkelijk bedoeld om use cases rondom standaarden en protocollen vindbaar te maken en te duiden, en heeft wél een domeinbrede scope, maar mist de verdieping (concepten in de verschillende architectuurlagen) van dat domein dat in andere referentie-architecturen wel hebben [R.10].

- **USEF:** Het Universal Smart Energy Framework USEF is opgericht door zeven belangrijke spelers, actief in de slimme energie-industrie. Hun doel: de totstandkoming van een geïntegreerd slim energiesysteem versnellen dat alle belanghebbenden ten goede komt, van energiebedrijven tot consumenten. De stichting is niet langer actief, maar het werk van USEF is nog steeds beschikbaar voor referentie. USEF is oorspronkelijk bedoeld om de werking van het framework, en de bijbehorende software-componenten uit te leggen. Het heeft daardoor enerzijds meer het karakter van een doel-architectuur, omdat het één specifiek marktmodel als uitgangspunt neemt, en anderzijds zelfs het karakter van een oplossings-architectuur omdat het de werking van de USEF software componenten toelicht. Het is evenals het SGAM niet zo rijk in de concepten als de eerder genoemde voorbeelden van referentie-architecturen buiten het energie-domein [R.13].
- **NBility:** Het NBility model is een gezamenlijk model van de Nederlandse netbeheerders en beschrijft hun business capabilities, bedrijfsobjecten en waardestromen. NBility staat voor Netbeheerder Business Capability. Het capability model is opgesteld om handvatten te bieden aan verandering binnen de netbeheerders. Het NBility model is bedoeld als referentie-architectuur voor één specifiek organisatietype (rol) in het energiedomein. Het richt zich vooral op capabilities, bedrijfsobjecten en mogelijke waardestromen en is daardoor eveneens wat minder rijk dan voorbeelden uit andere domeinen [R.09].
- **EPRI Capability Model:** Een capability-architectuur voor Utilities, vergelijkbaar met NBility, maar voor de US energiemarkt [R.08].
- **AMES:** Het American Multimodal Energy System (AMES) is een systeem van systemen dat bestaat uit vier afzonderlijke maar onderling afhankelijke infrastructuursystemen: het elektriciteitsnet, het aardgassysteem, het oliesysteem en het kolensysteem. Hun onderlinge afhankelijkheid creëert de behoefte om de onderliggende architectuur beter te begrijpen om een duurzamer, veerkrachtiger en toegankelijker energiesysteem na te streven [R.11].

Deze bestaande referentie-architecturen kunnen geheel of gedeeltelijk een bron zijn voor de te ontwikkelen referentie-architectuur. Een belangrijk verschil met de te creëren referentie-architectuur voor het energiedomein is dat deze referentie-architecturen (voornamelijk) gaan over bedrijfstypen, niet over een sector als geheel waarin meerdere bedrijfstypen acteren.

1.5 Relevante aspecten gerelateerd aan de referentie-architectuur

Een architectuur wordt vaak opgedeeld in lagen (zie bijvoorbeeld [R.22], [R.23] en [R.25]):

- De organisatorische of bedrijfslaag geeft de producten en diensten weer die aan klanten worden aangeboden en die in de organisatie wordt gerealiseerd door bedrijfsprocessen die worden uitgevoerd door bedrijfsactoren binnen de organisatiestructuur.
- De applicatielaag geeft applicatieservices weer die het bedrijf ondersteunen, en de applicaties die deze realiseren.
- Vaak wordt op hetzelfde niveau als de applicatie-laag ook de informatie-laag toegevoegd (zoals in TOGAF). Soms wordt data- en informatie op iedere laag weergegeven, zoals in ArchiMate. Het definiëren van data is een belangrijke basis voor samenwerking binnen en tussen bedrijven.

Daartoe moeten taal en begrippen (woorden) worden geduid, zodat we elkaar kunnen begrijpen en elkaars informatie kunnen uitwisselen en (her)gebruiken. Ook de architectuur-begrippen zelf moeten geduid worden, bijvoorbeeld in een aparte begrippenlijst.

