



Onderzoeksrapport

Safe-by-design in relatie tot de energietransitie

projectnummer 0473012.100
definitief revisie 3.0
28 januari 2022

Onderzoeksrapport

Safe-by-design in relatie tot de energietransitie

projectnummer 0473012.100

definitief revisie 3.0
28 januari 2022

Vakgroep SAVE en Energietransitie

Opdrachtgever

Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat
Rijnstraat 8
2515 XP Den Haag

Gecontroleerd:

datum	beschrijving	vrijgave
28 januari 2022	Definitief revisie 3.0	 AK

Samenvatting

Aanleiding en doel

Het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (IenW) werkt aan het realiseren van een schone, gezonde en veilige leefomgeving, die ook door iedereen zo wordt ervaren. Het streven is om risico's voor het milieu en voor de omgevingsveiligheid zo klein mogelijk te houden en nieuwe risico's tijdig te signaleren en aan te pakken. Eén fundamenteel spoor waarlangs de risico's kunnen worden beperkt, is Safe-by-Design (SbD). Safe-by-Design houdt in dat veiligheid van stoffen, materialen, producten of processen al in de ontwerpfase worden overwogen.

Een belangrijke maatschappelijke ontwikkeling waar de SbD-filosofie toegepast kan worden, is de energietransitie. Hierbij worden nieuwe technologieën ontwikkeld en geïmplementeerd en bestaande technologieën aangepast voor nieuwe toepassingen. Dit brengt nieuwe risico's met zich mee, maar biedt ook kansen om in deze nieuwe situatie vanaf het begin veiligheid en het voorkomen van milieubelasting mee te nemen in het ontwerp.

Het gaat daarbij om de omgevingsrisico's over de gehele keten gedurende de gehele levenscyclus van de energievoorziening; productie, opslag, transport, overslag en gebruik in alle maatschappelijke sectoren. De SbD-filosofie is niet bij alle ketenonderdelen en bij alle toepassingen even bruikbaar. Dit onderzoek heeft als doel om een overzicht te schetsen van de kansen voor toepassing van Safe-by-Design binnen de energietransitie, op basis van een inventarisatie van tot nu toe opgedane ervaringen, literatuur en expert opinies. De inzichten daaruit wil het ministerie benutten bij het realiseren van nieuw beleid en van nieuwe beleidsinstrumenten.

Het onderzoek beoogt het inzicht te vergroten in hoe de principes van Safe-by-Design kunnen worden ingezet voor de energietransitie; zowel op (energie)systeemniveau als bij afzonderlijke delen van de energietransitie. Daarbij gaat het om inzicht in de verschillen in de inzetbaarheid (en het succes) van de SbD-principes bij te onderscheiden transitiesituaties en daaruit voortvloeiende aanbevelingen voor toekomstig beleid tijdens de energietransitie. Bij de inventarisatie zijn ervaringen en kennis betrokken uit Nederland en internationaal, ook van buiten de energievoorziening.

Aanpak

In het onderzoek zijn lessen getrokken op basis van de Safe-by-Design theorie, de ervaringen (positief en negatief) bij de Safe-by-Design-inzet in relevante sectoren en een analyse van de kenmerkende verschillen tussen energietransitie situaties. Bij de data-inventarisatie is samengewerkt tussen Antea Group, de TU-Delft (afd. Safety and Security Science) en onder meer contact geweest met Safety Delta Nederland en bedrijven uit de energiesector. Ook is er een brainstormsessie gehouden met de opdrachtgever om relevante technologieën en situaties te inventariseren.

In dit onderzoek is een onderscheid gemaakt naar technologieën die al veelvuldig worden toegepast en marktrijp zijn (state of the art) en toekomstige technologieën (beyond state of the art). Het onderscheid is bepaald aan de hand van het zogenoemde Technology Readiness Level (TRL).

In het onderzoek zijn zowel de SbD-principes als de verschillende transitiesituaties gekoppeld aan de TRL's. Inzetten op de SbD-filosofie is met name efficiënt in de eerste ontwikkelingsfase. Zo kan

bijvoorbeeld het SbD-principe ‘minimalisatie’ uitstekend toegepast worden bij een startende transitie situatie, met een laag TRL. Bij een hoger TRL is veelal ingrijpend herontwerp vereist, met bijbehorende gevolgen. De koppeling geeft ook houvast voor de aanbevelingen voor het beleid (best passende principes per transitie situatie).

De mogelijke energietransitie-situaties zijn ook onderverdeeld in verschillende klassen. Naast de ontwikkelingsclassificatie van elke technologie (TRL) is het in het kader van de omgevingsveiligheid ook relevant om te beoordelen in welke leefomgeving deze technologie wordt ingezet. Dit leidt tot een onderscheid in de volgende relevante transitie situaties:

1. Bestaande technologie, bestaande omgeving;
2. Bestaande technologie, nieuwe omgeving;
3. Nieuwe technologie, bestaande omgeving;
4. Nieuwe technologie, nieuwe omgeving.

Uitkomsten

De uitkomsten van dit onderzoek zijn als volgt gecategoriseerd:

- Factoren die bepalend zijn voor wat met Safe-by-Design kan worden bereikt;
- Factoren die belemmerend zijn bij Safe-by-Design.

De volgende factoren die bepalend zijn voor wat met Safe-by-Design kan worden bereikt zijn geïdentificeerd:

- Veiligheid als prioriteit: Het beeld komt naar voren dat bij de energietransitie, net als bij andere nieuwe ontwikkelingen, de aandacht voor veiligheid niet vanaf de start (eerste TRL) is gegarandeerd. Een eerste doel voor de Rijksoverheid is zorgen voor voldoende aandacht voor veiligheid en dat de risico's bij nieuwe ontwikkelingen binnen de energietransitie voldoende bekend zijn en onderkend worden.
- Verder kijken dan risicoregulering: De toepassing van Safe-by-Design is het meest succesvol bij inzet op technologie die nog in ontwikkeling is en op toepassingen in een nieuwe omgeving. Voor de ontwikkeling van beleidsinstrumenten is het derhalve van belang dat verder wordt gekeken dan de huidige beleidsinstrumenten die met name op risicoregulering zijn gericht van bestaande technologieën.
- Beleidskader als prikkel: Een succesfactor lijkt om samen met de verschillende sectoren te komen tot een inspirerend beleidskader voor Safe-by-Design bij de energietransitie, of dit te integreren in een breder beleidskader met betrekking tot de energietransitie. Dit inspirerende beleidskader dient wel gecombineerd te worden met concrete prikkels en instrumenten, die de betreffende sector aanzetten tot handelen.
- Balans tussen innovatie en voorzorg: Het sturen op Safe-by-Design vanuit de overheid vereist een goede afweging over de mate van invloed die zij wil of moet hebben bij de veiligheid van ontwikkeltrajecten. Bij innovaties zijn per definitie niet alle risico's volledig bekend. Echter het is van belang dat de belangrijkste risico's worden erkend om te zorgen dat veiligheid in het ontwerp wordt meegenomen. Te weinig aandacht voor de risico's bij de start kan later in het traject leiden tot een herontwerp of zelfs tot stagnatie van de ontwikkeling, die voorkomen had kunnen worden.
- Aansluiten bij Europese programma's: Aansluiting op verschillende Europese initiatieven is van belang omdat de energietransitie ook internationaal speelt. Zo wordt voor de waterstofketen op Europees vlak getracht te komen tot verbeterde en geharmoniseerde (veiligheids)normen. Tegelijkertijd moet worden bewaakt dat het sturen op veiligheid bij de ontwikkeling van nieuwe energiesystemen of toepassingen in Nederland geen

belemmering oplevert voor toepassing van deze technologie binnen de Europese markt vanwege mogelijk conflicterende regelgeving.

En de volgende factoren die belemmerend zijn bij Safe-by-Design zijn geïdentificeerd:

- Te laat inzetten op veiligheid: Wanneer in een laat stadium van het ontwerp wordt ingezet op veiligheid kan makkelijk 'weerstand' ontstaan tegen het alsnog introduceren van veiligheidsvoorzieningen, bijvoorbeeld vanwege de extra investeringskosten of zelfs een benodigd herontwerp.
- Belemmerende lock-ins: Het gaan toepassen van de Safe-by-Design principes kan leiden tot conflicten van technische en niet-technische aard, de zogenoemde lock-ins. Uit interviews met vertegenwoordigers uit de industrie bleek bijvoorbeeld dat barrières kunnen optreden in onder meer de bedrijfscultuur, lokale infrastructuur, regelgeving en intellectueel eigendom. Zo is het bijvoorbeeld niet eenvoudig om af te stappen van het gebruik van aardgas als een industrieel proces daarop is geoptimaliseerd.
- Complexe energieketens: Voor één energieketen (bijv. het elektriciteitsnet) kunnen verschillen zitten in de TRL, toepassingsgebied, schaal en eigenaar/gebruiker. Sommige technologieën zijn opkomend en andere zijn al jarenlang in gebruik. Afhankelijk van de leefomgeving waar deze technologie gebruikt wordt of van de TRL leidt dit mogelijk tot aandachtspunten of kansen. Een volledig overzicht van energieketens waarbij de eerdergenoemde variabelen uiteen zijn gezet is (nog) niet beschikbaar.

Aanbevelingen

Op basis van de uitkomsten zijn de volgende aanbevelingen gedaan:

1. Beleidskader Safe-by-Design: Om meer aandacht te krijgen voor de principes van Safe-by-Design binnen de energietransitie wordt aanbevolen om samen met de medeoverheden en andere betrokken maatschappelijke partijen te komen tot een inspirerend beleidskader voor Safe-by-Design bij de energietransitie. Het is ook mogelijk dit te integreren in een breder beleidskader met betrekking tot de energietransitie, zoals een update van het Klimaatakkoord. Vanuit onder andere Horizon Europe is het voor verschillende ketenelementen mogelijk om financiering voor de ontwikkeling te verkrijgen. Hiernaast is de aanbeveling om naast een Nederlands beleidskader voor Safe-by-Design in de energietransitie ook in te zetten op Europees beleid ten aanzien van Safe-by-Design in de energietransitie.
2. Kennis(uitwisseling) en ondersteuning organiseren: Het is aan te bevelen bestaande platformen en organisaties op dit terrein te betrekken bij de uitvoering en toetsing van het beleid. Per ketenelement en per vakgebied kan worden bepaald welke kennispartners ingezet kunnen worden. Dit is ook van belang voor een open informatiedeling. Hierbij is aandacht vereist voor een werkwijze die geen rem vormt op ontwikkelingen door bijvoorbeeld het risico op verlies van intellectueel eigendom.
3. Verhogen bewustzijn en risicoperceptie: Ook zonder de voorgaande twee zaken kan de Rijksoverheid inzetten op meer bewustzijn over de betekenis en kansen van Safe-by-Design bij energie-innovaties. Daarbij kan worden ingezet op de kennisindustrie; universiteiten, hogescholen en het bedrijfsleven. Door in te zetten op verhoging van kennis op dit terrein in het onderwijs is het mogelijk om de basisprincipes onderdeel te laten worden van het algehele ontwikkelingsproces.
4. Uitvoeren van ketenanalyses: De Safe-by-Design aanpak bij de energietransitie heeft de meest directe kans van slagen wanneer deze wordt ingezet in een vroeg stadium van de ontwikkeling en bij kansrijke ketenelementen. Welke delen van de energietransitie dit

betreft kon in het onderzoek alleen kwalitatief worden geanalyseerd. In het onderzoek is een ketenanalyse voorgesteld die de koppelkansen met het huidig beleid inventariseert, vaststelt welke ketenelementen de grootste inherente risico's bevatten, een indicatie geeft over de volwassenheid van een sector en de kansen bepaalt voor alle SbD-principes.

5. Safe-by-Design-prestatieladder: Om de toepassing van Safe-by-Design bij de energietransitie te stimuleren kan bijvoorbeeld worden gedacht aan financiële prikkels of het eisen dat bij aanbestedingen de SbD-principes zijn gevolgd. Daarbij moet dan kunnen worden aangetoond in welke mate dit is gebeurd. Daarvoor is binnen dit onderzoek het idee van een SbD-prestatieladder ontwikkeld.

Inhoudsopgave

Blz.

