

Informatieblad energietransitie



Nederlandse Academie voor
Crisisbeheersing en Brandweezorg
Postbus 7010
6801 HA Arnhem
Kemperbergerweg 783, Arnhem
www.nipv.nl
info@nipv.nl
026 355 24 00

Colofon

© Nederlands Instituut Publieke Veiligheid (NIPV), 2023

Auteurs	M. Spoelstra, H. Brans, T. Hessels, B. Riemersma, J. Vos
Contactpersoon	M. Spoelstra
Opdrachtgever	NIPV
Versie	4.0
Datum	14 december 2023

Wij hechten veel belang aan kennisdeling. Delen uit deze publicatie mogen dan ook worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding.

Het Nederlands Instituut Publieke Veiligheid is bij wet vastgelegd onder de naam Instituut Fysieke Veiligheid.

Voorwoord

In 2019 is voor de eerste keer het informatieblad *'Energietransitie ten behoeve van veiligheidsregio's'* uitgebracht. Dit document bevatte de actuele stand van zaken van de veiligheidsrisico's die samengaan met (grote) ontwikkelingen in de energietransitie.

Te denken valt daarbij aan zonneweides, waterstofproductie en -transport, energieopslag-systemen en windturbines. Het informatieblad bleek een schot in de roos: veiligheidsdeskundigen binnen veiligheidsregio's, maar ook andere partijen die bezig zijn met de energietransitie, hebben de informatie gebruikt om met elkaar het gesprek aan te gaan over veiligheid.

De energietransitie is nog volop in beweging. In 2020 is daarom een eerste actualisatie van de bestaande hoofdstukken doorgevoerd. Tevens is toen een hoofdstuk rondom de veiligheidsrisico's van koolstofdioxide toegevoegd.

Ook in 2021 is het informatieblad geactualiseerd. Er zijn toen mogelijke risicobeheersingsmaatregelen toegevoegd aan elk van de bestaande hoofdstukken. Deze toevoeging geeft invulling aan de behoeftes van veiligheidsregio's, (project)ontwikkelaars binnen de energietransitie, netbeheerders en andere initiatiefnemers om de veiligheidsrisico's beter te kunnen beheersen. Waar al eerder een soortgelijke uitgave voor de [incidentbestrijding](#) is gepubliceerd, draagt dit informatieblad bij aan een goed doordachte *risicobeheersing*. Een goed doordachte risicobeheersing is een randvoorwaarde voor het welslagen van de energietransitie.

In deze vierde versie (2023) zijn drie nieuwe hoofdstukken toegevoegd, die over Small Modular Reactors, ammoniak en warmtenetten gaan.

Nils Rosmuller
Lector Energie- en transportveiligheid

Inhoud

Voorwoord	3
Inleiding	6
1 Geothermie	8
1.1 Toelichting	8
1.2 Mogelijke risico's	9
1.3 Preventieve maatregelen	9
2 Windturbines	11
2.1 Toelichting	11
2.2 Mogelijke risico's	11
2.3 Preventieve maatregelen	12
3 Biomassa	14
3.1 Toelichting	14
3.2 Mogelijke risico's	16
3.3 Preventieve maatregelen	17
4 Zonnepanelen	22
4.1 Toelichting	22
4.2 Mogelijke risico's	23
4.3 Preventieve maatregelen	23
5 Waterstof	25
5.1 Toelichting	25
5.2 Mogelijke risico's	27
5.3 Preventieve maatregelen	27
6 Li-ion opslagsystemen	29
6.1 Toelichting	29
6.2 Mogelijke risico's	30
6.3 Preventieve maatregelen	30
7 Kooldioxide	32
7.1 Toelichting	32
7.2 Mogelijke risico's	33
7.3 Preventieve maatregelen	34
8 Small Modular Reactors	36
8.1 Toelichting	36
8.2 Mogelijke risico's	37
8.3 Preventieve maatregelen	38

9	Ammoniak	40
9.1	Toelichting	40
9.2	Mogelijke risico's	41
9.3	Preventieve maatregelen	42
10	Warmte(distributie)netten	43
10.1	Toelichting	43
10.2	Mogelijke risico's	45
10.3	Preventieve maatregelen	46
	Referenties	48
	Bijlage 1	55

Inleiding

Inleiding

In navolging van het klimaatakkoord van Parijs heeft het kabinet zich ten doel gesteld om de Nederlandse CO₂-uitstoot drastisch te verminderen (EZK, 2016). Om dit doel te verwezenlijken, is een transitie naar (meer) duurzame bronnen van energie essentieel. Naast het verminderen van CO₂-uitstoot, zullen ook opvang, opslag en mogelijk hergebruik van CO₂ een belangrijke bijdrage gaan leveren aan de verduurzaming van de energievoorziening (NOVI, 2020).

Inmiddels is 'het zich ten doel stellen' veranderd in een zorgplicht, aangezien de Hoge Raad in de Urgenda-zaak heeft beslist dat de Nederlandse overheid de plicht heeft er voor te zorgen dat burgers beschermd worden tegen de gevolgen van klimaatverandering (Hoge Raad, 2019).

Energieprojecten ten behoeve van het opwekken, opslaan en transporteren van energie brengen veiligheidsrisico's voor de fysieke leefomgeving met zich mee (NIPV, 2023a). Veiligheidsregio's willen een veilige energietransitie faciliteren door vroegtijdig in ontwikkeltrajecten te adviseren over veiligheidsaspecten bij beleidskeuzes. Dit informatieblad levert een inhoudelijk handvat voor die advisering doordat we de veiligheidsrisico's die gepaard gaan met de energietransitie hebben verkend en de mogelijk maatregelen op een rij hebben gezet.

Doel en doelgroep

Dit informatieblad biedt veiligheidsregio's kennis om het gesprek aan te gaan op lokaal, regionaal en nationaal niveau over het gezamenlijk faciliteren van een veilige energietransitie. Die kennis bestaat uit een verkenning van mogelijke risico's voor de fysieke veiligheid van enkele duurzame energiebronnen en energiedragers, alsmede van de ontwikkelingen op het gebied van (her)gebruik van CO₂.

De doelgroep van dit document bestaat primair uit adviseurs van veiligheidsregio's die het bevoegd gezag adviseren over het borgen en bevorderen van fysieke veiligheid en gezondheid in de fysieke omgeving op omgevingsvisie- en omgevingsplanniveau (vroegtijdig in het planvormingsproces).

Hoofdvraag

De hoofdvraag die in dit informatieblad centraal staat is:

Welke mogelijke veiligheids- en gezondheidsrisico's komen voort uit innovatieve (duurzame) energiebronnen en energiedragers?

Afbakening

- > Dit informatieblad gaat niet in op complexe lokale afwegingen over fysieke veiligheid of op de vraag of een ontwikkeling veilig genoeg is. Hoe groot de kans op een incident is, welke effecten kunnen optreden en welke maatregelen gepast zijn, moet door veiligheidsregio's (samen met gesprekspartners) per casus worden geïnventariseerd en beoordeeld.
- > Dit informatieblad gaat niet in op fossiele brandstoffen en ook niet op de positieve effecten van de energietransitie, van energiebronnen en van energiedragers.¹

Leeswijzer

Elk hoofdstuk van dit informatieblad bevat een toelichting, een opsomming van mogelijke veiligheids- en gezondheidsrisico's, een overzicht van preventieve maatregelen en een fictief praktijkvoorbeeld ter illustratie van de manier waarop een energievorm of energiedrager vorm zou kunnen krijgen.

Hoofdstukken 1 tot en met 4 behandelen *energiebronnen*: Hoofdstuk 1 gaat in op geothermie en in hoofdstuk 2 wordt aandacht besteed aan windenergie. Energie uit biomassa komt aan bod in hoofdstuk 3, terwijl hoofdstuk 4 ingaat op zonne-energie. Hoofdstukken 5 en 6 behandelen *energiedragers*: in hoofdstuk 5 staat waterstof centraal en het zesde hoofdstuk handelt over lithium-ion systemen. Hoofdstuk 7 bespreekt de afvoer van kooldioxide (CO₂) om opgeslagen te worden op de Noordzee. Hoofdstuk 8 gaat in op Small Modular Reactors. In hoofdstuk 9 wordt gekeken naar de mogelijkheden van ammoniak als drager voor waterstof en als brandstof. Hoofdstuk 10 behandelt ten slotte warmtenetten.

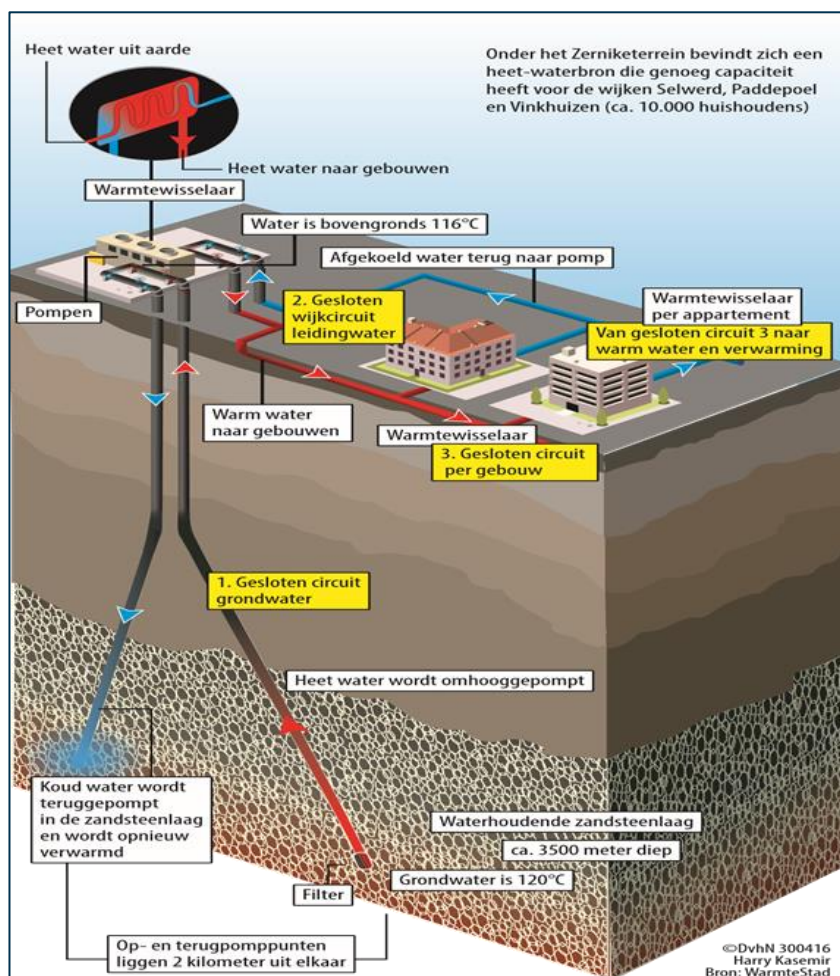
Bijlage 1 geeft een verkenning van de manier waarop de diverse energiebronnen en - dragers opgenomen zijn in de Omgevingswet en de onderliggende Besluiten.

¹ Zo brengt waterstof in tegenstelling tot methaan niet het gevaar van koolmonoxidevergiftiging met zich mee.