- De technologielaag omvat zowel informatie- als operationele (netwerk-) technologie. U kunt bijvoorbeeld verwerkings-, opslag- en communicatietechnologie modelleren ter ondersteuning van de applicatiewereld en bedrijfslagen, en operationele of fysieke technologie modelleren met faciliteiten, fysieke apparatuur, materialen en distributienetwerken.
- De NORA voegt daar expliciet een grondslagenlaag aan toe, die alle wet- en regelgeving die van toepassing kan zijn op de architectuur bevat.

Daarnaast bevat een architectuur ook een heldere opdracht tot het creëren van deze architectuur, de scope van de architectuur, het gebruikte framework en referentie-architecturen, (architectuur-)principes en tooling. In TOGAF wordt hier naar verwezen als de output van de 'Preliminary Phase'.

Er wordt aan bovenstaande lagen ook wel gerefereerd als interoperabiliteits-lagen; voorbeelden van interoperabiliteitslagen zijn onder andere te vinden in:

- **GridWise Interoperability Context-Setting Framework:**
Informatietechnologie zal het "zenuwstelsel" vormen dat nieuwe gedistribueerde technologieën - vraagresponso, gedistribueerde opwekking en opslag - integreert met traditionele activa voor netopwekking, transmissie en distributie. Om een geïntegreerd energiesysteem te realiseren, definieert de GridWise Architecture Council de principes voor interactie tussen de informatiesystemen die het netwerk effectief en dynamisch zullen beheren [R.04].

- **New European Interoperability Framework:** Het EIF geeft via een reeks aanbevelingen richtlijnen aan overheidsdiensten om het beheer van hun interoperabiliteitsactiviteiten te verbeteren, relaties tussen organisaties tot stand te brengen, processen ter ondersteuning van end-to-end digitale diensten te stroomlijnen en ervoor te zorgen dat bestaande en nieuwe wetgeving niet interoperabiliteits-inspanningen in gevaar brengen [R.24].
- Hieraan gerelateerd de **European Interoperability Reference Architecture (EIRA)**. Europese overheidsdiensten moeten bereid zijn om samen te werken om grensoverschrijdende openbare diensten te leveren om aan de behoeften van bedrijven en burgers te voldoen.
- De ISA²-actie 2.1 (EIA) introduceerde de Europese interoperabiliteits-referentie-architectuur (EIRA) om overheidsdiensten te begeleiden bij hun werk om interoperabele Europese openbare diensten aan bedrijven en burgers aan te bieden [R.27].

Per laag zijn er naast de al genoemde bestaande referentie-architectuur, deel-(referentie-)architecturen aan te wijzen in het energiedomein die één of meer lagen in de totale referentie-architectuur beslaan. Dit zijn bijvoorbeeld:

- **Op de bedrijfslaag: EBIX en AESEE rollenmodellen.** Het Harmonised Role Model beschrijft een model dat alle rollen identificeert die voor bepaalde domeinen binnen de elektriciteitsmarkt kunnen worden gespeeld. De rollen zijn van logische aard, zoals die van balanceerverantwoordelijke. De rollen handelen binnen een bepaald domein, zoals een meetrastergebied [R.19 en R.20].
- **Op de informatielaag: CIM.** Het Common Information Model is een standaard voor transmissie en distributie van elektrische energie die is ontwikkeld door de elektriciteitsindustrie. Het is bedoeld om applicatiesoftware in staat te stellen informatie uit te wisselen over een elektrisch netwerk [R.21].
- **Op de applicatielaag: OpenDEI.** In de toekomst zullen de Integrated Energy Systems (IES) bestaan uit vier onderling verbonden en onderling gerelateerde lagen. Deze complexiteit vereist hogere niveaus van operationele uitmuntendheid met de toepassing van baanbrekende technologieën om het delen van gegevens tussen domeinen en gegevensgestuurde innovatie te bevorderen. OPEN DEI zal referentieplatforms evalueren, analyseren en voorstellen die de basis zullen vormen van de vier IES-lagen [R.18].
- **Op de technologielaag: Gaia-X.** Gaia-X is een Europees initiatief om een federatieve data- en cloudinfrastructuur te ontwikkelen. Dat wordt gerealiseerd door de ontwikkeling van specificaties, compliancy labels en open-source software componenten voor zowel het data-ecosysteem als de onderliggende cloudinfrastructuur. Op basis van Europese waarden als datasoevereiniteit, veiligheid en transparantie [R.17].