Samenvatting	1
1 Aanleiding en doel	7
1.1 Aanleiding	7
1.2 Doel van het onderzoek	7
2 Aanpak	8
2.1 Afbakening van het onderzoek	8
2.2 Aanpak en methodologie	8
2.2.1 Literatuurstudie	10
3 Kaders en lessen Safe-by-Design	11
3.1 Wat is Safe-by-Design?	11
3.2 Lessen uit Circular-by-Design en Sustainable-by-Design	12
3.3 Europese kaders	12
3.3.1 Horizon 2020	12
3.3.2 Chemicals Strategy for Sustainability - Towards a Toxic-Free Environment	13
3.3.3 Lessen uit de Europese kaders	13
3.4 Praktijkvoorbeelden Safe-by-Design	14
4 Omgevingsveiligheid in relatie tot de energietransitie	15
4.1 Bestaande kaders en ontwikkelingen	15
4.1.1 Toekomstige kaders	15
4.2 Voorbeelden en leerpunten uit de praktijk	16
4.2.1 Overzicht energieketen	16
4.2.2 Risico's windturbines bij industriële inrichtingen	17
4.2.3 Risicoperceptie materiaalgebruik en installatie (Grenfell Tower en zonnepanelen)	17
5 Belangrijke factoren Safe-by-Design - energietransitie	19
5.1 Factoren die bepalend zijn voor wat met Safe-by-Design kan worden bereikt	19
5.1.1 Veiligheid als prioriteit	19
5.1.2 Verder kijken dan risicoregulering	20
5.1.3 Beleidskader als prikkel	22

5.1.4	Balans tussen innovatie en voorzorg	22
5.1.5	Aansluiten bij Europese programma's	22
5.2	Factoren die belemmerend zijn bij Safe-by-Design toepassing	23
5.2.1	Te laat inzetten op veiligheid	23
5.2.2	Belemmerende lock-ins	24
5.2.3	Complexe energieketen	24
6	Conclusie en aanbevelingen	26
6.1	Algemene bevindingen	26
6.2	Aanbevelingen voor de beleidscontext	26
6.2.1	Aanbeveling 1: Beleidskader Safe-by-Design	26
6.2.2	Aanbeveling 2: Kennis(uitwisseling) en ondersteuning organiseren	27
6.2.3	Aanbeveling 3: Verhogen bewustzijn en risicoperceptie	27
6.3	Aanbevelingen voor instrumenten	27
6.3.1	Aanbeveling 4: Ketenanalyse	27
6.3.2	Aanbeveling 5: Safe-by-Design-prestatieladder	30
7	Bibliografie	32

Bijlage 1: Uitwerking voorbeelden

1 Aanleiding en doel

1.1 Aanleiding

Het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (IenW) werkt aan het realiseren van een schone, gezonde en veilige leefomgeving, die ook door iedereen zo wordt ervaren. Het streven is om risico's voor het milieu en voor de omgevingsveiligheid zo klein mogelijk te houden en nieuwe risico's tijdig te signaleren en aan te pakken. Eén fundamenteel spoor waarlangs de risico's kunnen worden beperkt, is Safe-by-Design (SbD). Safe-by-Design houdt in dat veiligheid van stoffen, materialen, producten of processen al in de ontwerpfase worden overwogen.

Een belangrijke maatschappelijke ontwikkeling waar de SbD-filosofie toegepast kan worden, is de energietransitie. Hierbij worden nieuwe technologieën ontwikkeld en geïmplementeerd en bestaande technologieën aangepast voor nieuwe toepassingen. Dit brengt nieuwe risico's met zich mee, maar biedt ook kansen om in deze nieuwe situatie vanaf het begin veiligheid en het voorkomen van milieubelasting mee te nemen in het ontwerp.

Het gaat daarbij om de omgevingsrisico's over de gehele keten gedurende de gehele levenscyclus van de energievoorziening; productie, opslag, transport, overslag en gebruik in alle maatschappelijke sectoren. De SbD-filosofie is niet bij alle ketenonderdelen en bij alle toepassingen even bruikbaar. Dit onderzoek heeft als doel om een overzicht te schetsen van de kansen voor toepassing van Safe-by-Design binnen de energietransitie, op basis van een inventarisatie van tot nu toe opgedane ervaringen, literatuur en expert opinies. De inzichten daaruit wil het ministerie benutten bij het realiseren van nieuw beleid en van nieuwe beleidsinstrumenten.

1.2 Doel van het onderzoek

Het onderzoek beoogt het inzicht te vergroten in hoe de principes van Safe-by-Design kunnen worden ingezet voor de energietransitie; zowel op (energie)systemniveau als bij afzonderlijke delen van de energietransitie. Daarbij gaat het om inzicht in de verschillen in de inzetbaarheid (en het succes) van de SbD-principes bij te onderscheiden transitiesituaties en daaruit voortvloeiende aanbevelingen voor toekomstig beleid tijdens de energietransitie. Bij de inventarisatie zijn ervaringen en kennis betrokken uit Nederland en internationaal, ook van buiten de energievoorziening.

2 Aanpak

2.1 Afbakening van het onderzoek

De energietransitie betreft het verminderen van de CO₂-uitstoot van het gehele energiesysteem. Dit energiesysteem omvat niet alleen de vraag en aanbod van energie maar ook alle technologieën en tussenvormen waar de ondersteunende infrastructuur gebruik van maakt. Het tempo waarin de uitstoot van dit systeem verminderd moet worden is gedefinieerd in het Klimaatakkoord: CO₂-neutraal in 2050. De energietransitie is een grote opgave omdat alle aspecten van onze samenleving van energie afhankelijk zijn en de transitie daarom op alle aspecten invloed heeft. Om de energietransitie te realiseren worden nieuwe en complexere energiedragers en -bronnen ingezet. Door het hoge transitietempo worden deze nieuwe technologieën snel ontwikkeld en zo snel mogelijk geïmplementeerd in het energiesysteem.

Het onderzoek betreft Safe-by-Design filosofie en kan worden ingezet bij de nieuwe technologieën die invloed hebben op omgevingsveiligheid, als beschreven in de toekomstige Omgevingswet. Deze principes worden bekeken naast technieken die veranderingen aanbrengen op het energiesysteem door nieuwe energiedragers of -bronnen in te zetten of deze op een nieuwe manier te implementeren. Door naar de hele keten van deze nieuwe technologieën te kijken, kunnen mogelijkheden waar Safe-by-Design principes het beste ingezet kunnen worden geïdentificeerd. De energieketens van nieuwe technieken verschillen en zijn (soms) complexer dan de nu bekende energieketens van het huidige energiesysteem. De kansen en mogelijkheden die uit deze blik op veiligheidsprincipes en het energiesysteem gevonden kunnen worden bevinden zich op verschillende niveaus. Dit betekent kansen op regionaal, nationaal en internationale schaal maar ook op lange en op korte termijn. Via deze afbakening wordt de nieuwe situatie, welke ontstaat door toepassing van nieuwe technieken, geanalyseerd op risico's en kansen om deze zo veilig mogelijk te kunnen realiseren.

2.2 Aanpak en methodologie

In het onderzoek zijn lessen getrokken op basis van de Safe-by-Design theorie, de ervaringen (positief en negatief) bij de Safe-by-Design-inzet in relevante sectoren en een analyse van de kenmerkende verschillen tussen energietransitiesituaties. Bij de data-inventarisatie is samengewerkt tussen Antea Group, de TU-Delft (afd. Safety and Security Science) en er is onder meer contact geweest met Safety Delta Nederland en bedrijven uit de energiesector. Ook is er een brainstormsessie gehouden met de opdrachtgever om relevante technologieën en situaties te inventariseren. Naar de andere sectoren – zoals de nano- en biotechnologie – is gekeken, omdat hier in tegenstelling tot de energievoorziening en de energietransitie Safe-by-Design gemeengoed is.

In dit onderzoek is een onderscheid gemaakt naar technologieën die al veelvuldig worden toegepast en marktrijp zijn (state of the art) en toekomstige technologieën (beyond state of the art). Het onderscheid is bepaald aan de hand van het zogenoemde Technology Readiness Level (TRL).

In het onderzoek zijn zowel de SbD-principes als de verschillende transitie-situaties gekoppeld aan de TRL's. Inzetten op de SbD-filosofie is met name efficiënt in de eerste ontwikkelingsfase. Zo kan bijvoorbeeld het SbD-principe 'minimalisatie' uitstekend toegepast worden bij een startende

transitiesituatie, met een laag TRL. Bij een hoger TRL is veelal ingrijpend herontwerp vereist, met bijbehorende gevolgen. De koppeling geeft ook houvast voor de aanbevelingen voor het beleid (best passende principes per transitiesituatie).

De mogelijke energietransitie-situaties zijn ook onderverdeeld in verschillende klassen. Naast de ontwikkelingsclassificatie van elke technologie (TRL) is het in het kader van de omgevingsveiligheid ook relevant om te beoordelen in welke leefomgeving deze technologie wordt ingezet. Dit leidt tot een onderscheid in de volgende relevante transitiesituaties:

1. Bestaande technologie, bestaande omgeving;
2. Bestaande technologie, nieuwe omgeving;
3. Nieuwe technologie, bestaande omgeving;
4. Nieuwe technologie, nieuwe omgeving.

Technology Readiness Level

Dit geeft aan in welk stadium van ontwikkeling een innovatie is. Er zijn 9 Technology Readiness Levels. Hoe hoger het level, hoe dichter je bij het op de markt brengen van de innovatie zit. De 9 levels zijn weer gegroepeerd in 4 overkoepelende fases, deze zijn:

- Ontdekkingsfase (TRL 1, 2 en 3);
- Ontwikkelingsfase (TRL 4, 5 en 6);
- Demonstratiefase (TRL 7 en 8);
- Uitrolfase (TRL 9)

Een voorbeeld hiervan is weergegeven in Figuur 2-1.

TRL	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Title	Idea	Concept formulated	Proof of Concept	Preliminary Process Development	Detailed Process Development	Pilot Trials	Final Engineering	Commissioning	Production
Description	Opportunities identified, basic research translated into possible applications (e.g., by brainstorming, literature study).	Technology concept and/or application formulated, patent research conducted.	Applied laboratory research started, functional principle / reaction (mechanism) proven, predicted reaction observed (qualitatively).	Concept validated in laboratory environment, scale-up preparation started, conceptual process design (e.g., based on simulation with simple models).	Shortcut process models found, simple property data analysed, detailed simulation of process and pilot plant using bench scale information.	Pilot plant constructed and operated with low rate production, products tested in application.	Parameter and performance of pilot plant optimized, (optional) demo plant constructed and operating, equipment specification including components that are type conferrable to full-scale production.	Products and processes integrated in organizational structure (hardware and software), full-scale plant constructed, start-up initiated.	Full-scale plant audited (site acceptance test), turn-key plant, production operated over the full range of expected conditions in industrial scale and environment, performance guarantee enforceable.
Workplace	Sheets of paper (physical or digital), whiteboard or similar.	Sheets of paper (physical or digital), whiteboard or similar.	Laboratory.	Laboratory / Miniplant.	Laboratory / miniplant.	Pilot plant, technical centre.	Pilot plant, technical centre, (optional) demo plant (potentially incorporated in production site).	Production site.	Production site.

Figuur 2-1: Definitie van Technology Readiness Level (15)

2.2.1 Literatuurstudie

Op basis van de onderzoeksvraag zijn twee literatuurstudies uitgevoerd; één met de focus op de ervaringen met de toepassing van Safe-by-Design en één met de focus op de situaties binnen de energietransitie waarop deze principes toegepast zouden kunnen worden. In hoofdstuk 7 is een overzicht opgenomen van alle gebruikte literatuur.

De onderzoeksvragen bij de literatuurstudies zijn:

1. Wat zijn best practices van de toepassing van Safe-by-Design en wat zijn de succes- en faalfactoren daarbij?
2. Zijn er praktijksituaties uit de energietransitie waarbij Safe-by-Design niet is meegenomen. Waarom is dit niet gebeurd en wat was nodig geweest om dit wel te bereiken?
3. Wat is de stand van zaken bij de ontwikkeling van Safe and Sustainable-by-Design-kaders door (of in opdracht van) de Europese Commissie en in hoeverre hebben deze kaders betrekking op de energietransitie of kunnen hiervoor mogelijk houvast voor bieden?
4. Hoe wordt Safe-by-Design in praktijk en beleid i.h.k.v. de energietransitie vormgegeven in het buitenland en met welke (beleids)instrumenten? In welke mate is hier sprake van publiek-private samenwerking?
5. Zijn er lessen te trekken uit vergelijkbare traject zoals Circular-by-Design en Sustainable-by-Design, en wat zijn eventueel deze lessen?

3 Kaders en lessen Safe-by-Design

3.1 Wat is Safe-by-Design?

Het fundamentele beginsel van Safe-by-Design (SbD) is dat veiligheid in een zo vroeg mogelijk stadium van product- en procesontwikkeling van het ontwerp wordt meegenomen. Het doel van Safe-by-Design is de risico's voor mens en milieu te verkleinen (1) en bij te dragen aan de realisatie van een schone, gezonde en veilige leefomgeving. Een belangrijke kernwaarde is dan ook dat voorkomen beter is dan genezen (1). Door in de eerste fase van het ontwerp deze principes te omarmen wordt getracht om in een vroeg stadium, laagdrempelig, een veilig proces/installatie/omgeving te ontwerpen. Binnen Safe-by-Design zoals ontwikkeld door de chemische procesindustrie staan 7 theoretische principes centraal die de kernwaarde van Safe-by-Design ondersteunen. Deze theoretische principes zijn volgens (1):

1. minimalisatie (bijv. verminderen van de hoeveelheid gevaarlijke stoffen);
2. substitutie (bijv. vervangen van een gevaarlijke stof voor een minder gevaarlijke stof);
3. moderatie (verlagen van het gevaarlijk effect bijv. door het aanpassen van de procescondities);
4. simplificatie (voorkomen van gevaarlijke effecten door het aanpassen van het ontwerp i.p.v. het toevoegen van mitigerende maatregelen);
5. verbeteren foutentolerantie (door bijv. een installatie zodanig te ontwerpen dat bij een deviatie van de ontwerpcondities de installatie niet faalt);
6. limitatie gevaarlijke effecten (bijv. door een installatie te verplaatsen zodat bij een gevaarlijk effect geen schade toegebracht kan worden aan mens of milieu);
7. Incorporatie van fool-proof principes (bijv. door het onmogelijk maken van oneigenlijke bedoelingen van een product met gevaarlijke stoffen).