1 Geothermie

1.1 Toelichting

Geothermie is warmte afkomstig uit het binnenste van de aarde. De warmte is opgeslagen in vloeistoffen en gesteentes in de aardbodem. Aan het aardoppervlak is het ongeveer 10°C; hoe dieper de aarde in, hoe warmer het wordt. Ter hoogte van Nederland bedraagt deze stijging gemiddeld 3°C per 100 m. Warmte die gewonnen wordt uit de bovenste 500 meter van de aardlaag wordt bodemenergie genoemd (RvO, 2020a). Alle warmte die dieper wordt gewonnen, wordt aardwarmte genoemd.



Figuur 1.1 Principe geothermie (bron: Dagblad van het Noorden)

Door een (productie)put in de bodem te slaan, kan de warmte worden opgehaald, bijvoorbeeld door heet grondwater op te pompen. Als er geen grondwater aanwezig is, kan water in de put langs heet gesteente worden gespoten, waardoor het water opwarmt. Het opgewarmde water kan dan via een tweede (injectie)put weer worden opgepompt. Als warmte de gewenste energiebron is, kan het hete water rechtstreeks worden gebruikt. Er is dan sprake van een 'hoge-temperatuur-warmtenet' (CE Delft, 2019), bijvoorbeeld via een warmtepomp

in de verwarmingsinstallatie van een gebouw of kas. Het afgekoelde water wordt naderhand (via een tweede put) weer terug de grond in gepompt.

1.2 Mogelijke risico's

Det Staatstoezicht op de Mijnen (SodM) schat in dat hoe dieper er geboord wordt, hoe groter de potentiële nadelige effecten van boren zullen zijn (SodM, 2017). De risico's die gepaard gaan met het boren naar (ultradiepe) aardwarmte, zijn volgens het SodM grotendeels vergelijkbaar met die bij het boren naar olie en gas, omdat op gelijke diepte geboord wordt.

De mogelijke risico's verschillen per project en locatie (Geothermie Nederland, 2020). Mogelijke veiligheidsrisico's van de productie, opslag, distributie en het gebruik van aardwarmte zijn:

- > Vermenging en/of verontreiniging van zoete watervoerende lagen of oppervlaktewater met zout formatiewater of met afvalwater.
- > Milieu- en letselschade tijdens boor- of putwerkzaamheden en productie bij een (ongecontroleerde) uitstroom van gas, olie of van heet en zout water.
- > Milieu- en letselschade door een ongecontroleerde uitstroom van gevaarlijke stoffen uit opslaglocaties (bassins, tanks) met stoffen bedoeld voor schoonmaak of het opvangen van afvalwater.
- > Trillingen en bodembeweging bij aanleg en productie met mogelijk schade aan gebouwen en infrastructuur of met mogelijk instabiliteit van dijken als gevolg.
- > (Diep) boren in gebieden met een reeds verhoogd risico op aardbevingen kan de kans op aardbevingen vergroten.
- > Radioactieve straling door verontreiniging van zoete watervoerende lagen, oppervlaktewater of zout formatiewater met een verhoogde aanwezigheid van natuurlijke radio-nucliden (FANC, 2017).

Daarnaast kunnen geluids- en lichthinder een rol spelen tijdens boringen, groot onderhoud en ontmanteling (NIPV, 2023b).

1.3 Preventieve maatregelen

Mogelijke maatregelen om risico's bij geothermie-installaties te voorkomen of te beperken, zijn² (Witteveen en Bos, 2019):

- > Het installeren van een BOP (blow-out preventer).
- > Het vertragen of voorkomen van corrosie, bijvoorbeeld door materiaalkeuze, corrosie-inhibitoren of door het monitoren van wanddiktes.
- > Het gebruiken van meerwandige constructies.
- > Het toepassen van vloeistofdichte opvang en goten.
- > Het gebruiken van milieuvriendelijker boorvloeistoffen.
- > Het uitvoeren van een seismische gevarenanalyse.
- > Het monitoren van de seismische activiteit.
- > De locatie van de gasscheider gescheiden houden van de omgeving.

² In dit informatieblad wordt niet ingegaan op preventieve maatregelen om licht- en geluidshinder te voorkomen en/of te beperken.

Praktijkvoorbeeld Aardwarmte

Casus

De gemeente Onderkerk grenst aan een gebied waar naar gas wordt geboord en wil in de komende jaren op bepaalde locaties actief inzetten op de productie van aardwarmte en bodemenergie. De gemeente wil gerenommeerde bedrijven benaderen om op deze locaties maximaal zes putten te laten boren. Omdat warmer water meer warmte en dus meer energie oplevert, is de gemeente voornemens om tenminste één stel putten te boren tot zo'n 3500 meter diep. Op die boorlocatie moet stoom worden omgezet in elektriciteit. De overige putten zijn bedoeld voor bodemenergie en worden maximaal 500 meter diep. Deze ondiepe putten moeten bedrijventerreinen rechtstreeks voorzien van warmte, door het opgepompte water de verwarmingsleidingen van de bedrijven in te pompen. Die bedrijven maken nu nog gebruik van aardgasverwarming.

Op één van de beoogde locaties voor bodemenergie heeft jarenlang een chemische fabriek gestaan. De grond is er mogelijk verontreinigd. Er bevinden zich geen bouwwerken in de directe omgeving van de fabriek. Dichtbij de locatie bedoeld voor aardwarmte (3500 m) bevindt zich een spoorweg waar met regelmaat gevaarlijke stoffen over vervoerd worden. Alle boorlocaties moeten over vijf jaar operationeel zijn. De veiligheidsregio geeft veiligheidsadvies over deze plannen.

Inventarisatie van mogelijke veiligheidsrisico's

- > De gemeente Onderkerk grenst aan een gebied waar ook naar gas wordt geboord. De kans op aardbevingen is daardoor mogelijk groter dan in een gebied waar niet naar gas geboord wordt. Bodembeweging kan schade berokkenen aan mens en omgeving.
- > Doordat er in elk geval op één locatie dieper dan 500 meter geboord wordt, bestaat de kans op vermenging van zoet en zout water (bodem-, oppervlakte en/of grondwater).
- > Op de locatie met mogelijk verontreinigde bodem bestaat het gevaar van verontreiniging van zoet grondwater, doordat de schone waterlagen in contact kunnen komen met de verontreinigde bodem.
- > Milieu- en letselschade kunnen ontstaan door een ongecontroleerde uitstroom van olie en gas, heet zout water of afvalwater.
- > Er zou een blow-out plaats kunnen vinden.
- > Er kan sprake zijn van domino-effecten als de beoogde locatie zich in risicocirkels van andere risicovolle activiteiten bevindt, zoals de spoorweg gebruikt voor vervoer van gevaarlijke stoffen.

Mogelijke gesprekspartners

Het Ministerie van Economische Zaken als vergunningverlener, de gemeente Onderkerk en aangrenzende gemeenten, de grond- en/of pteigenaar (bijvoorbeeld de Nederlandse Aardolie Maatschappij (NAM)), ProRail, de provincie, de omgevingsdienst, SodM als adviseur en toezichthouder, het betreffende waterschap, uitvoerders, producenten, eventuele subsidieverstrekkers en eventuele investeerders.

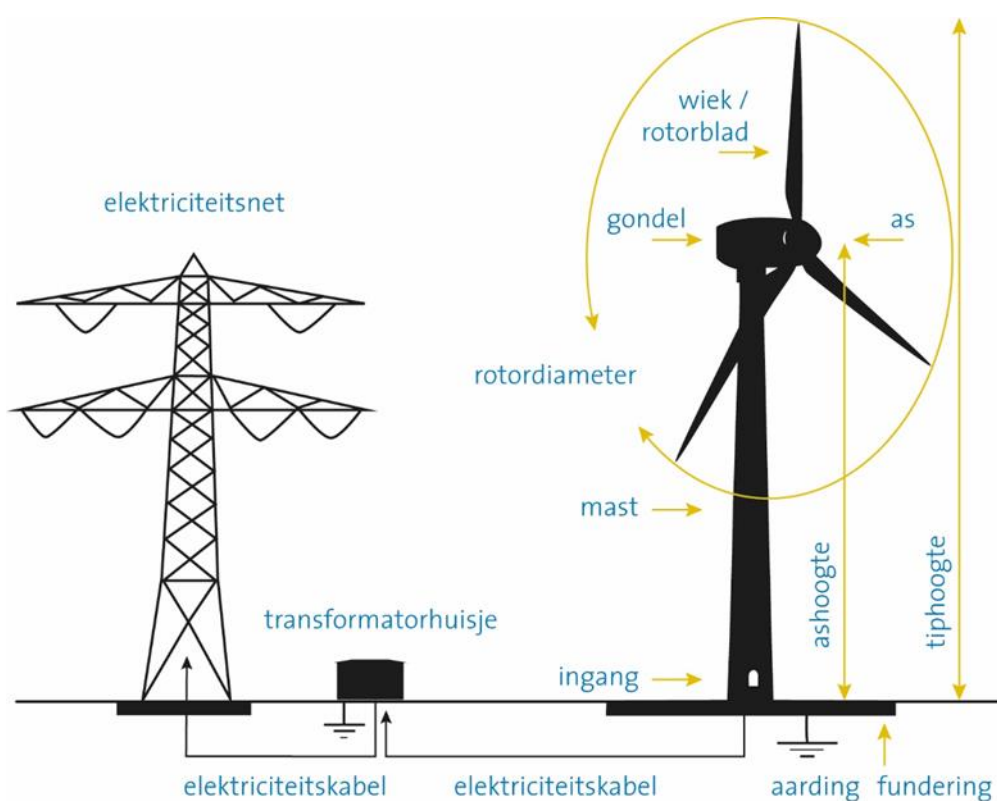
Aandachtspunten met betrekking tot veiligheid

- > Opvragen van geografische kaarten ten bate van seismologisch onderzoek en inventarisatie van mogelijke breuklijnen, waterwinningsgebieden, aardgasbellen e.d. in de bodem.
- > Inspecteren van de mogelijk verontreinigde bodem op de mate van verontreiniging.
- > Gebruikmaken van gerenommeerde initiatiefnemers, aannemers en uitvoerders, omdat de inzet van deskundig personeel de kans op incidenten kan verkleinen.
- > Inspecteren van de kwaliteit van het gebruikte materiaal.
- > Met betrekking tot de spoorweg rekening houden met de PR-risicocontouren van het spoor en de (brand-, explosie- en gifwolk)aandachtsgebieden als bedoeld in het Besluit kwaliteit leefomgeving.
- > Het mogelijk bedenken van omgevingsmaatregelen en aanvullende bouwvoorschriften en het borgen in planologische instrumenten zoals het Omgevingsplan.
- > Afspreken welk orgaan toezicht houdt op de aanleg, productie, opslag, distributie en het gebruik van deze energie en welk orgaan handhaaft.
- > Nadenken over het beperken van de veiligheidsrisico's na beëindiging van de winning.
- > Nadenken over de communicatie van risico's naar de bevolking.

2 Windturbines

2.1 Toelichting

Met behulp van windturbines kan windenergie worden omgezet in elektriciteit. Een windturbine heeft doorgaans vier hoofdonderdelen: een rotor, een gondel (versnellingsbak, naaf, generator en kruiselementen), een mast (inclusief kabels) en een netaansluiting, zie Figuur 2.1. De generator zet de bewegingsenergie om naar laagspanning elektriciteit (ongeveer 650 volt). De kruimotor draait de gondel recht op de wind. De mast is meestal van metaal, maar kan ook van beton zijn. De turbines kunnen in geval van nood of voor onderhoud stil worden gezet met een aerodynamisch remsysteem (Windenergie-info, 2021).