- **Op de technologielaag: IDSA Referentie Architectuur Model (IDSA-RAM).** Gegevens worden in snel tempo het meest waardevolle bezit van het bedrijf, maar het kan alleen zijn volledige waarde opleveren als u het in gebruik neemt en deelt op manieren die u, als gegevensleverancier, bepaalt en beheert. Internationale dataspace (IDS) zijn de plaatsen waar dit soort betrouwbare, zelfbepaalde uitwisseling kan plaatsvinden, en ons Reference Architecture Model (IDS-RAM) bepaalt de norm voor het bouwen van datagestuurde ecosystemen, producten en diensten [R.16].

1.6 Wat is een referentie-architectuur *niet*

Een referentie-architectuur is géén doel-architectuur.

Een referentie-architectuur is juist geschikt om meerdere doelen en doel-situaties te kunnen beschrijven, maar het stelt niet één doel boven een andere doel, en niet één specifieke doelsituatie boven de andere. Deze doelen en doelsituatie worden ingegeven voor de ontwikkelingen en de meerdere stemmen in de betreffende markt. Een referentie-architectuur is (daarom ook) bij uitstek geschikt om transitie-architecturen in te modelleren, scenario's analyses te ondersteunen, en rapportages en heatmaps te creëren om ontwikkelingen te duiden.

Een heatmap is een visuele weergave van gegevens in de architectuur die de status of het niveau van belangrijke elementen binnen een organisatie of systeem laat zien. Het wordt vaak gebruikt om de mate van volwassenheid, risico's, prioriteit, prestaties of andere relevante kenmerken van verschillende componenten te illustreren. Een heatmap bestaat meestal uit een kleurrijke rasterweergave waarbij elke cel in de rastermatrix wordt gekleurd op basis van het gemeten kenmerk of de waarde van het element dat wordt geanalyseerd. De kleurgradaties in de heatmap geven de relatieve niveaus of waarden aan, waardoor snel inzicht kan worden verkregen in patronen, trends of problematische gebieden.

Een referentie-architectuur is ook géén architectuur van het energiesysteem.

Het bevat wel de concepten om een energie-infrastructuur c.q. meerdere verschijningsvormen van een energie-infrastructuur te kunnen beschrijven op een conceptuele manier (bijvoorbeeld als een energiewaardeketen met spelers en interacties daartussen) maar niet om een energie-infrastructuur fysiek uit te modelleren.

De referentie-architectuur van het energiedomein is daarom nadrukkelijk:

- **informatie-technologie agnostisch:** het moet alle informatie-technologie kunnen bevatten, geen technologie uitsluiten en niet gebaseerd zijn op specifieke technologie (of leveranciers of categorieën van technologie); het moet perspectief bieden voor zowel gesloten (commerciële) als open (open source, public stack) software en technologie;

- **energie-infrastructuur-inrichting agnostisch**: het moet alle (potentiële) energievormen, energiedragers c.q. commodities kunnen bevatten en integreren, maar geen voorkeur hebben voor een bepaalde samenstelling of inrichting van het systeem. Zowel centraal als decentraal, zowel duurzaam als minder duurzaam. Zeker in de wetenschap dat we, welke snelheid of richting de energiemarkt maakt, we in de voorzienbare toekomst met een mix van vormen en inrichtingen te maken zullen hebben;
- **marktmodel agnostisch**: geen voorkeur voor rollen en verhoudingen, platformen en gremia centraal of decentraal, democratisch of centraal geleid, maar geschikt zijn om meerdere marktmodellen te omvatten en de transitie van het ene model naar het andere te tonen;
- **waarden en doelen agnostisch**: het moet verschillende (publieke en private) waarden en doelen kunnen bevatten maar daar geen keuze in maken of voorkeur in uitspreken, deze moeten zelfs conflicterend met elkaar kunnen zijn;
- **implementatie en doelsituatie agnostisch**; het moet meerdere doelen en doelsituaties kunnen bevatten, ook volgtijdelijk (transitie-architecturen) en vergelijken, het moet bruikbaar zijn voor een organisatie om een enterprise, doel of solution-architectuur op te baseren, maar het moet niet zelf een doel- of solution-architectuur zijn; het moet architectuur- en inrichtingsprincipes en richtlijnen kunnen bevatten, maar niet een bepaald architectuur-, inrichtingsprincipe of richtlijn de voorkeur geven, tenzij deze algemeen zijn geadopteerd c.q. zijn verankerd of vastgelegd in wet, regelgeving, sectorale afspraak, overige regelgeving of breed geaccepteerde standaard of norm in het energiedomein.