Om een idee te geven hoe Safe-by-Design werkt, staat in het onderstaande kader een simpel voorbeeld waar enkele SbD-principes zijn ingezet om de risico's voor mens en milieu te verminderen:

Voorbeeld: aardgas voor verwarming

Brandstoffen zijn brandbaar. Gesteld kan worden dat brandstoffen inherent onveilig zijn. De risico's kunnen worden gereduceerd, maar niet volledig worden weggenomen. We zijn in het algemeen gebruik erg gewend geraakt aan de nu nog resterende risico's. De locatie waar energie-omzettingen plaatsvinden, bij aardgas nu de CV-ketel, heeft impact op de veiligheid. Zo is in de vorige eeuw aardgas geïntroduceerd in woningen. In eerste instantie via gaskachels in de kamer, maar nu veelal via één CV-ketel en radiatorkachels (verbeteren foutentolerantie en limitatie gevaarlijke effecten). Inmiddels is het veelal mogelijk om gasvrij te wonen (Substitutie van aardgas naar elektriciteit). Wanneer nog wel een gas wordt ingezet is het denkbaar de omzetting daarvan in warmte te verplaatsen naar een 'veiligere' locatie in de keten, bijvoorbeeld door stadsverwarming toe te passen (limitatie gevaarlijke effecten).

3.2 Lessen uit Circular-by-Design en Sustainable-by-Design

De filosofie dat een proces of technologie door een doordacht ontwerp kan worden verbeterd deelt Safe-by-Design met andere benaderingen zoals Circular-by-Design (CbD) en Sustainable-by-Design (SusbD). De verschillende principes hebben een ander hoofddoel, maar bij Circular- en Sustainable-by-Design is een van de basisprincipes dat dit ook veilig gebeurt. Zo wordt ook vaak gesproken over Safe and Sustainable-by-Design. Het is dus mogelijk om Safe-by-Design te ontwerpen zonder Sustainable of Circular-by-Design te zijn, maar het omgekeerde is niet mogelijk.

Bij Safe-by-Design zijn deze criteria gebaseerd op risico's en hoe deze zo vroeg mogelijk in het proces verkleind of verholpen kunnen worden. Bij Sustainable-by-Design zijn het criteria voor een duurzamer ontwerp en reductie in uitstoot. Circular-by-Design daarentegen hanteert criteria rond het minimaliseren van materiaalgebruik en hergebruik hiervan aan het einde van de levenscyclus (2).

Ervaringen met Circular-by-Design en Sustainable-by-Design tonen aan dat de implementatie gebaat is bij een sterk beleidskader. Voor Sustainable-by-Design is dit het Klimaatakkoord. Bij Circular-by-Design, zijn de door de VN gedefinieerde Sustainable Development Goals (SDG's) de stimulerende factor bij het integreren van de CbD-principes in ontwikkeling en innovatie (2).

De invulling van één by-Design benadering is niet alleen de verantwoordelijkheid van het bedrijfsleven. Hierbij heeft ook de overheid een grote rol, waarbij het nodig is om een balans te vinden tussen voorzorg en innovatie (3). Voor Safe-by-Design ontbreekt een dergelijk kader nog, zeker voor de energietransitie. In Europees kader lopen verschillende programma's waarbij Safe-by-Design een onderdeel is (zie paragraaf 3.3).

3.3 Europese kaders

3.3.1 Horizon 2020

De Europese Commissie (EC) heeft het Horizon 2020-programma ingesteld voor het stimuleren van wetenschap en innovatie in het bedrijfsleven en de academische wereld. Onder dit programma zijn een reeks van projecten uitgevoerd ter bevordering van Safe-by-Design in de nanotechnologie (2). Deze projecten zijn bedoeld voor het verbeteren van de huidige Safe-by-Design-instrumenten en modellen op het gebied van de nanotechnologie, zodat deze in de toekomst gebruikt kunnen worden. Er wordt niet alleen gekeken naar de Safe-by-Design-aspecten op het materiaal / model-niveau, maar ook complexe systemen worden beschouwd. Het doel van deze projecten is het implementeren van een standaard ontwikkelproces en een bijdrage te leveren in de ontwikkeling van een overheidsinstantie met betrekking tot "Nanorisks" en een sustainable nanofabrication gemeenschap.

Een belangrijk onderdeel van Safe-by-Design-implementatie is zorgdragen voor een kennisoverdracht. Kennis opgedaan door participatie of uitvoering van Europese initiatieven zal op een zodanige manier moeten worden opgeslagen dat dit in het heden en in de toekomst geborgd blijft. De NanoCommons kennisdatabase (2) is een voorbeeld hiervan.

3.3.2 Chemicals Strategy for Sustainability - Towards a Toxic-Free Environment

De Europese Commissie heeft een strategie ontwikkeld waar gestreefd wordt naar een gifvrije omgeving. Chemicaliën worden dan op een zodanige wijze geproduceerd en gebruikt zodat het nut voor de maatschappij gemaximaliseerd wordt zonder schade op te leveren voor de planeet in het heden en in de toekomst (4).

In deze strategie is het doel van Safe-by-Design voor chemicaliën beschreven als het voorkomen van de introductie van chemicaliën die schadelijk zijn voor de gezondheid van de mens of voor het milieu. Met een specifieke focus op chemicaliën die toxisch of niet-biologisch afbreekbaar zijn of die bio accumulatie veroorzaken. Binnen deze strategie gaat de Europese Commissie het volgende doen (4):

- Ontwikkelen van EU Safe-by-Design criteria voor chemicaliën;
- Oprichten van een EU-brede Safe-by-Design supportnetwerk, voor het promoten van samenwerking en het delen van informatie over sectoren heen bevorderen;
- Onderzoeken van ontbrekende Safe-by-Design-vaardigheden en competenties en verzekeren dat voldoende vaardigheden op alle gebieden (beroepsonderwijs, onderzoek, industrie en bij toezichthouders) beschikbaar worden;
- Ontwikkelen van Key Performance Indicators (KPI's) in samenwerking met stakeholders om de industriële transitie van de productie van Safe-by-Design chemicaliën te meten;
- Verzekeren dat het gebruik van veiligere chemicaliën gepromoot wordt via de industriële emissiewetgevingen door het verplichten van on-site risicoanalyses en door het beperken van het gebruik van zeer gevaarlijke stoffen.

Bovenstaande benadering moet leiden tot het effectief verminderen van blootstelling aan bepaalde problematische stoffen. Maar vanwege de groeiende zorgen voor de gezondheid van de mens en het milieu is er een oproep voor het uitbreiden van de wetgeving. Hierbij wordt gedacht aan het uitbreiden van de REACH en CLP-regelgeving voor het reguleren van chemicaliën en voor het opnemen van coherente benaderingen voor de beoordeling en het beheer van chemische stoffen in de bestaande sectorale wetgeving, met name voor consumentenproducten (4).

3.3.3 Lessen uit de Europese kaders

In Europees kader spelen een aantal ontwikkelingen waarbij Safe-by-Design een rol speelt. Onder ander op het vlak van nano-materialen (Horizon 2020) en als onderdeel van de Green Deal. Deze initiatieven worden nog verder uitgewerkt en zullen binnen de Europese markt invloed hebben op de geldende kaders.

Echter de focus van deze instrumenten ligt met name op de introductie van nieuwe stoffen en de kennisopbouw met betrekking tot de gevaarsaspecten van stoffen. In dit beleid wordt niet gestuurd op de toepassingsgebieden, zoals de energietransitie, hiervoor is de informatie over gevaarsaspecten essentieel maar slechts één van de onderdelen. De scope van de Europese programma's die hier benoemd zijn bieden geen aanknopingspunten om concreet wat van te leren voor de toepassing van Safe-by-Design in relatie tot de Nederlandse Energietransitie.

3.4 Praktijkvoorbeelden Safe-by-Design

In het onderzoek is gezocht naar de succesfactoren dan wel aanmerkingen op de huidige toepassing van SbD-principes. In de onderstaande alinea's worden de belangrijkste factoren hiervan uitgezet en onderbouwd. Zie ook bijlage 1 voor meer voorbeelden.

Maatschappelijke perceptie risico's

Een geslaagde toepassing van Safe-by-Design ontstaat wanneer veiligheid gedurende het hele proces wordt omarmd. Een goed voorbeeld hiervan is de nanotechnologie. Daar is veiligheid vanaf het begin af aan al een onderdeel geweest van de ontwikkeling. Twee belangrijke redenen voor het toepassen van Safe-by-Design in dit vakgebied zijn maatschappelijke perceptie en de relatie tussen beleidsmakers en ontwikkelaars. De maatschappelijke perceptie van de risico's van biotechnologie heeft een urgentie naar veiligheid gecreëerd, deze les wordt hierdoor nu ook binnen de nanotechnologie toegepast. Dit is echter nog in ontwikkeling, zie ook paragraaf 3.3.1. Daardoor is ook een intensieve informatie-uitwisseling tussen beleidsvoerders en ontwikkelaars ontstaan. Hierdoor worden veiligheidsoverwegingen vroeg en gericht meegenomen (5).

Het waarborgen van veiligheid in een vroeg stadium van de ontwikkeling wordt bevorderd door een onafhankelijke organisatie in te richten die bij de gehele levensloop betrokken is. Een goed voorbeeld hiervan is de kernenergie. Hier in het Internationaal Atoomagentschap een organisatie die de veiligheid waarborgt en die betrokken is vanaf het begin van de ontwikkeling tot en met de nazorg. Technisch en organisatorisch wordt invloed uitgeoefend, waardoor een industrie is ontstaan waarbij veiligheid altijd voorop staat (1).

Consequent doordenken van oplossingen

Een praktijkvoorbeeld waar Safe-by-Design minder succesvol is toegepast betreft de verduurzaming van stadsbussen naar CNG/Biogas (6).

Op 29 oktober 2012 ontstond een brand in een bus, rijdend op CNG, in de bebouwde kom van Wassenaar. De bus is op een veilige locatie door de chauffeur tot stilstand gebracht. Door de brand werd de CNG in de cilinders op het dak opgewarmd met als gevolg dat de veiligheidsvoorzieningen op de cilinders openden. De bus in Wassenaar voldeed aan alle voorschriften. De gastanks op het dak waren dan ook voorzien van de noodzakelijke veiligheidsvoorzieningen (afblaasventielen), die moeten voorkomen dat de tanks exploderen door boven een bepaalde temperatuur alle gas te laten ontsnappen uit de tanks.

Deze maatregel brengt een nieuw risico met zich. In geval van brand bestaat het risico dat het afgeblazen gas vlam vat. Bij de bus in Wassenaar waren de ventielen zijwaarts gericht, waardoor horizontale steekvlammen zijn ontstaan van 15 tot 20 meter lang die circa vier minuten aanhielden.

Het onderzoeksrapport schrijft dit toe aan een hiaat in de voertuigvoorschriften. Die schrijven voor dat de gastanks voorzien moeten zijn van afblaasventielen, maar ze verlangen niet dat bij afblazen van gas de risico's van het vrijkomende gas moeten worden beheerst. Tijdens het ontwerp van de CNG-bus is dit risico niet geïdentificeerd en beoordeeld. Toepassing van Safe-by-Design tijdens het ontwerp had dit mogelijk voorkomen.

4 Omgevingsveiligheid in relatie tot de energietransitie

4.1 Bestaande kaders en ontwikkelingen

Ruimte in Nederland is relatief schaars. Men wil onder andere gezond en veilig leven, maar ook ruimte voor economische groei behouden. Het optimaal combineren van deze wensen staat centraal in omgevingsveiligheid. Binnen omgevingsveiligheid gaat het om de risico's van het gebruik en transport van gevaarlijke stoffen, de veiligheid van inrichtingen en de veiligheid van nieuwe, zich snel ontwikkelende technologieën.

Veel aspecten van de energietransitie hebben een impact op de omgevingsveiligheid. Verscheidene energiedragers of energie opwekkers hebben veiligheidsrisico's die invloed kunnen hebben op de omgeving. Wettelijke eisen met betrekking tot de omgevingsveiligheid zijn onder meer vastgelegd in het Bevi, Bevb, Bevt en het Activiteitenbesluit. Deze besluiten werken niet vanuit de Safe-by-Design-principes. Ze werken als regulering achteraf, omdat de Safe-by-Design principes nog niet zijn ontwikkeld in de energievoorziening. Ze karakteriseren echter wel de context waarop de aanbevelingen uit dit rapport moeten aansluiten.