Figuur 2.1 Windturbine en het elektriciteitsgrid (bron: Milja van Hooft)

2.2 Mogelijke risico's

Mogelijke veiligheids- en gezondheidsrisico's van windturbines zijn (RIVM, 2020):

- > Breuk en val van (delen van) een gondel of een windturbineblad op gebouwen, personen of vitale infrastructuur als gevolg van overbelasting of externe omstandigheden zoals extreem weer.
- > Omvallen van een staande windturbine op gebouwen, dijken, kunstwerken, personen of vitale infrastructuur door mastbreuk als gevolg van overbelasting of externe omstandigheden zoals extreem weer.

- > IJsafwerping op gebouwen, personen en vitale infrastructuur.
- > Brand in de turbine tijdens werkzaamheden en/of hulpverlening.
- > Incidenten met windturbines langs de weg kunnen de aandacht trekken van weggebruikers en hierdoor indirect verkeersongevallen veroorzaken.

Daarnaast kan het draaien van de turbinebladen leiden tot geluids- en lichthinder (slagschaduw) (IFV, 2021a).

2.3 Preventieve maatregelen

Mogelijke maatregelen om risico's van windturbines te voorkomen of te beperken, zijn (Rijkswaterstaat, 2020):

- > Het verlagen van de hoogte van de windturbine.
- > Het verlagen van het toerental bij bepaalde omstandigheden.
- > Het stilzetten van de windturbine bij bepaalde omstandigheden.
- > Het verhogen van de windklasse van de windturbine.³
- > Het vergroten van de afstand tussen de windturbine en nabijgelegen objecten.
- > Het dieper leggen van ondergrondse infrastructuur.
- > Het beschermen van nabijgelegen objecten door een beschermende constructie.
- > Het versterken van nabijgelegen objecten.

Praktijkvoorbeeld Windenergie

Casus

De gemeente Zuiderbeek is een middelgrote gemeente. Zij heeft in haar omgevingsvisie gesteld veel meer gebruik te willen maken van de potentie die er binnen haar grondgebied is voor het benutten van windenergie. Daartoe wil zij onder andere een nieuw te bouwen windpark in haar omgevingsplan opnemen. De beoogde locatie valt in het agrarische buitengebied van de gemeente, langs een dijk die een grote rivier begrenst, maar overlapt deels ook het grondgebied van buurgemeente Noorderbeek. Er bevinden zich geen bouwwerken langs de dijk, maar wel hoogspanningskabels. De locatie wordt enerzijds omgeven door de dijk en anderzijds door een spoorlijn waar gevaarlijke stoffen over vervoerd worden. Over de dijk loopt een wandel- en fietsroute. Het windpark moet 10 windturbines gaan beslaan. Het park moet het grootste deel van de gemeente van elektriciteit voorzien. De veiligheidsregio geeft de gemeente advies over de veiligheid van deze plannen.

Inventarisatie van mogelijke veiligheidsrisico's

- > Doordat het windpark zich naast een dijk bevindt, is bij het (om)vallen van (delen van) een windturbine de kans op het beschadigen van de waterkering aanwezig. Mogelijk verhoogt dit de kans op een dijkdoorbraak met alle gevolgen van dien.
- > Bij het (om)vallen van (delen van) een windturbine bestaat de kans op het beschadigen van de spoorlijn waarover gevaarlijke stoffen worden vervoerd. Bij het raken van een trein is daarnaast sprake van explosiegevaar en levensgevaar voor de personen in de trein.
- > De energievoorziening van de stad kan (deels) (tijdelijk) uitvallen door val van (onderdelen van) windmolen(s) op de hoogspanningskabels.
- > Een mogelijke breuk en val van (onderdelen van) windturbines kan gevaar opleveren voor andere windturbines.
- > IJsafwerping kan een gevaar vormen voor de veiligheid van de hoogspanningskabels, spoorlijn, treinen, inzittenden, goederen, andere windturbines en passanten op de dijk.

³ Qua ontwerp worden windturbines ingedeeld in weerklassen. Windturbines die blootgesteld worden aan een hoge windbelasting, zijn sterker en behoren tot een lagere windklasse. Bij het gebruik van een sterkere windturbine daalt dus strikt genomen de weerklassering, maar in de bronnen wordt dit aangegeven als het verhogen van de windklasse

Mogelijke gesprekspartners

De provincie als vergunningverlener, de gemeente Zuiderbeek, de netbeheerder, ProRail, de waterbeheerder van Rijkswaterstaat, de omgevingsdienst, uitvoerders, producenten.

Aandachtspunten met betrekking tot veiligheid

- > Rekening houden met de PR-risicocontouren, de brand-, explosie- en gifwolkaandachtsgebieden als bedoeld in het Besluit kwaliteit leefomgeving en met de spoorweg waarover gevaarlijke stoffen worden vervoerd.
- > Nadenken over een veilige afstand van windturbines tot andere risicobronnen zoals de hoogspanningskabels (boven en onder de grond), tot de spoorlijn en ook tot de dijk.
- > Nadenken over maatregelen die de kans op falen beperken.
- > Onderzoeken hoe de elektriciteitskabels en verwante voorzieningen beschermd kunnen worden tegen overstromingen.
- > Onderzoeken hoe de fysieke bereikbaarheid van windturbines door hulpdiensten geregeld en geborgd kan worden.
- > Mogelijke omgevingsmaatregelen en aanvullende bouwvoorschriften borgen in het omgevingsplan.

3 Biomassa

3.1 Toelichting

Biomassa kan op diverse manieren worden gebruikt om energie te winnen. Biomassa kan worden verbrand, zodat de warmte die hierbij vrijkomt, kan worden benut. Ook kan biomassa door middel van vergisting of vergassing worden omgezet in biogas, dat vervolgens ter plaatse of elders voor verwarming kan worden gebruikt. Dit hoofdstuk beschrijft deze drie manieren waarop biomassa kan worden verwerkt.

3.1.1 Vergisting van biomassa

Biovergisting is de natuurlijke vergisting van biomassa. Biomassa kan zowel droog (zoals gras) als nat (zoals mest) zijn, of een combinatie van nat en droog (zoals drijfmest). Er is sprake van covergisting wanneer mest (minimaal 50 %) samen met een ander product wordt vergist. Wanneer alleen mest vergist wordt, wordt gesproken over mono-vergisting (Middelkoop, 2012).



Figuur 3.1 Vergistingsilo's (foto: Shutterstock)

Bij vergisting zetten gisten (schimmels) de biomassa om in een gasmengsel dat voornamelijk bestaat uit methaan (CH_4) en koolstofdioxide (CO_2) en daarnaast ook waterstofsulfide (H_2S) en ammoniak (NH_3) bevat. Het restproduct wordt digestaat genoemd (RvO, 2020b). Dit restproduct kan in bepaalde gevallen worden gebruikt als meststof. In andere gevallen is het een afvalstof. Het vergistingsproces gebeurt meestal in installaties van verwarmde gas- en luchtdichte silo's, met aan de bovenzijde een speciaal zeildoek om het vergistingsgas te verzamelen.

Het mengsel van vergistingsgassen kan gebruikt worden om een motor aan te drijven die elektriciteit opwekt. Een tweede mogelijkheid is om het vergistingsgas op te vangen (al dan niet in speciale gaszakken) en op te werken tot aardgaskwaliteit.

Dan kan het gas geleverd worden aan het gasnet; het wordt dan groengas genoemd. Groengas moet bestaan uit minimaal 88 % methaangas (RvO, 2020b).

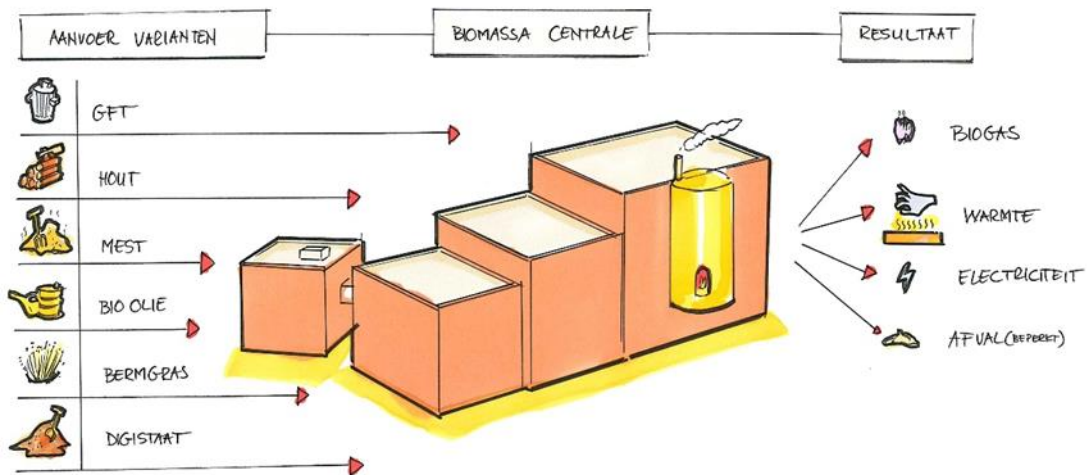
Ruw biogas kan worden getransporteerd via speciale leidingen en op een centraal punt worden bewerkt. Deze biogasleidingen zijn enkele kilometers lang en hebben een druk die op kan lopen tot 4 bar.

3.1.2 Vergassing van biomassa

Vergassing vindt plaats wanneer biomassa een te laag vochtgehalte heeft (< 15 % vocht) en daardoor moeilijk te vergisten is. Het gaat dan bijvoorbeeld om houtafval, gras, kaf en stro. De biomassa wordt onvolledig verbrand, waarbij een gasmengsel ontstaat dat vooral bestaat uit koolmonoxide (CO) en waterstof (H₂). Dit mengsel wordt syngas of synthesegas genoemd (ECP, 2013a) en wordt na zuivering gebruikt om als brandstof te fungeren. Het kan dan toegevoegd worden aan het aardgasnet of worden gebruikt in ketels of om gasmotoren aan te drijven (Van Lier, 2016).

Natte biomassa kan ook worden vergast, bijvoorbeeld via superkritische watervergassing. Hierbij wordt gebruik gemaakt van water in superkritische toestand (bij 374 °C en 221 bar). In die fase is er geen onderscheid meer tussen vloeistof en gas. Met deze techniek kan binnen enkele minuten groen gas worden verkregen (Gasunie, 2020).

Het rendement van vergassing gevolgd door verbranding is hoger dan wanneer de biomassa meteen verbrand wordt (RIVM, 2010a). Wel is voor vergassing een flinke schaalgrootte nodig. Het voordeel is echter dat meerdere soorten biomassa tegelijk vergast kunnen worden.



Figuur 3.2 Vergassing van biomassa (bron: Joost de Bruijn (Boost Herontwikkeling))

Enkele verschillen tussen biovergisting en biovergassing zijn (Chappin, 2019):

- > Per hoeveelheid biomassa wordt er bij vergassing meer biogas geproduceerd dan bij vergisting.
- > Vergisting is een natuurlijk proces dat moeilijker te controleren is, dan vergassing.
- > Vergassing duurt slechts enkele minuten, vergisting enkele weken.