Dit alles wil niet zeggen dat een referentie-architectuur inhoudelijk generiek is, toepassingsgebied of domein agnostisch is. Een referentie-architectuur van het energiedomein is WEL volledig afgestemd op en specifiek gemaakt voor (alle verschijningsvormen van) een energiesysteem, een energiemarkt c.q. de energiesector. Het is niet zo generiek dat het ook een andere sector, de zorg of de telecom kan bevatten.

Dit komt tot uitdrukking op verschillende lagen van de referentie-architectuur: energie-specifieke technologie, voor de energiemarkt specifieke waardestromen, processen, actoren, gegevensobjecten. Iedereen in het energie-domein moet zich direct kunnen herkennen in de referentie-architectuur. Dit stelt overigens ook eisen aan de presentatie-vorm, de visualisatie en de gebruikte taal.

1.7 De referentie-architectuur heeft internationale ambitie

Het is ook nadrukkelijk de ambitie om de referentie-architectuur, die we in eerste instantie invullen voor het Nederlandse energiedomein, geschikt is (direct of in een groeipad) om de situatie in meerdere landen te bevatten. En daarmee uitbreidbaar is naar een meerdere landen en zelfs de EU als geheel. De structuur (vorm, scope) van de op te stellen referentie-architectuur moet daar vanaf het begin geschikt voor zijn.

1.8 Toepassingsgebieden (use cases) van de referentie-architectuur

In de praktijk is een groot aantal toepassingsgebieden denkbaar voor de referentie-architectuur van het energiedomein. Op basis van bestudering van de in dit document genoemde bronnen zijn we tot de navolgende, niet-limitatieve lijst van mogelijke toepassingen gekomen.

In de architectuur kunnen hiertoe bijvoorbeeld viewpoints worden bepaald en daaruit resulterende views worden vastgelegd, zoals beschreven in TOGAF. In ArchiMate 3.2 worden voorbeelden van viewpoints beschreven in Appendix C. In vraag-gestuurde architectuur wordt eerst bepaald welk vraag moet worden beantwoord c.q. welk vraagstuk opgelost, voor welke stakeholder en welke viewpoints en views daartoe benodigd zijn, voordat de inhoud en structuur van de architectuur verder worden ingevuld.

Naast onderstaande lijst biedt de HORA [R.28] ook een goed uitgewerkte lijst van use cases voor het gebruik van referentie-architecturen.

- Het versnellen van (digitale) innovatie in het energiedomein, zowel op fysiek-technisch, informatie-technologisch als organisatorisch en business model gebied en de convergentie tussen ICT en energie;
- Versnellen van de ontwikkeling op een specifiek sub-domein zoals mobiliteit, home energy management, energy hubs en clusters etc;
- Het toepassen van eerdere project-ervaringen, best practises en digitale innovaties uit binnen- en buitenland, zowel van binnen het energiedomein als van daar buiten (lift- en shift, bijvoorbeeld vanuit de telecomsector);
- Het onderzoeken, ontwikkelen en innoveren van nieuwe (digitale) producten, diensten, business modellen en waardeketens en het doorbreken van bestaande patronen bijvoorbeeld ten aanzien van bestaande marktmodellen, aanpassen van bestaande rollen (taken en functies), inpassen nieuwe rollen, impact analyse van nieuwe wetgeving;
- Het meten, analyseren, afwegen van verbeteropties en verbeteren van operationele, bedrijfs overstijgende processen (marktprocessen, systeemprocessen);
- Het voorspellen van gedrag van eindgebruikers en andere rollen in een marktmodel en de terugslag daarvan op innovaties, nieuwe producten en diensten, oplossingen voor bijvoorbeeld congestie;
- Het ondersteunen (versnellen, verbreden) van standaardisatie c.q. ontwikkelen van open standaarden en normalisatie c.q. het ontwikkelen van nieuwe normen in het energiedomein, het slaan van de brug tussen research en standaardisatie;
- De toepassing van open source en open standaarden, open en public stacks en het voorkomen van lock-ins door platformen, technologie-stacks en leveranciers;
- Het verbeteren van systeemintegratie in zowel de energie-infrastructuur als de digitale infrastructuur;
- De beschikbaarheid en kwaliteit van data en het verbeteren van de data governance in het energiedomein;
- De onderlinge (digitale) samenwerking en data-uitwisseling; het ontwikkelen en implementeren van afsprakenstelsels, digitale stelsels en data spaces en het bevorderen van data interoperabiliteit;