- Het Besluit externe veiligheid inrichtingen (Bevi) heeft als doel mensen in de buurt van een bedrijf met gevaarlijke stoffen te beschermen. Zo'n bedrijf moet bij een omgevingsvergunning milieu of bij een ruimtelijk besluit rekening houden met veiligheidsafstanden ter bescherming van een individu en grotere groepen personen.
- Het Besluit externe veiligheid buisleidingen (Bebv) heeft als doel om mensen in de buurt van een buisleiding voor het transport van gevaarlijke stoffen te beschermen. Exploitanten dienen rekening te houden met veiligheidsafstanden en zich aan vastgestelde veiligheidsnormen te houden.
- Het Besluit externe veiligheid transportroutes (Bevt) geldt voor de omgeving van transportroutes met gevaarlijke stoffen. Ook hier gelden veiligheidsafstanden en daarnaast de regeling Basisnet die de routing van de transporteren beoogt te faciliteren.
- In het Activiteitenbesluit zijn bijvoorbeeld eisen opgenomen voor risicocontouren bij windturbines en andere activiteiten.

Veel van de hiervoor genoemde veiligheidsafstanden moeten worden opgenomen in het bestemmingsplan. Het bestemmingsplan heeft echter ook een vangnetfunctie. Ten aanzien van ruimtelijke ontwikkelingen nabij hoogspanningstransportleidingen bestaat geen wetgeving inzake de daarbij vrijkomende elektromagnetische straling. Het is aan de gemeente om te overwegen hoe om te gaan met het ooit door de minister benoemde *voorzorgbeleid* en hoe dit vertaald wordt in het bestemmingsplan.

4.1.1 Toekomstige kaders

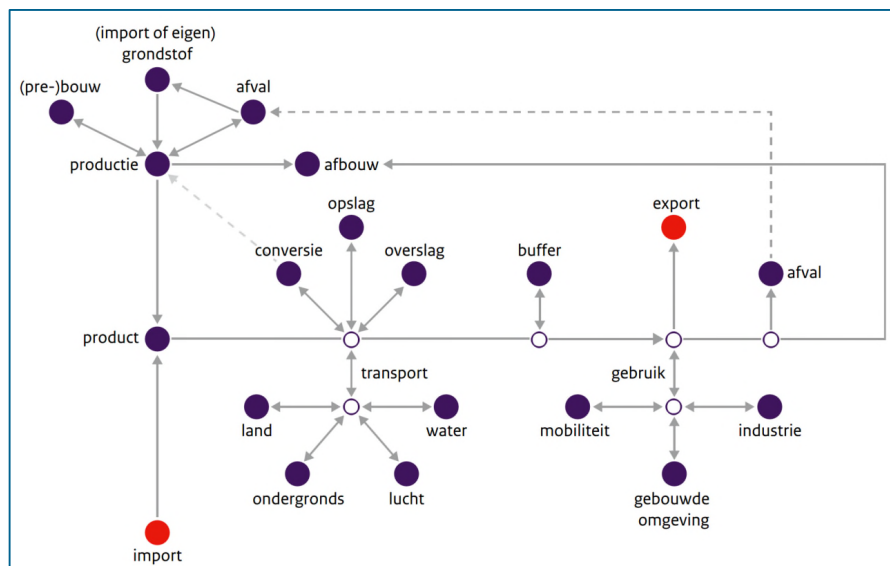
De intentie is om in de nabije toekomst – met de Omgevingswet - meer lokaal en meer aan de voorzijde het beleid te sturen. Binnen de Omgevingswet wordt dan ook veel beleid decentraal gevoerd. Een aandachtspunt hierbij is dat de decentralisatie ook kan leiden tot fragmentatie van de regulering en van de controle. Gemeenten en provincies met veel ontwikkelingen in de

energietransitie zullen sneller kennis en ervaring opbouwen, ook met de sturing op Safe-by-Design, dan overheden met minder ontwikkelingen. Uitwisseling van kennis en ervaringen is dus cruciaal.

4.2 Voorbeelden en leerpunten uit de praktijk

4.2.1 Overzicht energieketen

Voor de totstandkoming en implementatie van consistent energietransitiebeleid en voor gerichte aanbevelingen voor aanpassing hiervan, helpt een compleet overzicht van de energieketen met de bijbehorende regelgeving. Een voorbeeld van hoe een keten en regelgeving in kaart kunnen worden gebracht biedt de Federal Oversight of Hydrogen Systems (7). In dit rapport is de gehele waterstofketen van de VS in kaart gebracht inclusief de bijbehorende toezichthouder. Een dergelijk overzicht van de energieketen met bijbehorende regelgeving bestaat in Nederland niet, al zijn elementen aanwezig in de recent uitgevoerde Ketenstudie naar waterstofrijke energiedragers (8). Het opstellen van zo'n overzicht kan goed worden gecombineerd met een weergave van de 'generieke keten' zoals die is opgesteld in (9) en die is weergegeven in Figuur 4-1.



Figuur 4-1 Generieke keten van productie tot (herbruikbaar) afval (9)

Toelichting Figuur 4-1

Rood: Dit zijn activiteiten waarbij energie de keten in- of uitgaat. Bijvoorbeeld Havenlocaties waar energiedragers zoals ammoniak of waterstof worden verladen.

Paars: Dit zijn tussenstappen of eindlocaties van de energieketen. Met behulp van de pijlen worden de verschillende ketenelementen weergegeven die leveren of afnemen. Bijv. product wordt geïmporteerd en kan vervolgens naar verschillende afnemers toe; opslag, bufferlocaties of naar eindafnemers zoals industrie of de bebouwde omgeving. Om bij deze eindafnemers te geraken zal een vorm van transport nodig zijn.

4.2.2 Risico's windturbines bij industriële inrichtingen

De ontwikkeling van windenergietoepassingen in Nederland illustreert de gevolgen van een gebrek aan Safe-by-Design. Uit interviews met mensen uit de windenergiesector blijkt dat de techniek van de eerste windturbines en windparken veelal ad-hoc is ontwikkeld en toegepast. Gezien de eerste ontwikkellocaties (veelal agrarisch) was dit geen veiligheidsknelpunt. Ook de regelgeving is gaandeweg ontwikkeld. Het inzicht in de faalkansen en veiligheidsaspecten was toen onderontwikkeld (10). Dit heeft er onder andere voor gezorgd dat vooral op (haven)industrieterreinen windturbines zijn ontwikkeld, zonder dat de veiligheidsaspecten voldoende waren belicht. Slechte ervaringen en bewustwording van het risico van windturbines direct naast risicovolle inrichtingen of buisleidingen voor het transport van gevaarlijke stoffen hebben later gezorgd voor stagnaties en omgevingsbeperkingen bij de verdere ontwikkeling. Bij het gestegen inzicht in de faalkansen en veiligheidsaspecten bleken de veiligheidscontouren van deze windturbines over die van de gevaarlijke inrichtingen te liggen. Hierdoor namen de risico's voor de omgeving toe. Een groot deel van deze windturbines zijn gesaneerd. Op dit moment speelt repowering van windturbines, waarbij de minister voornemens is om een circulaire over deze problematiek uit te vaardigen. De veiligheidscontouren van de turbines legden ook beperkingen op aan de ontwikkelingen op de betreffende bedrijventerreinen.

4.2.3 Risicoperceptie materiaalgebruik en installatie (Grenfell Tower en zonnepanelen)

Recente incidenten, zoals de brand in de Grenfell Tower en gebouwbranden door zonnepanelen (Friesland) hebben geleid tot aanpassingen van bestaande normen en inspectiecriteria.

- Bij de verduurzaming van woonlocatie, zoals de Grenfell Tower¹, heeft de selectie van gebruikte gevelisolatie op brandveiligheid tekortgeschoten, o.a. doordat de gebruikte testmethodieken niet geschikt waren voor het beoogde gebruik (11).
- Voor de installatietechnische keuring en inspectie van zonnepanelen is door het Scios een inspectieregime opgesteld, SCIOS-scope 12 - inspectie van zonnestroominstallaties. Mede door een verhoging van financiële risico's bij zonneparken en op bedrijfsdaken, als ook onder invloed van incidenten met zonnepanelen wordt door verzekeraars druk uitgeoefend om dit toe te passen bij grote zonnepanelen-projecten op gebouwen en in zonneparken.

In deze gevallen is het belang van veiligheid pas goed onderkend na het ontstaan van incidenten. De consequenties van deze incidenten vergroten de risicoperceptie, maar niet het objectieve risico. De risico's waren altijd al aanwezig, doordat de consequenties groot blijken worden deze beter onderkend en ontstaat een verhoogd draagvlak voor (aanvullende) maatregelen.

Een goed voorbeeld van wat Safe-by-Design kan betekenen voor technieken in de energietransitie is de ontwikkeling van zonnepanelen. Innovatie en implementatie zijn hierbij ontwikkeld zonder naar de hele keten of op systeemniveau naar veiligheid te kijken. De huidige zonnepaneelsystemen worden samengesteld uit meerdere componenten, van mogelijk meerdere leveranciers. Deze manier van samenstellen heeft voordelen maar leidt ook tot kwetsbaarheden die mogelijk met behulp van Safe-by-Design in het ontwerp geadresseerd waren. Een voorbeeld hiervan is dat door interne of externe oorzaken brand kan ontstaan. De kans hierop en het effect kunnen verkleind worden door te letten op context. Hierdoor kan

1. Zoals ook bericht door Zembla op 6-5-2021 in de aflevering 'Brandende belangen'.

een systeem ontworpen worden wat weliswaar dezelfde componenten gebruikt, maar als systeem veiliger is in gebruik. De Safe-by-Design principes van simplificatie en limitatie zouden in dit geval resulteren in een ontwerp wat veiligheidsoverwegingen in omgeving en onderhoud hanteert.

5 Belangrijke factoren Safe-by-Design - energietransitie

5.1 Factoren die bepalend zijn voor wat met Safe-by-Design kan worden bereikt

In hoofdstukken 3 en 4 zijn een aantal bevindingen uit de literatuur gegeven. Op basis van dit onderzoek is gekeken welke factoren bepalend zijn voor een succesvolle toepassing van Safe-by-Design om de omgevingsveiligheid te verhogen/borgen in de energietransitie. Uit het onderzoek komen vijf leerpunten naar voren, die in de volgende paragrafen verder worden uitgewerkt.

1. Veiligheid is een breed begrip en inzetten op Safe-by-Design bij de energietransitie moet zich niet beperken tot omgevingsveiligheid. Het algemene principe van de Safe-by-Design filosofie is gericht op vroegtijdig inzetten op veiligheid. Binnen “hoog”-risico sectoren is dit een werkwijze die veelal omarmt is. Ervaring met betrekking tot (omgevings-)veiligheid heeft geleerd dat onderschatting van het belang van veiligheid bij het ontwerpproces kan leiden tot ongevallen.
2. Omgevingsveiligheid wordt nu met name via risicoregulering geborgd, niet op veiligheid als een inherent onderdeel van het ontwerp.
3. Van Circular-by-Design (CbD) en Sustainable-by-Design (SusbD) kan worden geleerd dat het hebben van een duidelijk en breed gedragen beleidskader stimulerend werkt (vergelijk de Sustainable Development Goals en het Klimaatakkoord).
4. Sturing op ‘Safe-by-Design’ vereist beleidskeuzes over de mate van invloed die de overheid wil of moet hebben op ontwikkeltrajecten en hoe daarbij de balans tussen voorzorg en innovatie worden bewaakt (3).
5. Op Europees niveau wordt onder meer gewerkt aan een Safe and Sustainable-by-Design programma als onderdeel van de Chemicaliënstrategie van de Europese Unie, waar mogelijk op kan worden aangehaakt bij de aanpak voor de energietransitie.

5.1.1 Veiligheid als prioriteit

Veiligheid is een breed begrip en inzetten op Safe-by-Design bij de energietransitie moet zich niet beperken tot omgevingsveiligheid. Want op basis van de getrokken lessen met betrekking tot Safe-by-Design blijkt dat:

- Veiligheid een inherent onderdeel van het ontwerp/ontwikkeltraject is (kernenergie, luchtvaart, nano- en biotechnologie); of
- Veiligheid onvoldoende wordt onderkend en meegenomen in het ontwikkelproces. Soms blijkt dan bij de bredere uitrol achteraf dat er verkeerde ontwerpkeuzes zijn gemaakt. Meer focus op veiligheid in de eerste fase van de ontwikkeling kan grotere kosten achteraf voorkomen. Voorbeelden waar dit in de praktijk is gebleken zijn:
 - Vuurwerkopslag²

2. De vuurwerkcramp in Enschede in 2002 is aanleiding geweest voor het aanscherpen van wet- en regelgeving rondom het in- en uitvoeren, opslaan, bewerken, afleveren, het voorhanden hebben en het afsteken van vuurwerk. Op 1 maart 2002 is het Vuurwerkbesluit in werking getreden.

- Lpg-tankstations³
- Stint.