3.1.3 Verbranding van biomassa

Biomassa kan ook direct verbrand worden. Hiervoor wordt vaak laagwaardige biomassa gebruikt zoals hout, blad, riet en bermmaaisel. Verbranding kan op kleine schaal gebeuren, bijvoorbeeld in houtkachels thuis of in biomassacentrales in de wijk, maar ook op grote(re) schaal, bijvoorbeeld in omgebouwde kolencentrales of door biomassa mee te stoken in kolencentrales (Signalen Leefomgeving, 2020).

Met verbranding van biomassa kan niet alleen warmte worden opgewekt, maar ook elektriciteit of beide. Als elektriciteit wordt opgewekt, is de verbrandingsinstallatie niet uitgerust met een warmwaterketel, maar met een stoomketel en stoomturbine. Wanneer zowel warmte als elektriciteit worden opgewekt, is er sprake van een zogenoemde Warmtekrachtkoppeling-installatie (WKK).

3.2 Mogelijke risico's

3.2.1 Biogas

Het biogas dat door vergisting of vergassing ontstaat, heeft enkele eigenschappen waardoor het transport en opslag ervan risico's met zich meebrengen. Biogas bestaat voornamelijk uit methaan, kooldioxide en water. Daarnaast kan het relatief veel waterstofsulfide (H_2S) bevatten (Middelkoop, 2012). Wanneer biogas onverhoopt vrijkomt, zijn de risico's:

- > Brand, omdat biogas licht ontvlambaar is.
- > Verstikking door de aanwezigheid van CO_2 .
- > Vergiftiging door de aanwezigheid van H_2S .
- > Aantasting van materialen (KIWA, 2016).

Biogas wordt niet snel herkend, omdat de geur ervan anders is dan die van aardgas. De aanwezigheid van waterstofsulfide in de lucht kan wel stankklachten geven. De geurdrempel voor waterstofsulfide is zeer laag (0,0047 ppm) en ligt onder de voorlichtingsrichtwaarde (VRW) van 0,03 ppm. Stankklachten kunnen gepaard gaan met hoofdpijn en misselijkheid, maar hebben geen blijvende gevolgen voor de gezondheid. De klachten verdwijnen wanneer de stank verdwenen is.

3.2.2 Biovergisting

Bij vergisting van biomassa treden mogelijk de volgende veiligheidsrisico's op:

- > Broei, brand en vorming van stikstofoxiden bij opslag van grondstoffen (GGD, 2013).
- > Storing in de vergistingsinstallatie met een ongewenste uitstroom van de inhoud tot gevolg.
- > Brand-, explosie-, bedwelmings- en vergiftigingsgevaar ten gevolge van het vrijkomen van biogas, van pathogenen (bacteriën, virussen en parasieten) en/of van stoffen als waterstofsulfide, ammoniak en kooldioxide (RIVM, 2014).
- > Digestaat dat rechtstreeks uit de vergister komt is instabiel. Als een instabiel digestaat wordt getransporteerd in een vrachtwagen bestaat het risico op gasvorming (drukopbouw) en schuimvorming (Infomil, 2018).
- > Biovergisting vindt regelmatig plaats op agrarische bedrijven; in die gevallen moet de agrariër ook operator zijn, omdat specifieke kennis nodig is voor het veilig beheren van de installatie. Het op peil houden van de benodigde kennis is een risico (RIVM, 2010a).

3.2.3 Biovergassing

Bij vergassing van biomassa treden mogelijk de volgende veiligheidsrisico's op:

- > Vorming van teer in de installatie.
- > Het vrijkomen van syngas, teerdampen, afvalwater en toxische vloeistoffen (gebruikt bij onderhoud).
- > Afvalwater dat onvoldoende gezuiverd is en nog ammoniak, fenolen, benzeen, toluen en PAKs bevat (Fürnsinn et al, 2005).
- > Het voortijdig ontbranden van biomassa door bijvoorbeeld het smeulen van stoffen, een elektrostatische ontlading of een (externe) ontstekingsbron.

3.2.4 Bioverbranding

Bij verbranding van biomassa treden mogelijk de volgende veiligheidsrisico's op:

- > Broei in de opslag van biomassa (ANV, 2019).
- > Het vrijkomen van niet-gefilterde rookgassen zoals koolmonoxide, polyaromatische koolwaterstoffen (PAK), fijnstof en stikstofoxiden (NO_x) (RIVM, 2010b).
- > Het ontbranden van rookgassen.
- > Het exploderen van de warmwaterketel door overdruk.
- > Corrosie wanneer zoutzuur (HCl) vrijkomt (ECP, 2013b).



Figuur 3.3 Houtpellets worden verbrand in oven (foto: Shutterstock)

3.3 Preventieve maatregelen

3.3.1 Biovergisting

Mogelijke maatregelen om de risico's van biovergassing te beperken zijn (Infomil, 2018):

- > Een vergistingsinstallatie op een agrarisch bedrijf moet voldoen aan NTA 9766 (Veiligheidsaspecten van installaties voor monomestvergisting en vergistingsgasopwerking op boerderijschaal).

- > Een overdrukbeveiliging en fakkelinstallatie op veilige locaties.
- > Monitoring van de gassenstelling.
- > Toepassing van ATEX-zonering.
- > Aanwezigheid van een noodstroomvoorziening.
- > Correct voorgelicht personeel met een passende opleiding.
- > De samenstelling van de biomassa moet zo constant mogelijk gehouden worden (RIVM, 2010a).
- > Het aanhouden van voldoende afstand tussen de vergistingsinstallatie en omliggende objecten.

3.3.2 Biovergassing

Mogelijke maatregelen om de risico's van biovergassing te perken zijn:

- > De aanwezigheid van een mobiele of stationaire fakkel om biogas gecontroleerd en op hoogte te verbranden, bijvoorbeeld bij een storing van de installatie.
- > Het reinigen van de rookgassen, bijvoorbeeld teer, chloor, zwavel, et cetera.
- > Het aanhouden van voldoende afstand tussen de installatie en omliggende objecten.

3.3.3 Bioverbranding

Mogelijke maatregelen om de risico's van bioverbranding te beperken, zijn:

- > Het gebruik van droge brandstoffen om broei te voorkomen (Loekemeijer, 2004).
- > Broeidetectie (NIFV, 2007).
- > Het gebruik van schone brandstoffen, dus bijvoorbeeld geen geïmpregneerd hout (RIVM, 2010b).
- > Het reinigen van de rookgassen, bijvoorbeeld van fijnstof en NO_x (RIVM, 2010b).
- > Voorzieningen om overdruk door stoom af te blazen.
- > Het aanhouden van voldoende afstand tussen de installatie en omliggende objecten.

3.3.4 Biogas

Biogas dat geproduceerd wordt, moet opgeslagen en/of getransporteerd kunnen worden. Om dit zo veilig mogelijk te kunnen doen, zijn NEN-normen opgesteld. NEN 8770 gaat over leidingen voor transport van ruw biogas en voor behandeld biogas met een maximale bedrijfsdruk tot en met 8 bar, die zich buiten de installatie bevinden en niet behoren tot het openbare gasnetwerk. NEN 8771 gaat over het ontwerp, beheer en onderhoud van biogas-installaties.

Praktijkvoorbeeld Biovergisting

Casus

De gemeente Biopolder denkt er over om biovergistingsinstallaties toe te staan op haar grondgebied, maar alleen in het buitengebied. Zij heeft daarover al contact met een tweetal initiatiefnemers. Eén van de initiatiefnemers is een grote lokale varkensboer die een installatie naast zijn erf wil bouwen, waar hij ook met zijn gezin woont. Hij is van plan om niet meer dan 22.000 m³ meststoffen van zijn varkens te behandelen. Hij wil voornamelijk vaste mest gebruiken als brandstof voor het vergistingsproces. Het biogas wil hij gebruiken om zijn eigen boerenbedrijf en woning te verwarmen. Overig gas wil hij ter plekke opwerken, in het bestaande gasnet injecteren en als groengas verkopen. Bij zijn erf heeft hij een particuliere windturbine staan (met een rotordiameter van minder dan 2 meter), die niet onder de eisen van het Bal valt.

Een tweede initiatiefnemer heeft een groot commercieel belang en wil een zo groot mogelijke vergistingsinstallatie bouwen. Deze initiatiefnemer wil zijn vergistingsgas ook opwerken tot gas van aardgaskwaliteit. Dat wil hij doen op een andere locatie. Het ruwe biogas moet per leiding naar die locatie worden getransporteerd.

Deze locatie ligt eveneens in het buitengebied van de gemeente Biopolder. Het opgewerkte biogas wil de initiatiefnemer injecteren in het bestaande gasnet en verkopen. De precieze beoogde locatie van de vergistingsinstallatie is nog niet bekend. Wel is bekend dat in het buitengebied zowel (grote) windturbines als hoogspanningsmasten staan. De veiligheidsregio geeft de gemeente advies over de veiligheid van deze voorstellen.

Inventarisatie van mogelijke veiligheidsrisico's

- > Ongecontroleerde uitstroom van biogas bij werkzaamheden aan leidingen door storingen, bijvullen of door falen van apparatuur.
- > Vergiftiging door H₂S of explosiegevaar door uitgestroomd biogas.
- > Aantasting van de integriteit van de leidingen.
- > Domino-effecten met betrekking tot omgevingsveiligheid: brand- en explosiegevaar nabij diverse risicobronnen zoals de windturbine en hoogspanningskabels.

Mogelijke gesprekspartners

De provincie als omgevingsvergunningverlener, NVWA, de Gasunie, de initiatiefnemers, grondeigenaren en omwonenden, de gemeente Biopolder, de netbeheerder, eventuele subsidieverstrekker(s) en eventuele investeerders.

Aandachtspunten met betrekking tot veiligheid

- > Het risicobewustzijn en de opleiding van de initiatiefnemers en medewerkers van vergistingsinstallaties op peil brengen en houden. Dat kan bijvoorbeeld door middel van een e-learning module (www.mestgassen.nl).
- > Aandacht schenken aan de kwaliteit en het onderhoud van de te gebruiken materialen.
- > Onderzoeken van de veiligheidsrisico's van de kleine windturbine op het erf van de varkensboer in relatie tot de vergistingsinstallatie en het waarborgen van een veilige afstand tussen beide.
- > Het borgen van voldoende afstand tussen de vergistingsinstallatie op het erf en de woning van de varkensboer en zijn gezin.
- > Het borgen van voldoende afstand tussen de vergistingsinstallaties en respectievelijk de (grote) windturbines en de hoogspanningsmasten.
- > Mogelijke omgevingsmaatregelen en aanvullende bouwvoorschriften borgen in het omgevingsplan.