- De inzet van slimme toepassingen (kunstmatige intelligentie, machine learning e.d.) in het energiedomein ten behoeve van het intelligenter maken van het net;
- Het oplossen van schalings-vraagstukken (opschalen van innovaties, opschalen van onderliggende infrastructuur);
- Het oplossen van vraagstukken op gebied van fysieke veiligheid, kwaliteit, betrouwbaarheid, weerbaarheid & veerkracht (resilience) en inpasbaarheid, zowel op het gebied van fysieke energie-toepassingen als informatie gedreven toepassingen;
- De mogelijkheid tot het beschikbaar stellen, aansturen en toepassen (bijvoorbeeld in nieuwe business modellen) van flexibiliteit (vraag- en aanbodsturing) in het geïntegreerde energiesysteem;
- Het aansturen van netten en aangesloten systemen bijvoorbeeld ten behoeve van congestiemanagement en de moderne energie-management toepassingen die hierin een rol spelen;
- Het ontwerpen, implementeren en toepassen van digital twins;
- Het verbeteren van cybersecurity (security by design); het reduceren van risico's door identificeren van kwetsbaarheden;
- Het oplossen van vraagstukken op gebied van autonomie, soevereiniteit, privacy (privacy by design) en ethiek, het afwegen van private en publieke belangen;
- De actieve participatie van eindgebruikers (burgers, energiecoöperaties, industrie) en de rol van energy hubs en energy clusters in het energiesysteem van de toekomst;
- Het (door-)ontwikkelen c.q. verbeteren van beleid, wetgeving, overige regulering, sectorale afspraken, sector-governance en betrokken instituten in de energiemarkt (institutionele innovatie);
- Het integreren van het NL energiesysteem met omringende landen en de totstandkoming van de European Single Market;
- Het reduceren van uitstoot en het faciliteren van de ontwikkeling van een klimaatneutraal energiesysteem;
- Het maximaal inpassen van duurzame energie, nieuwe commodities en conversies (denk aan warmte, waterstof, energie-opslag);
- Waarborgen van en bijdragen aan de beleidsdoelen van het energiebeleid: een CO2-arme, betrouwbare, betaalbare, veilige en ruimtelijk inpasbare energievoorziening binnen de grenzen van relevante publieke waarden (zoals inclusiviteit, gelijk speelveld, transparantie, privacy en zeggenschap);
- Het vergroten van kennis, het ontwikkelen van opleidingsmateriaal op gebied van energiemarkt, energietransitie, digitale transformatie van de energiemarkt;
- Het democratiseren van het energiesystemen, waarborgen van maatschappelijke gelijkheid en eerlijke verdeling van lusten en lasten, eerlijke verdienmodellen. Het waarborgen van de maatschappelijke context in het inclusieve ontwerpproces van het nieuwe energiesysteem;
- Het wegnemen van drempels voor toetreding en verandering, vergroten van transparantie en integriteit op markten;
- Het rapporteren over de voortgang, snelheid, belemmeringen bij alle bovengenoemde toepassingen;
- Het uitvoeren van aanbestedingen in alle bovenstaande toepassingsgebieden.

2. Bronnen

Deze bronnen bevatten de teksten waarvan de eisen en wensen in dit document zijn afgeleid.