Binnen sectoren zoals kernenergie, luchtvaart, bio- en nano-technologie is er vanaf de start aandacht voor veiligheid. Dit betekent niet dat in deze sectoren veiligheid in de absolute zin gewaarborgd is, denk hierbij bijvoorbeeld aan de Boeing 737-MAX. Hier zijn de risico's bekend binnen de maatschappij, waarbij soms de vraag gesteld kan worden of de werkelijke risico's net zo groot zijn als de gepercipieerde risico's. Bij veel van deze sectoren, en uiteindelijk ook bij windenergie, hebben enkele voortvarende fabrikanten ervoor gezorgd dat veiligheid en toezicht makkelijker geregeld kon worden.

Bij de energietransitie is sprake van een verscheidenheid aan technologieën, stoffen, betrokken partijen en locaties. Hiernaast zijn sommige technologieën nog opkomend of in ontwikkeling, hierdoor is de aandacht voor veiligheid niet vanaf de start gegarandeerd. Op basis van bovenstaande observaties kan een eerste doel voor de Rijksoverheid zijn dat deze aandacht groeit en dat de risico's bij nieuwe ontwikkelingen binnen de energietransitie voldoende bekend zijn en onderkend worden.

5.1.2 Verder kijken dan risicoregulering

Om Safe-by-Design meer in te zetten binnen de energietransitie is het belangrijk oog te hebben voor het spanningsveld waarin potentiële maatregelen moeten passen. In onderstaande matrix is dit gevisualiseerd. Daarbij is er naast ontwikkeling van nieuwe technologieën namelijk ook sprake van ontwikkelingen in verschillende type omgevingen.

1. Bekende omgeving: op het vlak van risicoregulering wordt sterk gestuurd op verplaatsen van risicovolle activiteiten naar industrieclusters. In die gebieden is randvoorwaardelijk veel geregeld om deze activiteiten mogelijk te maken.
2. Nieuwe omgeving: in het kader van de energietransitie vindt ook een verplaatsing plaats van bijvoorbeeld productie en opslag naar nieuwe omgevingen. Hierbij kan gedacht worden aan lokale initiatieven in woonwijken.

3. Met de invoering van het Besluit externe veiligheid inrichtingen heeft een 'grootschalige' sanering plaatsgevonden van LPG-tankstations waarvan de omgevingsrisico leiden tot knelpunten (25).

	Bestaande technologie	Nieuwe technologie
Bekende omgeving	Dit betreft de huidige praktijk, bijv. waterstofgeneratie in industriegebieden.	Het gebruik van nieuwe nog ontwikkelende technologieën op industrielocaties, bijvoorbeeld energieopslagsystemen in de Rotterdamse haven.
Nieuwe omgeving	Vanwege de decentrale aard van de transitie vinden activiteiten plaats op locaties waar dit voorheen niet gebeurde, bijv. opwekking waterstof nabij afnemers zoals in woonwijken.	Het gebruik van nieuwe technologieën (waarvan de risico's mogelijk onbekend zijn) in of nabij afnemers. Bijvoorbeeld buurtbatterijen in woonwijken.

Figuur 5-1 Overwegingsmatrix van veiligheidsrisico's

De bestaande risicoregulering is met name gericht op het linkerboven kwadrant van Figuur 5-1. Echter de toepassing van Safe-by-Design is het meest succesvol bij inzet op technologie die nog in ontwikkeling is en op toepassingen in een nieuwe omgeving. Voor de ontwikkeling van beleidsinstrumenten is het derhalve van belang dat verder wordt gekeken dan de huidige beleidsinstrumenten die met name op risicoregulering zijn gericht.

Risicoregulering

Het huidige systeem van omgevingsveiligheid voor inrichtingen is met name gericht op industriële veiligheidsrisico's via de Seveso, Brzo- en Bevi regeling. Dit houdt in dat wanneer een grote hoeveelheid gevaarlijke stoffen aanwezig is, automatisch rekening gehouden moet worden met de risico's voor de omgeving bij een vergunningsaanvraag.

De regelingen zijn bekend en bij de ontwikkelingen van plannen wordt getracht om door middel van verschillende principes (moderatie, substitutie en/of limitatie effecten) een veilige situatie te creëren.

Dit systeem heeft beperkingen. Eén daarvan is de ondergrens die het bevat. Het Brzo-regime bijvoorbeeld bevat een drempelwaarde aan gevaarlijke stoffen. Onder deze grens vervallen veel verplichtingen en vallen aanvragen onder andere richtlijnen, zoals het Activiteitenbesluit, die afhankelijk van de aard van de activiteit of omgeving eisen stellen aan ontwerp, voorzieningenniveau en/of aan te houden veiligheidsafstanden. Bij de decentralisatie zal een deel van de energietransitie zich in dit laatste regime bevinden; een regime dat niet is ingericht op maatwerk. Regelingen zoals het ARIE (Arbobesluit Art. 2.2 en 2.3) zorgen wel voor een mate van toezicht zodra de activiteit in bedrijf is, maar borgen de veiligheid niet voorafgaand aan de plaatsing.

5.1.3 Beleidskader als prikkel

Voor de toepassing van de principes van Circular-by-Design (CbD) en Sustainable-by-Design (SusbD) werken de bestaande duidelijke en breed gedragen beleidskaders, zoals de Sustainable Development Goals en het Klimaatakkoord stimulerend bij de implementatie. Verwacht mag worden dat de toepassing van Safe-by-Design bij de energietransitie een impuls krijgt wanneer ook dit principe wordt opgenomen in een dergelijk positief beleidskader.

Een sector als de nano- en biotechnologie bewijst dat bij een continue aandacht Safe-by-Design wordt geïncorporeerd in de werkcultuur van de sector. Het maakt daar inmiddels integraal onderdeel uit van onderzoek en doorontwikkelingsprocessen.

Een succesfactor lijkt dan ook om samen met de verschillende betrokken sectoren te komen tot een inspirerend beleidskader voor Safe-by-Design bij de energietransitie, of dit te integreren in een breder beleidskader met betrekking tot de energietransitie.

5.1.4 Balans tussen innovatie en voorzorg

Het sturen op Safe-by-Design vanuit de overheid vereist een goede afweging over de mate van invloed die zij wil of moet hebben bij de veiligheid van ontwikkeltrajecten. Bij innovaties zijn per definitie niet alle risico's volledig bekend. Echter het is van belang dat de belangrijkste risico's worden erkend om te zorgen dat veiligheid in het ontwerp wordt meegenomen. Te weinig aandacht voor de risico's bij de start kan later in het traject leiden tot een herontwerp of zelfs tot stagnatie van de ontwikkeling, die voorkomen had kunnen worden.

Het vinden van de juiste balans hiertussen is een bekend dilemma. Hoe dan ook is het belangrijk de risico's zo goed mogelijk in beeld te krijgen en te zorgen dat in elk geval alle no regret maatregelen worden getroffen; dat wil zeggen de maatregelen die met weinig kosten de risico's wezenlijk verkleinen.

Het betreft hier het gehele traject van innovatiestadia naar uitrol in de praktijk. Dat vraagt in essentie om een continu proces van monitoren, evalueren, leren en bijstellen. Zie bijv. windturbines op land: het worden er meer, ze worden hoger, ze worden anders gemaakt, dus de vraag vanuit gezondheid, veiligheid en milieu verandert daarmee ook. Het is niet klaar na de eerste innovatiefase.

5.1.5 Aansluiten bij Europese programma's

Binnen de Europese Unie zijn verschillende initiatieven waarbij Safe-by-Design één van de aandachtspunten is. Voor het doel van bevordering van Safe-by-Design in de energietransitie is het nuttig om gebruik te maken van de middelen die door deze programma's worden ontwikkeld:

- Waterstofstrategie EU: Binnen deze strategie is een routekaart tot 2050 opgesteld voor de ontwikkeling van een Europees waterstofnetwerk, met geïntegreerde aandacht voor de veiligheid van het systeem.
- Horizon Europe: Het programma van de Europese Commissie om onderzoek en innovatie financieel te ondersteunen, waarbij aandacht voor Safe-by-Design als pluspunt geldt. Het programma is erg breed, het is van belang om per keten te onderzoeken waar koppelmogelijkheden zijn, zoals:
 - o BATT4EU, een publiek-private alliantie voor het promoten van veiligere en schonere batterijen (12);

- LIFE Clean Energy transition sub-programme, ondersteunt de uitvoering van EU-beleid op het gebied van duurzame energie (13).
- Chemicaliënstrategie: Met specifieke aandacht voor Safe-by-Design: Deze strategie is niet direct gericht op de energietransitie, maar met name op de toepassing en vermindering van schadelijke stoffen. Deze aanpak gericht op het verminderen van schadelijke stoffen kan inspiratie opleveren voor de energietransitie.

Aansluiting hierop is ook van belang omdat het vraagstuk internationaal speelt. Zo wordt voor de waterstofketen (14) op Europees vlak getracht te komen tot verbeterde en geharmoniseerde (veiligheids)normen. Tegelijkertijd moet worden bewaakt dat het sturen op veiligheid bij de ontwikkeling van nieuwe energiesystemen of toepassingen in Nederland geen belemmering oplevert voor toepassing van de technologie binnen de Europese markt vanwege conflicterende regelgeving.

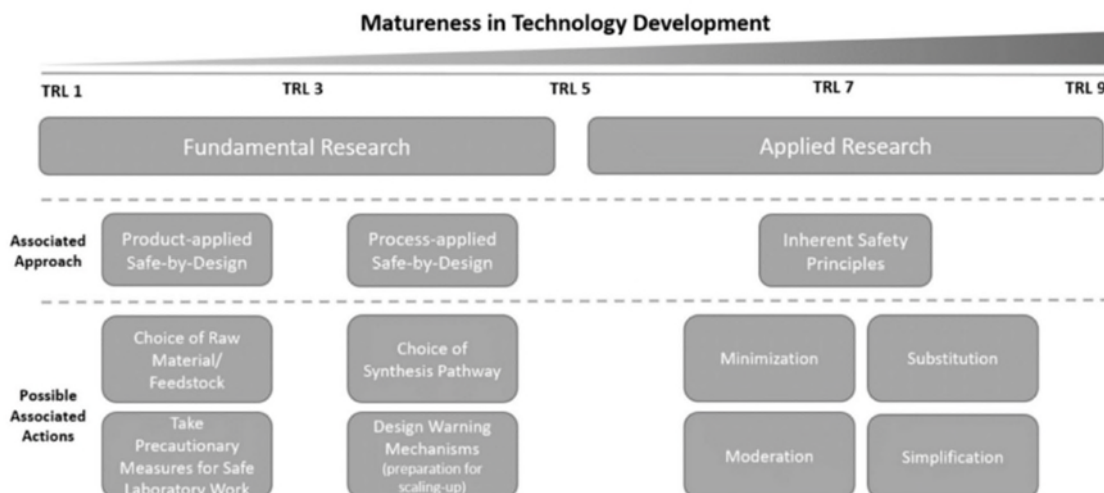
5.2 Factoren die belemmerend zijn bij Safe-by-Design toepassing

Er zijn met name drie factoren die een belemmering vormen voor de inzet van de Safe-by-Design principes binnen de energietransitie. Deze worden hieronder uitgewerkt:

1. Te laat inzetten op veiligheid;
2. Belemmerende lock-ins;
3. Geen volledig overzicht van de energieketen.

5.2.1 Te laat inzetten op veiligheid

Wanneer in een laat stadium van het ontwerp wordt ingezet op veiligheid kan makkelijk 'weerstand' ontstaan tegen het alsnog introduceren van veiligheidsvoorzieningen, bijvoorbeeld vanwege de extra investeringskosten of zelfs een benodigd herontwerp (1). Omgekeerd kunnen vroeg geïntroduceerde maatregelen om de veiligheid te verhogen de bruikbaarheid beperken. De acceptatie van de maatregelen, of van de ontwikkeling in het algemeen, daalt wanneer deze als hinderlijk worden ervaren. Een voorbeeld hiervan is meervoudige verificatie bij software (1). Door vroeg en doordacht te starten is het mogelijk om Safe-by-Design principes toe te passen die deze bezwaren omzeilen. Een voorbeeld van de strategie hiervoor voor de procesindustrie is in Figuur 5-2 gevisualiseerd (15).



Figuur 5-2: Gedefinieerde Technology Readiness Levels (TRL) met een indicatie van onderzoeksfase, benadering via Safe-by-Design (SbD) of Inherent Safety Principles (ISPs) en mogelijk te nemen veiligheidsmaatregelen.

Aan de hand van bovenstaand voorbeeld is een inzetstrategie af te leiden waarbij een vroege focus op veiligheid (eerdere TRL's) kan leiden tot makkelijkere acceptatie aan de achterzijde.

5.2.2 Belemmerende lock-ins

Er kunnen ook zogenoemde lock-ins optreden (15) die de ontwikkeling binnen een bestaande industrie belemmeren. Zo is het bijvoorbeeld niet eenvoudig om af te stappen van het gebruik aardgas als in een industrieel proces alles daarop is geoptimaliseerd. Hetzelfde geldt voor het wijzigen van een gevaarlijke stof in een productieproces.