Praktijkvoorbeeld Biovergassing

Casus

In de provincie Middenland wordt veel biomassa geproduceerd door agrarische bedrijven. De provincie kent al een enkele vergassingsinstallatie. Wegens toenemende belangstelling van boeren en industrie voor de mogelijkheden om mest te vergassen, groeit het aantal aanvragen. Een aantal initiatiefnemers heeft hun vermogen en initiatieven gebundeld en wil omgevingsvergunningen aanvragen om vijf grootschalige vergassingsinstallaties neer te zetten, die draaien op droge biomassa zoals hout en een totaal vermogen van 7 MW leveren. Zij zijn erop gericht om syngas voor de energiemarkt te produceren – op diezelfde locaties – en in het aardgasnet te injecteren. De vijf installaties willen zij verspreid door de provincie en in de nabijheid van snelwegen en bedrijventerreinen positioneren (daar waar ook afvalverwerkingsbedrijven zich bevinden). Twee van de beoogde bouwlocaties bevinden zich direct aan een kanaal dat een belangrijk onderdeel vormt van het routenetwerk gevaarlijke stoffen. De plannen passen in de omgevingsplannen van de betreffende gemeenten. Eén van de zaken waar de provincie advies over in wil winnen is de fysieke veiligheid. De veiligheidsregio adviseert de provincie over de borging van veiligheid in deze aanvragen.

Inventarisatie van mogelijke veiligheidsrisico's

- > Zelfontsteking, een combinatie van ophoping van ontvlambaar stof of gas en hete oppervlakken, opgebouwde elektrische lading of vonken van mechanische apparatuur, vliegende as of kool, ongecontroleerde uitstroom van ontvlambare biomassa of andere ontvlambare vloeistoffen in combinatie met een (externe) ontstekingsbron, kunnen leiden tot brand en daarmee een gevaar vormen voor:

- de werknemers van de installaties en omliggende bedrijven
 - passanten en passerende schepen
 - hulpverleners
 - de constructie van de installatie.
- > Ongecontroleerde uitstroom van gas/SNG, teerdampen, gecondenseerd water en andere mogelijk toxische vloeistoffen (bijvoorbeeld gebruikt voor onderhoud), door systeemfalen of menselijk falen, kan leiden tot verstikking of (koolstofmonoxide)vergiftiging van:
- de werknemers van de installaties en omliggende bedrijven
 - passanten en passerende schepen
 - hulpverleners.
- > Wanneer een mengsel van stof en zuurstof een ontstekingsbron treft, kan dit een explosie veroorzaken en een brand starten. Andersom kan een (externe) brand ook aanleiding zijn voor een explosie. Dit kan een gevaar opleveren voor de constructie van de installatie en voor omliggende gebouwen en personen.
- > Wanneer eenmaal brand ontstaat, zorgt de droge en gasvormige brandstof waarschijnlijk voor een snelle brandontwikkeling.
- > Explosiegevaar door overdruk in de vergassingsinstallatie.
- > Domino-effecten met betrekking tot omgevingsveiligheid: brand- en explosiegevaar nabij risicobronnen zoals BRZO-bedrijven, opslag en leidingen met gevaarlijke stoffen, hoogspanningsmasten en dergelijke.
- > Een explosie of grote brand zou het vervoer van gevaarlijke stoffen via het kanaal kunnen ontregelen.

Mogelijke gesprekspartners

De provincie als omgevingsvergunningverlener, de Gasunie, initiatiefnemers, grondeigenaren, omwonenden, de betreffende gemeenten, het betreffende waterschap, de vaarwegbeheerder, eventuele subsidieverstrekker(s) en eventuele investeerders.

Aandachtspunten met betrekking tot veiligheid

- > Borgen van een veilige afstand ten opzichte van risicobronnen, zoals het kanaal dat fungeert als transportroute voor gevaarlijke stoffen, BRZO-bedrijven, eventuele hoogspanningsmasten en dergelijke.
- > Borgen van toereikende brandveiligheidsvoorzieningen in de installaties.
- > De mogelijkheden bekijken om een centrale opweklocatie te faciliteren om de risico's te clusteren.

Praktijkvoorbeeld Bioverbranding

Casus

De gemeente Boschloo wil de bouw van een biomassa-energiecentrale toestaan op een druk bedrijventerrein aan de rand van een middelgrote stad. De gemeente wacht nog op een initiatiefnemer, maar wil zelf grootaandeelhouder zijn. Op het bedrijventerrein bevinden zich meerdere bedrijven die voor de productie van hun goederen gebruikmaken van gevaarlijke stoffen, zoals een chemisch bedrijf dat waterstof gebruikt. De energiecentrale zal alleen draaien op houtafval: houtsnippers die het resultaat zijn van bosbeheer in de omgeving, knip- en snoeiafval van burgers en (behandeld) houtafval uit de industrie, zoals de bouwsector (sloophout). Hiermee is het initiatief omgevingsvergunningplichtig. Met de vrijgekomen warmte wordt water in een warmwaterketel verwarmd. Dat water zal in het warmtenet worden geïnjecteerd (stadsverwarming). De totale energie-opwekking zal ongeveer 4 MW zijn. Hiermee kunnen ongeveer 9000 woningen in de stad van energie worden voorzien.

Inventarisatie van mogelijke veiligheidsrisico's

- > Brandgevaar door een ongecontroleerde uitstroom van rookgassen uit de installatie, en ontbranding door een externe of interne ontstekingsbron.
- > Niet goed filteren van rookgassen en het vrijkomen van die rookgassen.

- > Explosiegevaar door overdruk op de warmwaterketel of stoomketel.
- > Lekkage van heet water uit het warmtenet, met mogelijk brandwonden bij bewoners en/of passanten tot gevolg.
- > Arbeidsveiligheid: uitstoot en ophoping van fijnstof, stikstofoxiden en organische verbindingen die vrijkomen bij het verbrandingsproces.

Mogelijke gesprekspartners

De gemeente Boschloo als omgevingsvergunningverlener, de netbeheerder van het warmtenet, de leverancier, eventuele initiatiefnemers en/of producenten, grondeigenaren, omwonenden, eventuele subsidieverstrekker(s) en eventuele investeerders.

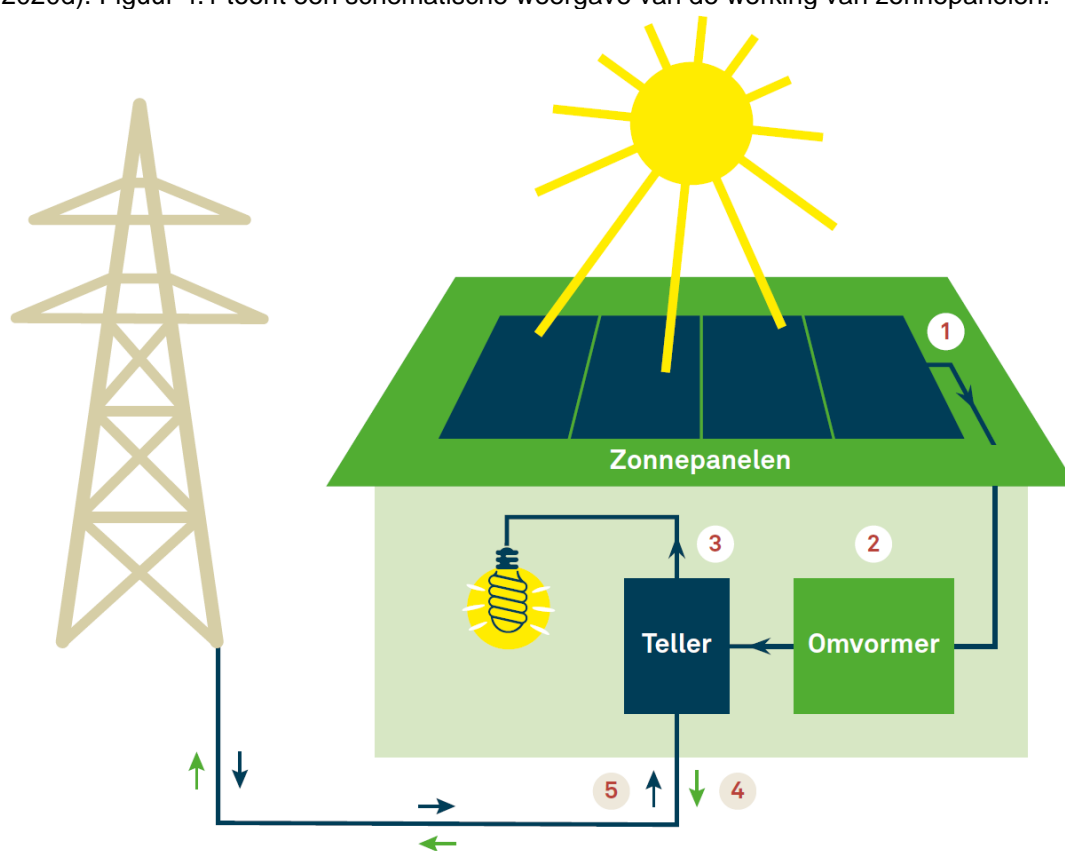
Aandachtspunten met betrekking tot veiligheid

- > Borgen van een veilige afstand ten opzichte van risicobronnen op het bedrijventerrein, zoals het chemiebedrijf dat werkt met waterstof.
- > Borgen van toereikende brandveiligheidsvoorzieningen in de afvalverbrandingsinstallatie.
- > Mogelijke omgevingsmaatregelen en aanvullende bouwvoorschriften borgen in het omgevingsplan.

4 Zonnepanelen

4.1 Toelichting

Een zonnepaneel bestaat uit zonnecellen die silicium bevatten. Deze zonnecellen worden ook vaak fotovoltaïsche of PV-cellen genoemd. De straling van de zon kan elektronen los maken in het silicium waardoor spanning in een zonnecel ontstaat. Omdat de spanning tussen de boven- en onderkant van het paneel verschilt, zal er bij het aansluiten van beide kanten stroom gaan lopen. Via een omvormer kan de gelijkstroom (DC) van een aantal zonnepanelen worden omgezet in wisselstroom (AC) met een spanning van 230 volt (RvO, 2020d). Figuur 4.1 toont een schematische weergave van de werking van zonnepanelen.



1. Zonnepanelen zetten zonlicht om in gelijkstroom (DC).
2. De omvormer zet de gelijkstroom van de zonnepanelen om in bruikbare wisselstroom (AC).
3. Uit de omvormer komt elektriciteit. De elektriciteit die nodig is wordt meteen gebruikt. De overtollige elektriciteit gaat het net op waardoor de teller achteruit loopt.
4. Als de zonnepaneelinstallatie meer elektriciteit genereert dan verbruikt, wordt het 'overschot' teruggeleverd aan het net.
5. 's Nachts en gedurende piekperiodes wordt elektriciteit van het net geïmporteerd.

Figuur 4.1 Schematische weergave van de werking van zonnepanelen

Het silicium in zonnepanelen komt in drie vormen voor: monokristallijn silicium, polykristallijn silicium en amorf silicium (Verhelst, 2012).

Zonnepanelen wegen doorgaans tussen de 10 en 25 kilogram per vierkante meter en worden meestal toegepast op daken van woningen en bedrijfspanden. Steeds vaker worden zonnepanelen echter ook als grote zonnevelden aangelegd in weilanden en op wateroppervlaktes en verwerkt in bouwkundige componenten zoals (dak)ramen, leien, dakpannen en geluidsschermen (RIVM, 2017). Naast de standaard zonnepanelen is er een variant die zeer dun is en over andere materialen heen 'geplakt' kan worden: dunne film of organische zonnepanelen.