ID	Titel bron	Auteur, jaartal
B.01	Aanbestedingsdocument Referentie-architectuur	RVO, 19-11-2021
B.02	Terms of Referennce "Realisatie referentie-architectuur voor het Nederlandse Energiesysteem 1.0	RVO, 05-09-2023
NB.03	Herbruikbare Architectuur herbruikbare-architectuur-een-definitie-van-referentie-architectuur.pdf (archixl.nl)	
B0.4	Position Papers Verkenning Referentie-architectuur Position Papers Verkenning Referentie-architectuur.pdf (topsectorenergie.nl)	RVO & Topsector energie
B0.5	Deelrapport 3, Aanbevelingen en route-kaart Aanbevelingen en Routekaart (topsectorenergie.nl)	Baringa, oktober 2022
B0.6	Deelrapport 2, Analyse bestaande referentie-architecturen	Baringa, Juli 2022
B0.7	Deelrapport 1, Relevante energie-innovaties	Baringa, Mei 2022
B0.8	Succesfactoren voor referentie-architectuur ICT nieuws, achtergrond, expert-opinies, en cases Computable.nl	Computable, 28 augustus 2015
B0.9	Topsector energie, kennisbank referentie-architecturen Referentiearchitecturen (topsectorenergie.nl)	Topsector energie

3. Referenties

Deze referenties zijn aangehaalde referentie-architecten, modellen, standaarden, overige documenten, websites en andere contextuele inhoud waaraan in onderhavige Terms of Reference "Realisatie referentie-architectuur voor het Nederlandse Energiesysteem 1.0" wordt gerefereerd.

ID	Titel referentie
R.01	Energie door perspectief, outlook 2050 De weg naar ons energiesysteem in 2050 Expertteam Energiesysteem 2050 (etes2050.nl)
R.02	De Wereld van B Home (dewereldvanb.nl)
R.03	Inventarisatie Data Governance en Data Delen in het Energiedomein Bericht: Gereed: Onderzoek Datagovernance Energiedomein (clubvanwageningen.nl)
R.04	GridWise interoperability Context-Setting Framework GridWise Interoperability Context Setting Framework.pdf (gridwiseac.org)
R.05	Niet van toepassing
R.06	GEMMA Online Wat is GEMMA - GEMMA Online
R.07	CORA Woningcorporatie Referentie-architectuur (CORA) (wikixl.nl)
R.08	EPRI EPRI Model V0.5 Public HTML
R.09	NBility NBility > EDSN Corporate
R.10	SGAM ▪ SGAM Toolbox – Modelling aid for the Smart Grid Architecture Model (sgam-toolbox.org) ▪ IEC SRD 63200 - SGAM basics - SyC Smart Energy
R.11	AMES (PDF) A Reference Architecture for the American Multi-Modal Energy System (researchgate.net)
R.12	NIST Smart Grid Framework NIST
R.13	USEF Usef Energy – Universal Smart Energy Framework
R.14	NEN Energietransitie Energietransitie (nen.nl)
R.15	Architectuur door PIANOo Architectuur PIANOo - Expertisecentrum Aanbesteden
R.16	IDSA Reference Architecture Model (RAM) ▪ Reference Architecture - International Data Spaces ▪ IDS Ram - International Data Spaces
R.17	GAIA-X Framework Gaia-X Framework - Gaia-X: A Federated Secure Data Infrastructure
R.18	OPENDEI Energy Energy Sector – Open DEI
R.19	EBIX Harmonised Role Model Electricity Role model - ebix.org

ID	Titel referentie
R.20	EASEE-gas Harmonised Role Model Gas Gas Role Model (easee-gas.eu)
R.21	Common Information Model ▪ IEC Common Information Model under the spotlight IEC ▪ Common Information Model (CIM) (entsoe.eu)
R.22	Archimate 3.2. specificatie Introduction: ArchiMate® 3.2 Specification (opengroup.org)
R.23	TOGAF X The TOGAF® Standard, 10th Edition The Open Group Website
R.24	New European Interoperability Framework eif_brochure_final.pdf (europa.eu)
R.25	NORA Kennismodel Kennismodel NORA - NORA Online
R.26	ROSA ▪ ROSA Wiki (wikixl.nl) ▪ Samenhang met andere architecturen - ROSA Wiki (wikixl.nl)
R.27	EIRA About European Interoperability Reference Architecture (EIRA) Joinup (europa.eu)
R.28	HORA Het gebruik van HORA - HORA2 wiki (surf.nl)