Het gaan toepassen van de Safe-by-Design principes kan leiden tot conflicten van technische en niet-technische aard. Uit interviews met vertegenwoordigers uit de industrie bleek bijvoorbeeld dat er barrières kunnen optreden in onder meer de bedrijfscultuur, lokale infrastructuur, regelgeving en intellectueel eigendom. Voor een bedrijf is onderzoek doen naar en uiteindelijk implementeren van alternatieve werkmethode een investeringskwestie. Wanneer bestaande methoden of trajecten als bevredigend worden beschouwd in termen van efficiëntie, kosten, veiligheid en kwaliteit van het eindproduct ontbreken al snel prikkels om wijzigingen door te voeren. Bovendien worden investeringen in installaties en infrastructuur vaak gedaan voor een periode van 20-40 jaar.

Zowel voor het bevorderen van Safe-by-Design als voor het voorkomen van lock-ins is het nuttig beleidsmaatregelen zeker te richten op nieuwe/opkomende technologieën.

5.2.3 Complexe energieketen

Figuur 4-1 illustreert hoe een generieke energieketen eruit kan zien. Probleem hierbij is echter dat een energieketen complex is. Zodra een specifieke energieketen in detail in kaart wordt gebracht komt de complexiteit in beeld. Hierbij moet rekening worden gehouden met het feit dat voor één energieketen verschillen kunnen zitten in de TRL, toepassingsgebied, schaal en

eigenaar/gebruiker. Sommige technologieën zijn opkomend en andere zijn al jarenlang in gebruik. Afhankelijk van het gebied waar deze technologie gebruikt wordt leidt dit wel of niet tot aandachtspunten of kansen. Een volledig overzicht van energieketens waarbij de eerdergenoemde variabelen uiteen zijn gezet is (nog) niet beschikbaar. Voor het bevorderen van Safe-by-Design bij de energietransitie ligt het voor de hand meer beleidsaandacht te geven aan de terreinen waar de risico's nog niet goed gereguleerd zijn. Het is noodzakelijk om overzicht te creëren en kansen te inventariseren.

6 Conclusie en aanbevelingen

6.1 Algemene bevindingen

De energietransitie is een belangrijke maatschappelijke ontwikkeling. Hierbij worden op grote schaal nieuwe technologieën ontwikkeld en geïmplementeerd en bestaande technologieën aangepast voor nieuwe toepassingen. Dit brengt nieuwe risico's met zich mee, maar biedt ook kansen om de nieuwe situatie direct fundamenteel veiliger te maken of minder milieubelastend. Eén fundamenteel spoor waarlangs de risico's kunnen worden beperkt is Safe-by-Design (SbD). Safe-by-Design houdt in dat veiligheid van stoffen, materialen, producten of processen en hele systemen waar mogelijk al in de ontwerpfase wordt meegenomen.

Het onderzoek geeft het beeld dat de principes van Safe-by-Design binnen de energietransitie nog niet of nauwelijks worden toegepast. Niemand creëert bewust een situatie met onnodige risico's voor de veiligheid of voor het milieu. Dat neemt niet weg dat het met toepassing van de SbD-principes beter kan. Daarmee kan ook worden voorkomen dat later in het proces fundamentele stappen opnieuw moeten worden gedaan, om de veiligheid alsnog te waarborgen.

Bij Safe-by-Design in de energietransitie gaat het om risico's en kansen in de gehele keten; productie, opslag, transport en overslag en gebruik in alle maatschappelijke sectoren. De SbD-principes zijn niet bij alle ketenonderdelen even bruikbaar. Dit onderzoek geeft een kwalitatief overzicht van de bruikbaarheid, op basis van een inventarisatie van tot nu toe opgedane ervaringen, literatuur en expert opinies. De inzichten daaruit kan de (Rijks)overheid benutten bij het realiseren van nieuw beleid en van nieuwe beleidsinstrumenten.

Met de inventarisatie van de succesfactoren van Safe-by-Design bij de energietransitie is inzicht verkregen in de factoren die Safe-by-Design versnellen of vertragen. Dit inzicht wordt hieronder vertaald in drie instrumenten die beleidsmakers kunnen inzetten. Daarbij worden ook suggesties gedaan voor vervolgstappen om deze instrumenten verder uit te werken.

6.2 Aanbevelingen voor de beleidscontext

6.2.1 Aanbeveling 1: Beleidskader Safe-by-Design

Om meer aandacht te krijgen voor de principes van Safe-by-Design binnen de energietransitie wordt aanbevolen om samen met de medeoverheden en andere betrokken maatschappelijke partijen te komen tot een inspirerend beleidskader voor Safe-by-Design bij de energietransitie. Het is van belang om hierbij oog te houden voor de verschillende betrokken sectoren (per energieketen, zie ook aanbeveling 4) en deze goed hierbij te betrekken. Het is ook mogelijk dit te integreren in een breder beleidskader met betrekking tot de energie-transitie, zoals een update van het Klimaatakkoord. Hierbij wordt ook aanbevolen om goed oog te houden voor de ontwikkelingen op Europees gebied. Vanuit onder andere Horizon Europe is het voor verschillende ketenelementen mogelijk om financiering voor een ontwikkeling te verkrijgen. Hiernaast is de aanbeveling om naast een Nederlands beleidskader voor Safe-by-Design in de energietransitie ook in te zetten op Europees beleid ten aanzien van Safe-by-Design in de energietransitie.

6.2.2 Aanbeveling 2: Kennis(uitwisseling) en ondersteuning organiseren

Een speciaal aandachtspunt voor de komende jaren vormt de decentralisatie van het risicobeleid in het kader van de Omgevingswet. Deze kan potentieel leiden tot extra fragmentatie bij de inzet op onder meer Safe-by-Design bij de energietransitie. Centrale aandacht voor dit onderwerp en ondersteuning is dus belangrijk, ook bij het uitwisselen van kennis en ervaringen. Daarbij is het aan te bevelen bestaande platformen en organisaties op dit terrein te betrekken bij de uitvoering en toetsing van het beleid. Per ketenelement en per vakgebied kan worden bepaald welke kennispartners ingezet kunnen worden. Dit is ook van belang voor een open informatiedeling. Hierbij is aandacht vereist voor een werkwijze die geen rem vormt op ontwikkelingen door bijvoorbeeld het risico op verlies van intellectueel eigendom.

Als inspiratie kan de commissie milieueffectrapporten dienen (mer-commissie). Dit comité is in staat om kennis uit de markt te halen voor toetsingen van complexe milieueffectrapporten (mer). Een SbD-comité, opgezet volgens het ontwerp van de mer-commissie, kan een rol te spelen bij onder andere de toetsing op een SbD-prestatieladder (zie ook paragraaf 6.3.2). Daarnaast kan een dergelijk comité een rol spelen om eventuele lacunes in de kennis over risico's van nieuwe technologieën te identificeren en voorstellen te doen voor veiligheidsverbeteringen.

6.2.3 Aanbeveling 3: Verhogen bewustzijn en risicoperceptie

Ook zonder de voorgaande twee zaken kan de Rijksoverheid inzetten op meer bewustzijn over de betekenis en kansen van Safe-by-Design bij energie-innovaties. Daarbij kan worden ingezet op de kennisindustrie; universiteiten, hogescholen en het bedrijfsleven. Door in te zetten op verhoging van kennis op dit terrein in het onderwijs is het mogelijk om de basisprincipes onderdeel te laten worden van het algehele ontwikkelingsproces.

6.3 Aanbevelingen voor instrumenten

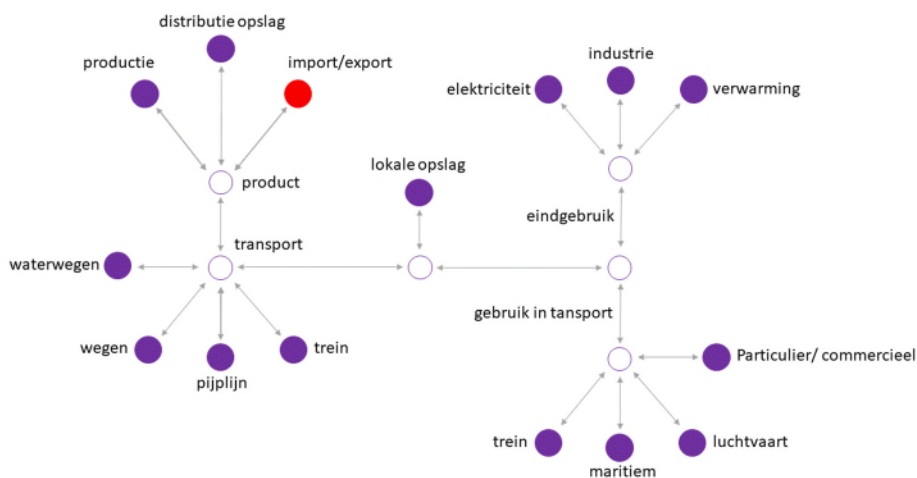
In deze paragraaf zijn aanbevelingen opgenomen voor instrumenten om Safe-by-Design bij de energietransitie gericht toe te passen. Daarbij wordt ook de koppeling in de gaten gehouden met andere ontwikkelingen zoals duurzaamheid, circulariteit en met de lopende Europese programma's.

6.3.1 Aanbeveling 4: Ketenganalyse

De Safe-by-Design aanpak bij de energietransitie heeft de meest directe kans van slagen wanneer deze wordt ingezet in een vroeg stadium van de ontwikkeling en bij kansrijke ketenelementen. Welke delen van de energietransitie dit betreft kon in het onderzoek alleen kwalitatief worden geanalyseerd. De verdere inventarisatie van kansrijke ketenelementen moet nog plaatsvinden. Hiervoor wordt een methode voor een ketenganalyse aanbevolen, met de volgende stappen:

1. Ketenganalyse uitvoeren:

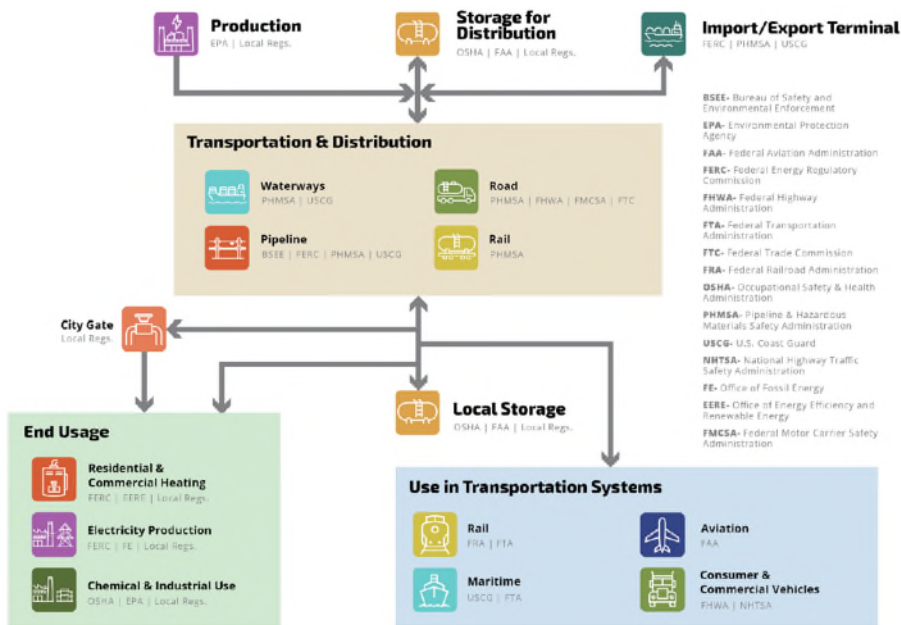
Bij de ketenanalyses wordt de 'generieke keten' (weergegeven in Figuur 4-1) gebruikt en voor een specifieke energiedrager of energiebron uitgewerkt, bijv. de waterstofketen. Er wordt geïnventariseerd waar en op welke wijze de energiedrager worden gebruikt. Zie Figuur 6-1 voor een voorbeeld.



Figuur 6-1: Overzicht waterstofketen VS aan de hand van (7)

2. Koppelkansen huidig beleid:

Zodra de gehele keten in beeld is gebracht, wordt bepaald hoe het beleid en het bijbehorende toezicht zijn geregeld. Zo wordt ook duidelijk of er GAPS in bestaande regulering zijn en waar er mogelijkheden zijn om SbD-principes in te zetten. Zie Figuur 6-2 voor een voorbeeld.



Figuur 6-2: Overzicht federaal toezicht waterstofketen VS (7)

3. Vaststellen welke ketenelementen de grootste inherente risico's bevatten.

Hierbij wordt gekeken naar de volgende indicatoren:

- Toepassingsgebied (omgeving);
 - Bebouwde omgeving / woonomgeving;
 - Industrie nabij bebouwing;
 - Industrieclusters (Rotterdamse haven, Chemelot etc.).
- Kwantiteit stoffen;
- Stoffen en procescondities;
- TRL.

4. Vaststellen ontwikkelfase sector en technologie

Vastgesteld wordt in welke ontwikkelfase de betreffende technologie en de daarbij betrokken sector zich bevinden. Indicatoren voor de technologie:

- TRL;
- Ontwikkel- c.q. transitiesnelheid.