Zonnepanelen moeten niet verward worden met zonnecollectoren. Zonnecollectoren vangen de warmte van zonlicht af, waarmee een vloeistof wordt opgewarmd die vervolgens de warmte met behulp van een warmtewisselaar afgeeft aan water voor gebruik in huizen.⁴

De middels zonnepanelen verkregen elektriciteit kan onder meer worden opgeslagen in (t)huisaccu's zoals de Tesla Powerwall of in de buurt (buurtbatterijen). In zonneparken wordt op grote schaal elektriciteit opgewekt, maar de capaciteit van het elektriciteitsnet moet daarvoor wel toereikend zijn (Liander, 2021). Wanneer de gegenereerde elektriciteit niet opgeslagen of niet getransporteerd kan worden, kan deze groene stroom (ter plekke) gebruikt worden om waterstof te maken met behulp van elektrolyse (IFV, 2021d).

4.2 Mogelijke risico's

Mogelijke veiligheids- en gezondheidsrisico's van zonnepanelen zijn (IFV, 2021b):

- > Het niet deskundig installeren van zonnepanelen kan kortsluiting geven, gevolgd door brand. Kortsluiting kan veroorzaakt worden door verkeerde aansluitingen, door falen van materiaal of door ontwerpfouten.
- > Er bestaat een kans op een elektrische schok doordat er – ook na het omzetten van de aardlekschakelaar – nog spanning op de zonnepanelen aanwezig kan zijn. Ook kan een elektrische schok veroorzaakt worden door het smelten van de bekabeling.
- > Gehinderde brandweerinzet door gladde zonnepanelen, verschoven zonnepanelen, weggewaaid zonnepanelen, een te lage draagkracht van het dak of door een slechte bereikbaarheid van de brand door de aanwezigheid van zonnepanelen.
- > Depositie van (on)verbrande zonnepaneeldeeltes in de omgeving (IFV, 2021c)
- > Aantasting stalen buisleidingen in de grond door aantasting corrosiemaatregel (kathodische bescherming) (Gasunie, 2020).

4.3 Preventieve maatregelen

De mens is de belangrijkste oorzaak van de hierboven geschreven risico's, zodat aanbevelingen en maatregelen vooral betrekking hebben op kwaliteitsborging van de componenten van PV-systemen, op de plaatsing van PV-systemen en op het vakmanschap van de installateurs. Mogelijke maatregelen om risico's van zonnepanelen te voorkomen of te beperken, zijn (Brandweer Nederland, 2021):

⁴ Naast zonnepanelen bestaan er ook zonenschotels en zonnespiegels. Zonnespiegels bundelen het licht en creëren veel warmte op één punt waardoor een vloeistof verhit wordt, stoom wordt gevormd, een turbine wordt aangedreven en elektriciteit ontstaat. Zonenschotels werken ook met spiegels, maar niet met vloeistof. Zij maken, net zoals zonnepanelen, gebruik van fotovoltaïsche cellen. Voor deze schotels en spiegels is direct zonlicht nodig, iets wat in Nederland te weinig voorkomt voor een (op dit moment) rendabele toepassing (Milieucentraal, z.d.).

- > Voldoen aan de eisen die gelden voor de kwaliteit van de materialen, bijvoorbeeld voor wat betreft de aansluiting van connectoren, het aarden van de zonnepaneelinstallatie en het toepassen van bekabeling dat vlamdovend is uitgevoerd.
- > Het keuren en certificeren van zonnepaneelinstallaties.
- > Brandoverslag voorkomen door vrije ruimte aan te houden tussen zonnepanelen (compartimentering).
- > Branddoorslag voorkomen door gebruik te maken van onbrandbare materialen (brandklasse A, B) voor constructie en isolatie.
- > Brandoverslag en -uitbreiding voorkomen door begroeiing onder en naast zonnepanelen minimaal te houden.

Praktijkvoorbeeld Zonnepanelen

Casus

De gemeente Solburg wil in het buitengebied een zonnepark van circa 30 hectare laten bouwen, samen met initiatiefnemers en investeerders. De gekozen locatie kent nauwelijks bebouwing en geen bebossing. Vanaf het zonnepark kan de gewonnen elektriciteit rechtstreeks in het elektriciteitsnet worden gebracht, maar het is niet bekend of het huidige elektriciteitsnet die extra belasting aankan. De veiligheidsregio geeft advies over de veiligheid van dit plan.

Inventarisatie van mogelijke veiligheidsrisico's

- > Kortsluiting door materiaalfalen of ontwerpfouten kan brand veroorzaken.
- > Wegwaaien van zonnepanelen door slechte montage en/of sterke windvlagen.
- > Kans op een elektrische schok door het smelten van de bekabeling bij brand of doordat er nog spanning op zonnepanelen staat.
- > Bereikbaarheid zonnepark in geval van brand

Mogelijke gesprekspartners

De gemeente Solburg, initiatiefnemers, investeerders, de netbeheerder, uitvoerders, de veiligheidsregio.

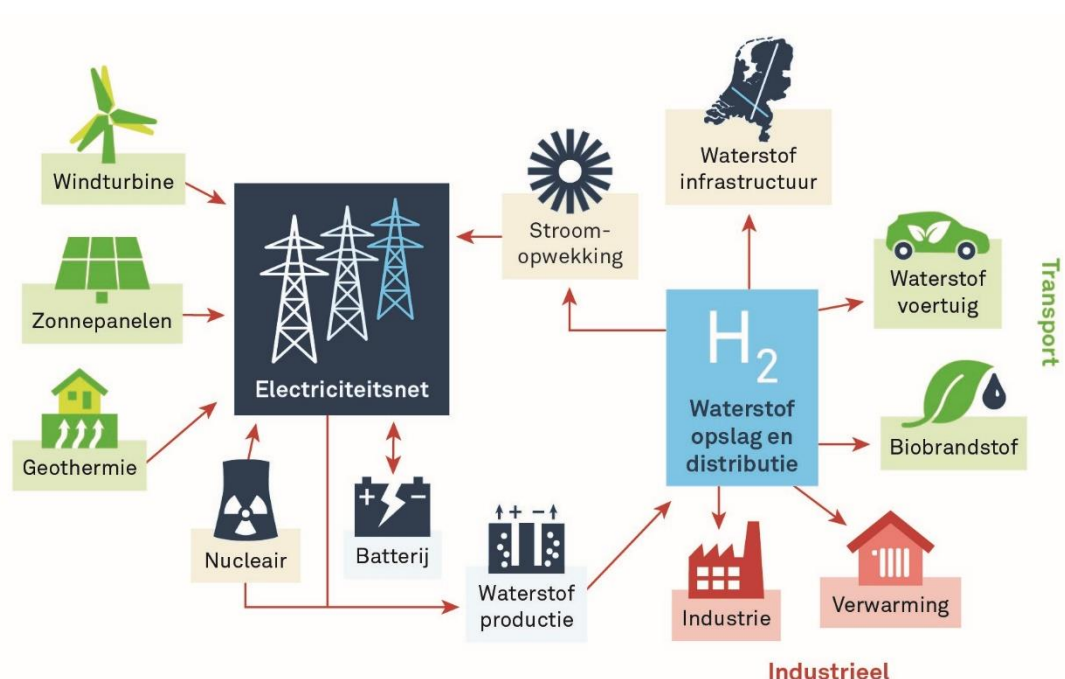
Aandachtspunten met betrekking tot veiligheid

- > Het aanbrengen van een 'brandweerknop' of safety switch. Hiermee kan in één keer zowel de netspanning als de omvormerspanning uitgeschakeld worden.
- > Het plaatsen van omvormers op een onbrandbare ondergrond en op afstand van de zonnepanelen.
- > Het beperken van het aantal zonnepanelen in een rij en het aanhouden van voldoende afstand tussen de rijen om brandoverslag te voorkomen.
- > De inrichting van het zonnepark moet dusdanig zijn dat de bereikbaarheid van de rijen met zonnepanelen onder alle omstandigheden gegarandeerd wordt.

5 Waterstof

5.1 Toelichting

Waterstof kan voor diverse doeleinden worden gebruikt: als energiebuffer of transportbrandstof, als grondstof voor de industrie, voor industriële proceswarmte en voor de verwarming van woningen (zie Figuur 5.1). Het is hierbij belangrijk om aan te geven dat waterstof eerst geproduceerd moet worden en dat dit energie kost, voordat het elders gebruikt kan worden om energie en elektriciteit te genereren.



Figuur 5.1 De productie en toepassingen van waterstof (bron: H₂@Scale, 2016)

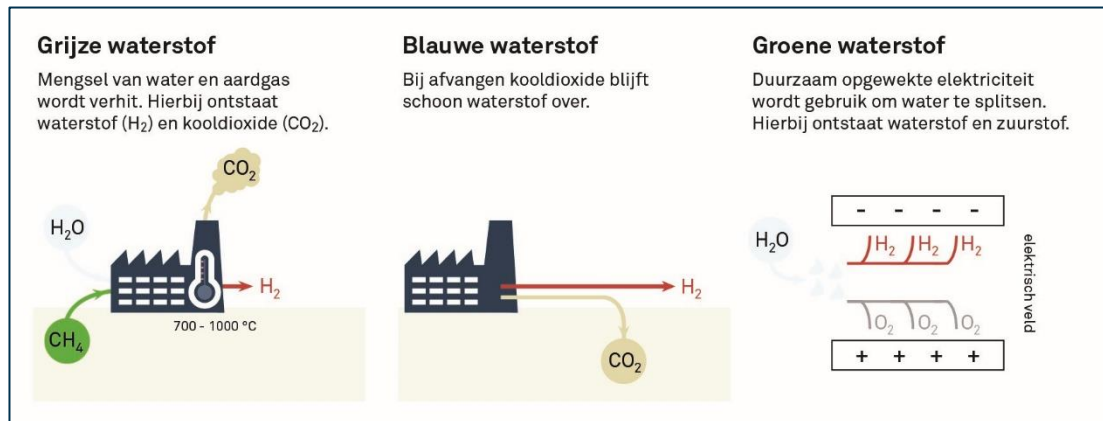
Het rapport 'Overzicht van Nederlandse waterstofinitiatieven, -plannen en -toepassingen' geeft een goed beeld van diverse ontwikkelingen op het gebied van waterstof in Nederland (TKI Gas, 2017). De grote interesse in waterstof heeft twee redenen:

1. Nederland heeft toegezegd om de uitstoot van broeikasgassen in 2030 met minstens 49 % te verminderen ten opzichte van 1990. Het belangrijkste broeikasgas is koolstofdioxide (CO₂) en Nederland richt zich vooral op het verminderen van de CO₂-uitstoot in de lucht (Klimaatberaad, 2019).
2. De 'gaskraan' in Nederland wordt vanuit veiligheidsoverwegingen langzaam maar zeker dichtgedraaid. Het kabinet heeft inmiddels besloten de gaswinning uit het Slochterenveld in 2022 geheel te beëindigen (Wiebes, 2020).

Deze redenen leiden er toe dat Nederland over moet gaan op alternatieve manieren om aan energie en elektriciteit te komen, omdat aardgas hier steeds minder voor gebruikt kan worden. In combinatie met het gegeven dat het veel goedkoper is om gas over lange afstanden te vervoeren dan elektriciteit, is er veel interesse voor waterstof – dat immers ook

een gasvormig product is – als alternatief voor aardgas. Het is dan ook niet verwonderlijk dat de Nederlandse regering de inzet van meer waterstof stimuleert (EZK, 2020).

De waterstof die de industrie momenteel produceert door aardgas te splitsen en waarbij CO₂ vrijkomt, wordt ‘grijs’ waterstof genoemd (zie ook Figuur 5.2). Het afvangen en ondergronds opslaan van dit CO₂ maakt de waterstof wat duurzamer (‘blauw’) en is een oplossing op de relatief korte termijn. Voor de lange termijn wordt gezocht naar de mogelijkheden voor ‘groene’ waterstof, waarbij waterstof gemaakt wordt met behulp van elektrolyse. Hierbij wordt water met duurzaam opgewekte elektriciteit ontleed tot zuurstof en waterstof.



Figuur 5.2 De drie ‘kleuren’ waterstof (IFV, 2019. Bewerking van een illustratie uit de Volkskrant)

In de industrie wordt gebruikgemaakt van waterstof voor verhitting en voor het produceren van ammoniak. Waterstof kan daarnaast gebruikt worden voor het genereren van elektriciteit. Dit gebeurt inmiddels al bij voertuigen die voor hun voortstuwing waterstof gebruiken dat onder hoge druk is opgeslagen (350-700 bar) in een tank. In een brandstofcel reageert waterstof met zuurstof uit de lucht, waarna er door middel van een chemische reactie elektriciteit ontstaat waarmee de elektromotor van het voertuig aangedreven kan worden. Bij deze reactie ontstaat water als bijproduct.

Een andere toepassing van waterstof is het vervangen van aardgas voor het verwarmen van huizen en gebouwen. Dit kan indirect via het voeden van warmtenetten, maar ook direct via een cv-ketel of hybride warmtepomp (TKI Nieuw gas, 2018). In Nederland wordt hier op kleine schaal mee geëxperimenteerd onder meer in Rozenburg, Delft en Hoogeveen (Rijks-overheid, 2021).

Waterstof in huis

Er is op dit moment nog geen grootschalige ervaring met waterstof in de bebouwde omgeving. In een onderzoek dat uitgevoerd is door KIWA, wordt aangegeven dat het distributienetwerk ingezet kan worden om gassen als waterstof te vervoeren, alhoewel een kwantitatieve beoordeling van de risico's en de effectiviteit van maatregelen nog ontbreekt. Voorwaarden zijn in ieder geval dat een geurstof aan waterstof wordt toegevoegd, dat bij de eindgebruiker de cv-ketel geschikt gemaakt moet worden voor waterstof en dat door de netbeheerder aanpassingen gedaan worden op het gebied van het meten en verrekenen van de geleverde hoeveelheid waterstof (KIWA, 2018).

Waterstof is het kleinste molecuul dat er is en bezit een aantal specifieke eigenschappen.

Waterstof:

- > is bij kamertemperatuur gasvormig
- > is lichter dan lucht
- > is kleurloos, smaakloos, reukloos en niet giftig
- > is licht ontvlambaar
- > ontvlamt in een groot concentratiegebied
- > brandt met een onzichtbare vlam
- > brandt met een zeer hete vlam
- > geeft bij verbranding water.

5.2 Mogelijke risico's

In vergelijking met andere brandstoffen zoals benzine, diesel of LNG en bij een standaard druk en temperatuur, zijn de volgende veiligheidsrisico's mogelijk bij het gebruik van waterstof (IFV, 2020b):

- > Kans op ontbranding en explosie vanwege de lage ontstekingsenergie en het grote ontvlambaarheidsbereik.
- > Waterstof is geurloos en brandt met een onzichtbare vlam waardoor zich ongemerkt een gevaarlijke situatie kan voordoen. Daar komt bij dat een waterstofvlam dichter genaderd kan worden, omdat waterstof een relatief lage stralingswarmte heeft.
- > Waterstof is lichter dan lucht, waardoor het zich in gesloten ruimtes kan ophopen tegen het plafond.
- > Waterstof is een zeer klein molecuul waardoor het door veel materialen heen kan diffunderen. De kans op lekkage wordt daardoor groter, bijvoorbeeld bij flenzen en lasnaden.
- > Bij gebruik van waterstof in stalen leidingen is waterstofverbrossing mogelijk. De mate van verbrossing hangt onder meer af van de wijze van drukbelasten van het staal, de temperatuur en de aanwezigheid van defecten.

5.3 Preventieve maatregelen

Belangrijke maatregelen om risico's van waterstof te voorkomen of te beperken, zijn (IFV, 2020b):

- > Het beperken van de hoeveelheid aanwezige waterstof.
- > Het toepassen van wet- en regelgeving, bijvoorbeeld PGS-documenten, normen, praktijkrichtlijnen et cetera.
- > Het monitoren van druk, debiet en de aanwezigheid van waterstof met behulp van detectoren.
- > Het aanbrengen van installatietechnische beveiligingen zoals overdrukbeveiliging en doorstroombegrenzers.
- > Het natuurlijk of mechanisch ventileren van ruimten.
- > Het vermijden of beperken van ontstekingsbronnen.
- > Het aanhouden van voldoende afstand tussen het waterstofbevattende systeem en het te beschermen object (IFV, 2020c).

Praktijkvoorbeeld Waterstof

Casus

De gemeente Nieuweweg wil een waterstoftankstation toestaan op haar grondgebied, met opslag-tanks van waterstof op het terrein. De opslag wordt gevoed door een nabijgelegen windturbine die windenergie direct omzet in waterstof. Vanaf de turbine loopt een ondergrondse buisleiding voor waterstof naar het tankstation toe. De veiligheidsregio adviseert de gemeente in het kader van deze plannen.

Inventarisatie van mogelijke veiligheidsrisico's

- > Het vrijkomen van waterstof bij het tanken van auto's, het vullen van de waterstoftank of door een onvoorzien voorval.
- > Het vrijgekomen waterstof kan zich ophopen en onder plafonds hoge concentraties bereiken.
- > Vrijgekomen waterstof kan bij ontsteking een fakkel, een wolkbrand (zonder drukeffecten) of een explosie (met drukeffecten) geven.

Mogelijke gesprekspartners:

De gemeente Nieuweweg, de exploitant van het tankstation, de omgevingsdienst, de veiligheidsregio.

Aandachtspunten met betrekking tot veiligheid

- > Bij vergunningverlening PGS 35 aanhouden.
- > Zorgen dat gas zich niet kan ophopen onder het dak van het tankstation. Ophopen kan bijvoorbeeld voorkomen worden door ventilatieopeningen in het dak van het tankstation te plaatsen.
- > Geen potentiële ontstekingsbronnen plaatsen op hooggelegen punten, omdat deze bij ophoping van waterstof voor ontsteking kunnen zorgen.
- > De opslagtank op een locatie plaatsen waar de kans op beschadigingen door aanrijding minimaal is.

6 Li-ion opslagsystemen

6.1 Toelichting

Batterijen en accu's zijn systemen die energie in de vorm van elektriciteit opslaan. Waar vroeger batterijen niet oplaadbaar waren en accu's wel, is dit onderscheid tegenwoordig voor een groot deel verdwenen. In dit hoofdstuk worden de termen accu en batterij dan ook door elkaar gebruikt. De nadruk ligt op lithium-ion accu's, omdat die systemen veruit het meest voorkomen.

Het toepassingsbereik van accu's is groot: van kleine accu's in de elektrische fiets van een particulier tot grote accu's in een buurtbatterij.⁵ Hierdoor zijn ook de verschillen tussen accu's groot, want een accu voor een fiets heeft in tegenstelling tot de accu van een elektrische auto geen grote laadsnelheid en geen groot vermogen nodig (TNO, 2019).⁶ Accu's worden gebruikt in de transportsector, om technische (hulp)middelen aan te drijven en om een bepaalde omgeving van energie te voorzien. Bij dit laatste kan gedacht worden aan een aggregaat voor een evenement, aan een thuisbatterij voor een huishouden of aan een buurtbatterij voor een straat. De locatie waar een accu staat of gebruikt wordt, kan dus sterk verschillen.

Zoals vermeld, is de meest voorkomende accu de lithium-ion accu. Deze bestaat uit Li-ion-cellen die tijdens de assemblage bij elkaar zijn gevoegd tot de gewenste spanning en vermogen bereikt zijn. De pakketten worden samengesteld in de vorm die voor de betreffende toepassing de meest gunstig is (TNO, 2019). Lithium-ion accu's worden vaak gedeeltelijk geladen (40-60%) opgeslagen en vervoerd, omdat dit de veiligheid vergroot.



Figuur 6.1 Kleine en grote lithium ion accu's (bron: Shutterstock)

Accu's kunnen de elektriciteit die ze opslaan op verschillende manieren ontvangen. De energie kan afkomstig zijn van zonnepanelen en windturbines, maar ook van het reguliere elektriciteitsnet. Accu's hoeven overigens niet nieuw te zijn; voor buurtbatterijen kunnen tweedehands autobatterijen gebruikt worden (NOS, 2018).

⁵ Een buurtbatterij is een voorbeeld van een energie opslagsysteem (EOS) waarbij grote hoeveelheden energie worden opgeslagen.

⁶ De accucapaciteit van een elektrische fiets is ongeveer 0,5 kWh, die van een Tesla zo'n 75 kWh en die van een buurtbatterij kan 500 kWh zijn.

6.2 Mogelijke risico's

De mogelijke veiligheidsrisico's bij de productie, opslag, distributie en het (her)gebruik van accu's zijn (Meijer et al, 2020):

- > Een onbeheersbare thermische ontledingsreactie ('thermal runaway')⁷ ten gevolge van kortsluiting, veroudering, overladen et cetera. Effecten hiervan kunnen zijn een toxische wolk, batterijbrand en een dampwolkexplosie. Zie ook onze [Uitlegvideo Thermal Runaway](#).
- > Een brandende accu is niet of nauwelijks te blussen vanwege de constructie en vanwege de hoge temperaturen bij een thermal runaway. Wanneer grote accu's of meerdere accu's branden, kan dit lang duren en kunnen gevaarlijke stoffen als waterstof, waterstoffluoride, lithiumoxide en zoutzuur vrij komen (Larsson et al, 2017).⁸ Enkele van deze stoffen kunnen het bluswater verzuren (Sun et al, 2020).

6.3 Preventieve maatregelen

De preventieve maatregelen zijn vooral gericht op grote systemen (EOS). Mogelijke maatregelen zijn (Meijer et al, 2020):

- > Het EOS voldoet aan de eisen zoals opgesteld in IEC 62619.
- > Het EOS moet worden geïnstalleerd door een ter zake kundige installateur.
- > Plaats de EOS niet in of nabij een vluchtweg en/of ander object.
- > Een EOS is zodanig vormgegeven dat oververhitting en/of zelfontbranding van een batterij zich beperken tot de grenzen van één batterijmodule.
- > Plaats de rookgasafvoer naar buiten, waarbij de concentratie rookgassen beneden de LEL moet blijven.