Indicatoren voor de ontwikkelfase van de betrokken sector zijn:

- Omvang sector, dan wel aantal producenten;
- Is er een centrale toezichthouder of sprake van een gezamenlijke normering;
 - Bijv. FAA of kwaliteitsnormen voor de sector (SCIOS, ISO, NEN etc.).
- Hoe is veiligheid en continuïteit geborgd binnen het ontwikkeltraject?

5. Bepalen kansen per SbD-principe.

Tenslotte worden de mogelijkheden voor toepassing van de SbD-principes per ketenelement bepaald en gekoppeld aan beleid. Verder is als belangrijk criterium meegenomen dat toepassing van Safe-by-Design niet moeten leiden tot een forse beperking van de snelheid van de energietransitie.

- a. Afhankelijk van technologieniveau (TRL), met als overweging dat bestaande technologie meer lock-ins heeft, dus sturen op:
 - Minimalisatie;
 - Moderatie;
 - Limitatie gevaarlijke effecten;
 - Incorporatie van fool-proof principes.
 - Nieuwe technologieën, bieden meer kans om te sturen op:
 - Substitutie;
 - Simplificatie;
 - Verbeteren fouten tolerantie;
 - Incorporatie van fool-proof principes.
- b. Afhankelijkheid van de omgeving:
Bestaande omgeving, zoals industrieclusters:
 - Minimalisatie;
 - Moderatie.

Nieuwe omgeving, zeker de bebouwde omgeving:

- Incorporatie van fool-proof principes;

- Limitatie gevaarlijke effecten;
- Moderatie;
- Verbeteren fouten tolerantie.

In bijlage 1 zijn enkele voorbeelden uitgewerkt, waarbij de analyse zowel is toegepast op het algemene systeemniveau van de energietransitie als voor een specifiek transitiepoor.

6.3.2 Aanbeveling 5: Safe-by-Design-prestatieladder

Om de toepassing van Safe-by-Design bij de energietransitie te stimuleren kan bijvoorbeeld worden gedacht aan financiële prikkels of het eisen dat bij aanbestedingen de SbD-principes zijn gevolgd. Daarbij moet dan kunnen worden aangetoond in welke mate dit is gebeurd. Daarvoor is de SbD-prestatieladder ontwikkeld. Dit sluit aan op de geleerde lessen uit andere trajecten zoals Sustainable-by-Design (2), Green Chemistry (16) en Circular-by-Design. Die leren ook dat een positieve en praktische aanpak belangrijk is, met toegevoegde waarde voor alle betrokken partijen.

In de prestatieladder moet worden vastgelegd via welke routes, op welke gebieden en op welke wijze de principes toegepast gaat zijn (of moeten worden). Dit kan als veiligheidsparagraaf of een deliverable opgenomen worden bij financierings- of subsidietrajecten van de overheid. De ijkpunten in de ladder zijn de vier overkoepelende TRL-fasen:

- Ontdekkingsfase (TRL 1, 2 en 3);
- Ontwikkelingsfase (TRL 4, 5 en 6);
- Demonstratiefase (TRL 7 en 8);
- Uitrolfase (TRL 9)

Per ijkpunt en SbD-principe wordt gescoord in welke mate de SbD-principes zijn toegepast of overwogen in het traject, waarna een gemiddelde score per fase bepaald kan worden. Deze gemiddelde score kan dan gebruikt worden als eis in een aanbestedingstraject, of als eis om subsidie te verstrekken indien deze score beter is dan een vooraf bepaalde score. In onderstaand voorbeeld is de SbD-prestatieladder uitgewerkt voor een fictieve innovatie.

Voorbeeld 1: SbD-prestatieladder

Met de SbD-prestatieladder wordt bepaald in welke mate de SbD-principes toegepast of overwogen zijn op de 4 ijkpunten. Voor elk SbD-principe wordt een score toegekend aan de hand van onderstaande scoringsmethode.

Score	Toelichting
1	SbD- principe toegepast op of voor het beschouwde ijkpunt
0	SbD-principe onderzocht en overwogen, maar niet toegepast
-1	SbD-principe niet onderzocht
n.v.t.	SbD-principe niet van toepassing in deze fases

In dit voorbeeld wordt ervan uitgegaan dat de innovatie een TRL van 9 heeft. Hierdoor kunnen voor alle ijkpunten een score toegekend worden voor alle SbD-principes. Ook is ervan uitgegaan dat tijdens de uitroffase alleen de 'Limitatie gevaarlijke effecten'-principe gebruikt kan worden. Het gebruik van de andere SbD-principes in dit voorbeeld laat zien dat verschillende SbD-principes zijn beoordeeld en toegepast in de ontwikkelingsfase. De volgende indicatieve score is voor een fictieve innovatie vastgesteld.

Safe-by-Design principe	Ontdekkings-fase	Ontwikkelings-fase	Demonstratie-fase	Uitroffase
Minimalisatie	1	1	1	n.v.t.
Substitutie	1	1	1	n.v.t.
Moderatie	0	0	0	n.v.t.
Simplificatie	0	1	1	n.v.t.
Verbeteren fouten tolerantie	1	1	1	n.v.t.
Limitatie gevaarlijke effecten	0	0	0	1
Incorporatie van fool-proof principes	0	1	1	n.v.t.
Gemiddelde score per fase	3/7	5/7	5/7	1/1

Indien vooraf bepaald is dat bij een fictieve aanbesteding de minimale score voor elk ijkpunt 0,3 is, dan betekent het dat deze fictieve innovatie voldoet aan de SbD-eis.

Invullen van de prestatieladder zal door de instantie zelf gedaan moeten worden. Toetsing hiervan zal nadien gedaan moeten worden, hierbij kan gebruikgemaakt worden van de kennisdragers uit aanbeveling 2.

7 Bibliografie

1. *Safe-by-design in engineering: An overview and comparative analysis of engineering disciplines*. Gelder, P. van. sl : International Journal of Environmental Research and Public Health, 2021, Vol. 18.
2. *Safe-by-design and EU funded NanoSafety projects*. A. Falk, et al. 2021.
3. Schuurbijs, D. *Leren van Safer Chemicals voor Safe-by-Design?* sl : De Proeffabriek, 2019.
4. Commission, European. *Chemicals Strategy for Sustainability Towards a Toxic-Free Environment*. 2020.
5. *Implementation of Safe-by-Design for Nanomaterial Development and Safe Innovation: Why We Need a Comprehensive Approach*. A. Kraegeloh, et al. 8(4), sl : Nanomaterials, 2018.
6. Evers, W. *Omgaan met omgevingsrisico's CNG-bussen*. sl : Antea Group, 2014.
7. *Federal oversight of hydrogen systems*. A. R. Baird, et al. No. SAND2021-2955, sl : Sandia National Lab.(SNL-NM), 2021.
8. Arcadis - Berenschot. *Ketenstudie omgevingsveiligheid van duurzame waterstofrijke energiedragers*. 2021.
9. H. Duijnhoven, H. L., et al. *"Verkenning risico's van de energietransitie voor de nationale veiligheid Analistennetwerk Nationale Veiligheid*. 2019.
10. *Towards analysing risks to public safety from wind turbines*. S. R. Brouwer, et al. 180, sl : Reliability Engineering & System Safety, 2018.
11. Adviescommissie toepassing en gelijkwaardigheid bouwvoorschriften. *Advies naar aanleiding van 'Grenfell tower investigation - phase 1 report'*. 2020.
12. *The BATT4EU Partnership*. [Online] BATT4EU. [Citaat van: 08 December 2021.] <https://bepassociation.eu/about/batt4eu-partnership/>.
13. LIFE Clean Energy Transition sub-programme. *Clean Energy Transition*. [Online] European Commission. [Citaat van: 08 December 2021.] https://cinea.ec.europa.eu/life/clean-energy-transition_en.
14. Europese Commissie. *Een waterstofstrategie voor een klimaatneutraal Europa*. Brussel : sn, 2020. COM(2020) 301 final.
15. Bouchaut, B. et al. *Value Conflicts in Designing for Safety: Distinguishing*. 2021.
16. Schuurbijs, D. *Leren van Green Chemistry voor Safe-by-Design*. Arnhem : De Proeffabriek, 2018.
17. Oostkracht 10. *Energiedragers en omgevingsveiligheid*.
18. Port of Amsterdam. *Omgevingsveiligheid Westpoort*. 2019.
19. *De toepassing van Safe-by-Design en Life Cycle Assessment in de ontwerpfase van het innovatieproces*. Korevaar. 2019.
20. *Environmental impacts of utility-scale solar energy*. R. R. Hernandez, et al. 29, sl : Renewable and sustainable energy reviews, 2014.
21. *Impact of flat roof-integrated solar photovoltaic installation*. J. Xiaoyu, et al. 43.8, sl : Fire and Materials, 2019.
22. *A review of Safety, Health and Environmental (SHE) issues of solar energy system*. M. M. Aman, et al. 41, sl : Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2015.
23. *Producer Responsibility and Recycling Solar Photovoltaic Modules*. N. C. McDonald, J. M. Pearce. 38, no. 11, sl : Energy Policy, 2010.
24. *Safe-by-design in engineering: An overview and comparative analysis of engineering disciplines*. P. van Gelder, et al. 18.12, sl : International Journal of Environmental Research and Public Health, 2021.

25. Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer. *Saneringstermijn voor LPG-tankstations*. 2010.
26. *European Clean Hydrogen Alliance*. [Online] European Commission. [Citaat van: 08 December 2021.] https://ec.europa.eu/growth/industry/strategy/industrial-alliances/european-clean-hydrogen-alliance_en.
27. Waterstaat, Ministerie van Infrastructuur en. *Nationaal Milieubeleidskader*. 2021.

Bijlage 1 Uitwerking voorbeelden

Bijlage 1 Uitwerking voorbeelden

a. Safe-by-Design-principes toegepast op systeemniveau

In het onderstaande schema zijn de Safe-by-Design-principes indicatief toegepast op het energiesysteem als geheel, dat in het kader van de energietransitie de komende jaren voor een belangrijk deel opnieuw wordt ingericht. Daarbij zijn – eveneens indicatief – voorbeelden opgenomen van een mogelijke beleidsrespons en praktijkvoorbeelden. De mogelijke beleidsrespons zal altijd moeten worden afgewogen tegen andere belangen die spelen bij de energietransitie, zoals geld, ruimte, snelheid, beleving en bestaande lock-ins.

Voorbeeld 1: Voorbeelden beleidsrespons per SbD-principe

SbD-principe	Doel	Voorbeeld beleidsrespons
Minimalisatie	Risicoreductie door volumereductie	Energiebesparing, zowel in eindgebruik als voor wat betreft efficiëntie van omzettingsprocessen. Hierdoor verkleinen de energiestromen en daarmee de ernst van incidenten.
Substitutie	Risicoreductie door keuze voor andere energiedrager	Inzet op veiligere energiedragers, zoals elektriciteit of warm water in plaats van aardgas voor verwarming van woningen. Dit verkleint m.n. het effect van incidenten doordat de energiedrager minder ernstige gevolgen veroorzaakt.
Moderatie	Risicoreductie door keuze voor andere opzet systeem	Inzet op een energiesysteem waarbij componenten of stoffen die potentieel onderling gevaarlijk zijn van elkaar gescheiden blijven en de afstand tussen productie en gebruik zo klein mogelijk is. Dit verkleint de kans op incidenten en ook het effect daarvan.
Simplificatie	Risicoreductie door vereenvoudigen opzet systeem	Inzet op een eenvoudig en overzichtelijk energiesysteem, met simpele technieken, weinig diversiteit aan dragers en beperkte transportafstanden. Dit verkleint m.n. de kans op incidenten.
Verbeteren fouten tolerantie	Risicoreductie door grotere foutmarges	Inzet op een energiesysteem dat minder gevoelig is voor afwijkende omgevingscondities, als gevolg van bijv. fouten of weercondities. Dit raakt m.n. aan de keuze van de dragers, maar ook aan de wijze waarop deze worden getransporteerd en gedistribueerd. Dit verkleint m.n. de kans op incidenten.
Limitatie gevaarlijke effecten	Risicoreductie door houden afstand of beschermende maatregelen	Inzet op een ruimtelijke situering binnen het energiesysteem met bijv. voldoende afstand of beschermende maatregelen tussen bijv. risicovolle bedrijven en gevoelige objecten. Dit verkleint m.n. het effect van incidenten.
Incorporatie fool-proof principes	Risicoreductie door te anticiperen op onjuist handelen.	Door in te zetten op simplificatie, verbetering van de tolerantie en effectlimitatie wordt veel bereikt op dit terrein, mogelijk aan te vullen met waarschuwingsmarkering bij/op componenten. Dit verkleint m.n. de kans op incidenten.

Voorbeeld 2: Voorbeelden praktijktoepassingen per SbD-principe

SbD-principe	Doel	Voorbeeld praktijktoepassingen
Minimalisatie	Risicoreductie door volumereductie	<ul style="list-style-type: none"> - Procesintensificatie met compactere reactoren. - Verkleinen van batch groottes binnen reactoren met gevaarlijke stoffen. - Limited quantities (LQ) in de ADR-wetgeving. De grootte van gevaarlijke stoffen verpakkingen is zo gekozen dat theoretisch gezien het falen van één enkele verpakking beperkte risico's met zich meebrengt.
Substitutie	Risicoreductie door keuze voor andere energiedrager	<ul style="list-style-type: none"> - Vervangen van de gevaarlijke stof (kwik) met een ongevaarlijk alternatief in thermometers - Vervangen van PFAS naar fluorvrije alternatieven in blusschuim.
Moderatie	Risicoreductie door keuze voor andere opzet systeem	<ul style="list-style-type: none"> - Gebruik van een vloeibare waterstofdrager (LOHC) in plaats van waterstof op hoge druk (200-800 bar) tijdens transport. Dit is een combinatie van substitutie en moderatie. - Voldoende afstand houden tussen windturbines op en inrichtingen met gevaarlijke stoffen/activiteiten. Dit is een combinatie van moderatie en limitatie gevaarlijke effecten.
Simplificatie	Risicoreductie door vereenvoudigen opzet systeem	<ul style="list-style-type: none"> - Verleggen van de goederenspoorlijn tussen de Europoort/Maasvlakte en de Botlek zodat hier geen gebruik meer van een spoorbrug nodig is (Theemswegtracé). De aanleg van het tracé werd weliswaar geïnitieerd doordat de spoorbrug einde levensduur is. - Reductie van wissels op de hoofdtracés van het Basisnet spoor. Wissels zijn risicovolle interactielocaties tijdens het vervoerstraject waar botsingen kunnen ontstaan.
Verbeteren fouten tolerantie	Risicoreductie door grotere foutmarges	<ul style="list-style-type: none"> - Verwijderen van onbewaakte spoorwegovergangen en deze te vervangen voor een bewaakte spoorwegovergang. Het vervangen van spoorwegovergangen door viaducten of tunnels is een vorm van simplificatie.
Limitatie gevaarlijke effecten	Risicoreductie door houden afstand of beschermende maatregelen	<ul style="list-style-type: none"> - Clusteren van bedrijven met gevaarlijke stoffen en deze clusters op afstand houden van de rest van de (woon)omgeving; - Veiligheidszone Schiphol, binnen dit gebied zijn restricties opgelegd m.b.t. het ontwikkelen van gebouwen of installaties.
Incorporatie fool-proof principes	Risicoreductie door te anticiperen op onjuist handelen.	<ul style="list-style-type: none"> - (Meervoudig) Redundante cruciale systemen, zoals bijvoorbeeld in de luchtvaart en kernenergiesector. Tankputten bij de opslag van gevaarlijke stoffen; - Afblaasvoorzieningen van reactoren naar een veilige locatie; - Verbieden van gesloten ruimtes in de ontwerprichtlijnen voor waterstof tankstation;

b. Safe-by-Design-principes toegepast op een specifiek transitiepad

In de onderstaande voorbeelden is de ketenanalyse uitgewerkt voor de energiedrager waterstof.

Voorbeeld 1: Afwegingsmatrix voor het vaststellen van ketenelementen met grote inherente risico's voor de omgeving en eventuele gaps (indicatief ingevuld)

Ketenelement	Type omgeving	Type stof	Proces- condities	Kwantiteit	TRL	Omvang sector	Gezamenlijke toezichthouder of normering	Borging veiligheid in ontwerp
Import	--	+	+	++	-	+	+	+
Export	--	+	+	++	-	+	+	+
Productie	--	+	++	++	-	+	-/+	+
Opslag / bufferen	--	+	++	++	-	+	-/+	+
Bulktransport	--	+	0	++	-	+	-	+
Eindgebruiker transport	++	+	--	0	-	0	+	+
Eindgebruiker Bebouwde omgeving	++	+	--	-	-	--	-	-

Voor bovenstaand voorbeeld zijn de volgende scores gebruikt:

Score	Toelichting
++	Zeer hoog inherent risico
+	Hoog inherent risico
0	Matig inherent risico
-	Laag inherent risico
--	Zeer laag inherent risico

Afwegingskader	Toelichting
Type omgeving	Als een ketenelement geplaatst is industriële cluster, dan is (vaak) het inherente risico voor de omgeving laag. Het plaatsen van een ketenelement in een industriële omgeving nabij de bebouwde omgeving, dan is het inherente omgevingsrisico matig. Indien een ketenelement in de bebouwde omgeving geplaatst is, dan kan het inherente omgevingsrisico groot zijn. Bijvoorbeeld het plaatsen van waterstofvoorzieningen in een woonwijk geeft een zeer hoog inherent risico.
Type stof	Hoe gevaarlijker de stof, des te hoger het inherente risico. De inherente risicoafweging kan bepaald worden op basis van gevarenaanduidingen (bijvoorbeeld H-zinnen).
Proces- condities	Hoge temperaturen en/of hoge drukken brengen grotere inherente risico's met zich mee.

Afwegingskader	Toelichting
Kwantiteit	De hoeveelheid gevaarlijke stoffen is gekoppeld aan het inherente risico. Een grote hoeveelheid gevaarlijke stoffen geeft een hoog inherent risico.
Omvang sector	De omvang van de sector is een indicatie voor de volwassenheid van een sector. Een volwassen sector heeft veelal geleerd van incidenten en hierop ingespeeld. Dit betekent dat een volwassen sector gekoppeld is aan een laag inherent risico. Een jonge sector is dan gekoppeld aan hoog inherente risico. Dit komt omdat in een jonge sector veelal de aandacht gericht is op het verkrijgen van marktaandeel.
Technology Readiness Level	De TRL van een ontwikkeling is ook een indicatie voor de volwassenheid van een sector. Een volwassen sector heeft veelal producten die een hoge TRL hebben. Een ontwikkeling met een laag TRL is gekoppeld aan een jonge sector met een grotere kans op een hoog inherente risico. Dit komt omdat in een jonge sector de aandacht meer gericht is op het verkrijgen van marktaandeel.
Gezamenlijke toezichthouder of normering	Voor dit afwegingskader zijn maar twee mogelijkheden, namelijk een hoog of laag inherent risico. Als er geen gezamenlijke toezichthouder of normering aanwezig is, dan is de kans op de aanwezigheid van een zeer hoog inherente risico's aannemelijk. Het is belangrijk om hierbij rekening te houden met de schaal van het ketenelement. Bijvoorbeeld: Transport van waterstof via spoor of weg valt onder één gezamenlijke toezichthouder. Echter bij de productie en/of opslag van waterstof is het sterk afhankelijk van de hoeveelheid waterstof die wordt opgeslagen, boven een bepaalde drempelwaarde valt de inrichting (en opslag) onder het Besluit Risico Zware Ongevallen.
Borging veiligheid in ontwerp	Voor dit afwegingskader zijn maar twee mogelijkheden, namelijk een hoog of laag inherent risico. De borging kan worden bereikt door het opvolgen van ontwerprichtlijnen (zoals de PGS-reeks of technische industrie normen). Indien zo'n borging ontbreekt, dan is het inherent risico hoog.

Voorbeeld 2: Ketenanalyse voor het bepalen van kansrijke ketenelementen per SbD-principe

Keten-element	Minimalisatie	Substitutie	Moderatie	Simplificatie	Verbeteren fouten tolerantie	Limitatie gevaarlijke effecten	Fool-proof principes
Import	Erg afhankelijk van de ontwikkeling op de internationale energiemarkt.						
Export	Erg afhankelijk van de ontwikkeling op de internationale energiemarkt.						
Productie	+	-	-	0	0	++	++
Opslag / bufferen	++	0	++	0	0	++	++
Bulktransport	0	0	+	0	+	++	0
Eindgebruiker transport	0	+	0	0	+	0	+
Eindgebruiker Bebouwde omgeving	++	+	++	0	0	+	++

Voor bovenstaand voorbeeld zijn de volgende scores gebruikt:

Score	Toelichting
++	SbD-principe is zeer goed toepasbaar bij dit ketenelement
+	SbD-principe is goed toepasbaar bij dit ketenelement
0	SbD-principe is matig toepasbaar bij dit ketenelement
-	SbD-principe is slecht toepasbaar bij dit ketenelement
--	SbD-principe is zeer slecht toepasbaar bij dit ketenelement

Bijvoorbeeld voor het ketenelement ‘opslag/bufferen’ is de minimalisatie principe goed toepasbaar voor de energiedrager waterstof. Bij het ontwerp kan gemakkelijk rekening gehouden worden met de opslagcapaciteit van een opslagtank met waterstof.

Het substitutie principe voor het ketenelement ‘productie’ is slecht toepasbaar voor de energiedrager waterstof. Dit vereist kostbare aanpassingen aan installatiedelen, dit is goed toepasbaar wanneer sprake is van nieuwbouw of vervangen voor einde levensduur. Bij toepassing in woningen is wordt bijvoorbeeld initieel ook gekeken naar nieuwbouw locaties. Als overgegaan wordt naar een minder gevaarlijke stof, dan moet het gehele productieproces aangepast worden.

Voorbeeld 3: Ketenganalyse voor de koppeling tussen de SbD-principes en de bijbehorende kansrijke ketenelement(en) en het gekoppelde beleid

SbD-principe	Toepassingsgebied ketenelement	Voorbeeld beleid
Minimalisatie	Opslag/bufferen Eindgebruiker: Bebouwde omgeving	Met name gericht op de ontwikkeling van modulaire technologie. Met als doel het creëren van makkelijk schaalbare locaties. Richt het beleid op creëren van uniforme ontwerprichtlijnen, samen met kennispartners uit de sector. Bijv. <ul style="list-style-type: none"> De brede inzet van cilinderpakketten met uniforme aansluitingen en voorzien van de juiste veiligheidsvoorzieningen.
Substitutie	Eindgebruikers: Transport en bebouwde omgeving	Met name in de eerste TRL-niveaus nuttig. Inventarisatie met wetenschappelijke kennispartners en bijv. TNO om bewustzijn van dit aspect tijdens het ontwerp te benadrukken.
Moderatie	Opslag/bufferen Eindgebruiker: Bebouwde omgeving	Zie minimalisatie.
Simplificatie	Altijd na te streven, niet bijzonder effectief op 1 ketenelement	
Verbeteren fouten tolerantie	Bulktransport Eindgebruiker: Transport	Richt het beleid op de belangrijkste stakeholders: <ul style="list-style-type: none"> Netbeheerders en producenten.
Limitatie gevaarlijke effecten	Productie, Opslag/bufferen Bulktransport	Veelal nuttig bij bestaande technologieën. Gedacht moet worden aan: <ul style="list-style-type: none"> Best practice voor ontwerprichtlijnen (bijv. PGS-en) <ul style="list-style-type: none"> Ervaring hiermee is beschikbaar binnen de industrie, zet dit bijvoorbeeld om naar BBT-en. Sturen op de afstand tussen risicovolle bedrijven en gevoelige objecten (Bevi).
Incorporatie van fool-proof principes	Productie, Opslag/bufferen Eindgebruiker: Bebouwde omgeving	Zie limitatie gevaarlijke effecten.

De informatie die in dit rapport is opgenomen is uitsluitend bestemd voor de geadresseerde(n) en kan persoonlijke of vertrouwelijke informatie bevatten. Gebruik van deze informatie, door anderen dan de geadresseerde(n) en gebruik door hen die niet gerechtigd zijn van deze informatie kennis te nemen, is niet toegestaan. De informatie is uitsluitend bestemd om te worden gebruikt door de geadresseerde, voor het doel waarvoor dit rapport is vervaardigd. Indien u niet de geadresseerde bent of niet gerechtigd bent tot kennisneming, is openbaarmaking, vermenigvuldiging, verspreiding en/of verstrekking van deze informatie aan derden is niet toegestaan, tenzij na schriftelijke toestemming door Antea Group en wordt u verzocht de gegevens te verwijderen en direct melding te maken bij security@anteagroup.nl. Derden, zij die niet geadresseerd zijn, kunnen geen rechten aan dit rapport ontleen, tenzij na schriftelijke toestemming door Antea Group.

Over Antea Group

Antea Group is het thuis van 1500 trotse ingenieurs en adviseurs. Samen bouwen wij elke dag aan een veilige, gezonde en toekomstbestendige leefomgeving. Je vindt bij ons de allerbeste vakspecialisten van Nederland, maar ook innovatieve oplossingen op het gebied van data, sensing en IT. Hiermee dragen wij bij aan de ontwikkeling van infra, woonwijken of waterwerken. Maar ook aan vraagstukken rondom klimaatadaptatie, energietransitie en de vervangingsopgave. Van onderzoek tot ontwerp, van realisatie tot beheer: voor elke opgave brengen wij de juiste kennis aan tafel. Wij denken kritisch mee en altijd vanuit de mindset om samen voor het beste resultaat te gaan. Op deze manier anticiperen wij op de vragen van vandaag en de oplossingen voor morgen. Al 70 jaar.

Contactgegevens

Monitorweg 29
1322 BK ALMERE
Postbus 10044
1301 AA ALMERE
T. (010) 23 51 74 5
E. save@anteagroup.nl

www.anteagroup.nl

Copyright © 2022

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar worden gemaakt door middel van druk, fotokopie, elektronisch of op welke wijze dan ook, zonder schriftelijke toestemming van de auteurs.