Belangrijke maatregelen voor het veilig opslaan van accu's (> 333 kg) zijn (IenW, 2020):

- > Maximaal 10.000 kg energiedragers per brandcompartiment dat een maximaal oppervlak heeft van 300 m².
- > Weerstand tegen branddoorslag en brandoverslag (WBDBO):
 - Inpandige opslag: > 60 minuten.
 - Uitpandige opslag: > 30 minuten als de afstand van de opslagvoorziening tot de inrichtingsgrens, een ander bouwwerk dat tot de inrichting behoort of andere brandbare objecten ten minste 5 meter is.
 - Niet intacte energiedragers: > 90 minuten en de aanwezigheid van een quarantaine-ruimte.
- > Geen andere (brand)gevaarlijke stoffen, werkzaamheden en laadruimte in het brandcompartiment.
- > Een vast opgesteld automatisch blussysteem.
- > Branddetectie met doormelding.
- > Een opvangvoorziening voor bluswater.
- > Een toegangsdeur in de gevel met voldoende ruimte voor hulpdiensten.

⁷ Een thermal runaway is een complexe combinatie van chemische reacties en/of kortsluitingen in de cellen van een batterij. Bij deze reacties komt warmte vrij waardoor het proces zichzelf in stand kan houden.

⁸ Per kWh komt ongeveer 0,2 kg waterstoffluoride vrij. Bij een brand met een 'powerwall' van 13,5 kWh zou 2,7 kg waterstoffluoride vrij kunnen komen en bij een brand met een buurtbatterij van 230 kWh zo'n 46 kg.

Praktijkvoorbeeld Li-ion systemen

Casus

In de gemeente Engelenbeek in het westen van het land ligt een grote evenementenhal. Op het dak van de hal liggen zonnepanelen. Wanneer er geen evenementen zijn, wordt de gewonnen energie teruggegeven aan het net.

De eigenaar van de evenementenhal wil de energie die teruggegeven wordt aan het net opslaan, zodat gedurende evenementen extra energie voorradig is. Hiervoor wil hij gebruikmaken van een opslagsysteem in de vorm van batterijen. Een bedrijf kan een dergelijk systeem leveren in de vorm van een zeecontainer waarin batterijen zijn opgeslagen. De eigenaar kan een omgevingsvergunning (bouwen) aanvragen voor het plaatsen van een dergelijke buurtbatterij. De gemeente stuurt de aanvraag door naar de veiligheidsregio voor een veiligheidsadvies. Wanneer de bouwvergunning is verleend, kan de buurtbatterij worden geplaatst op de locatie en worden aangesloten op de evenementenhal. De veiligheidsregio geeft advies over de borging van veiligheid in de vergunning.

Inventarisatie van mogelijke veiligheidsrisico's:

- > Als gevolg van een beschadiging kunnen batterijen opwarmen waardoor er een thermal runaway ontstaat. Overige batterijen kunnen meedoen in het scenario waardoor een langdurige brand ontstaat.
- > Als gevolg van de brand komen er gevaarlijke stoffen vrij zoals waterstoffluoride.
- > Bij het betreden van de container is er gevaar voor elektrocutie.
- > Bij het blussen van een brand kan knalgas (H₂) ontstaan.

Mogelijke gesprekspartners:

De gemeente Engelenbeek als vergunningverlener, netbeheerders, de leverancier van de buurtbatterij, de eigenaar of het consortium van eigenaren van de buurtbatterij.

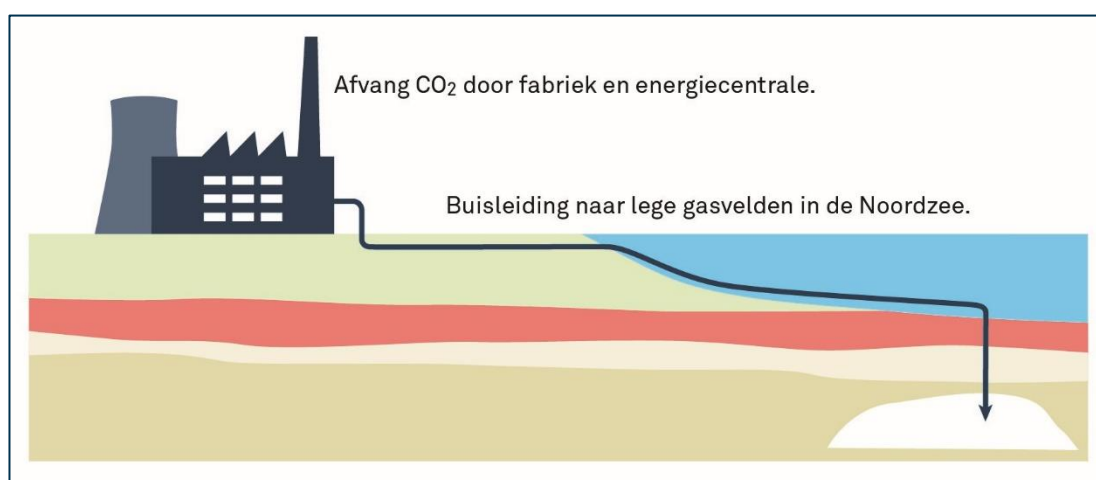
Aandachtspunten met betrekking tot veiligheid:

- > Van belang is om te kijken naar wat er in de omgeving aanwezig is. Een brand kan gedurende lange tijd woeden. Eventuele brandoverslag moet worden voorkomen. Daarnaast moet de buurtbatterij rondom bereikbaar zijn.
- > Het plaatsen van automatisch blussystemen kan een onbeheersbare brand voorkomen.
- > De eigenaar van de buurtbatterij kan zijn systeem monitoren. In geval van opwarming wordt hij gealarmeerd en kan hij op tijd maatregelen treffen.
- > Door de batterijen te compartimenteren kan uitbreiding naar andere batterijen worden voorkomen.
- > Zorg voor een afdoende bluswatervoorziening om in geval van een calamiteit voldoende water op de brandende batterijen te kunnen brengen.
- > Zorg voor bluswateropvang om vervuiling van het milieu te voorkomen.
- > Zorg voor een noodschakelaar aan de buitenzijde van de container om de installatie uit te schakelen. (N.B.: Er blijft na uitschakeling energie in de batterij zitten.)

7 Kooldioxide

7.1 Toelichting

Om aan het Klimaatakkoord van Parijs te kunnen voldoen, zet het kabinet onder andere in op afvang, transporteren en opslag van CO₂ in lege gasvelden (Carbon Capture Storage (CCS)) (IenW, 2018). Zie ook Figuur 7.1. Onderzoek heeft uitgewezen dat hergebruik van bestaande hoofdleidingen voor gastransport niet voor de hand ligt en dat uitgegaan moet worden van nieuw aan te leggen pijpleidingen (EBN, 2017; Lamboo, 2020).



Figuur 7.1 Transport en ondergrondse opslag van CO₂

In de jaren 2007 – 2010 is onderzocht in hoeverre het technisch mogelijk is CO₂ te transporteren naar een leeg aardgasveld onder Barendrecht. Het project ging uiteindelijk niet door, onder meer vanwege een gebrek aan lokaal draagvlak (ANP, 2010). Een vergelijkbaar project waarbij CO₂ via een ondergrondse buisleiding zou worden afgevoerd naar een opslaglocatie onder de Noordzee, is om financiële redenen stopgezet (RvO, 2020e). In dit project zou CO₂ afkomstig van energiecentrales, worden afgevangen en via een ondergrondse buisleiding worden afgevoerd naar een opslaglocatie onder de Noordzee.

De hernieuwde belangstelling voor het ondergronds opslaan van CO₂ heeft geleid tot de Athos- en Porthos-projecten (Athos, 2021; Porthos, 2021).⁹ In deze projecten wordt het afgevangen CO₂ van de industrie in de havens getransporteerd naar en opgeslagen in lege gasvelden onder de Noordzee (Figuur 7.2).

Naast het opslaan van CO₂ wordt ook gekeken naar het gebruik van CO₂. Dit wordt Carbon Capture Utilisation (CCU) genoemd. CO₂ zou bijvoorbeeld gebruikt kunnen worden in de glastuinbouw, in de bouw en in de industrie, zie Figuur 7.2. In het platform 'Smart grid CO₂' wordt onderzocht waar en op welke manier CO₂ het best gebruikt kan worden (Smart grid, 2018).

⁹ ATHOS staat voor 'Amsterdam-IJmuiden CO₂ Transport Hub and Offshore Storage' en is een samenwerkingsverband van Gasunie, EBN, Tata Steel en Port of Amsterdam. PORTHOS staat voor Port of Rotterdam CO₂ Transport Hub and Offshore Storage' en Porthos is een samenwerkingsverband tussen de Gasunie, EBN en het Havenbedrijf Rotterdam.



Figuur 7.2 De beoogde CO₂ smart grid

Enkele belangrijke kenmerken van CO₂ staan hieronder weergegeven (Linde, 2010). CO₂:

- > is bij kamertemperatuur gasvormig
- > vormt in bevroren toestand zogenaamd 'droog ijs'
- > wordt boven 31 °C en 73 bar 'superkritisch' en neemt daarbij eigenschappen aan die het midden houden tussen die van een gas en een vloeistof
- > is zwaarder dan lucht
- > is kleurloos, smaakloos en reukloos
- > is niet ontvlambaar
- > is bij hoge concentraties verstikkend.

7.2 Mogelijke risico's

Mogelijke risico's bij CO₂-leidingen zijn:

- > Het vrijkomen van CO₂ door graafschade.
- > Het vrijkomen van CO₂ door corrosie.
- > Menselijke blootstelling aan een hoge CO₂-concentratie (> 10 vol. %) kan leiden tot stuip trekkingen, coma en overlijden door verstikking. In kleine hoeveelheden en lage concentraties levert gasvormig CO₂ geen gevaar op voor de veiligheid en gezondheid (Permentier, 2017).
- > Ophoping van CO₂ in kelders of kruipruimtes kan leiden tot verstikking.

Incidenten met CO₂:

- > 1986 Nyosmeer Kameroen: ruim 1700 mensen kwamen om toen 's nachts een enorme CO₂-bel vrijkwam uit een kratermeer.
- > 2008 Mönchengladbach: 17 mensen moesten in het ziekenhuis worden opgenomen (FAZ, 2008) en tankautospuiten vielen uit door gebrek aan zuurstof. Brandweermensen stapten uit zonder adembescherming.

7.3 Preventieve maatregelen

Mogelijke maatregelen om een ongewenste uitstroom van CO₂ uit leidingen te voorkomen, zijn:

- > Graafschade voorkomen (RIVM, 2021) door:
 - het doen van een KLIC-melding.¹⁰ Dit is een melding die grondroerders verplicht moeten doen wanneer zij ergens gaan graven. Zij ontvangen dan informatie over de leidingen en kabels die op de betreffende plek in de grond liggen.
 - het plaatsen van waarschuwinglint en beschermplaten.
 - het afsluiten van een beheerovereenkomst tussen leidingbeheerder en grondeigenaar.
 - het plaatsen van een hekwerk langs (delen van) de leiding.
 - het ophogen van de hoeveelheid grond boven een bestaande leiding of het dieper leggen van een nieuwe leiding.
 - strikte begeleiding van graafwerkzaamheden.
 - cameratoezicht.
- > Corrosie voorkomen (Koorneef, 2010) door:
 - de aanwezigheid van vocht in de leiding voorkomen, bijvoorbeeld via in-line inspectie (ILI).
 - de aanwezigheid van onzuiverheden in CO₂ te voorkomen.

Praktijkvoorbeeld CO₂ door buisleidingen

Casus

De provincie Groen-Holland kent zowel een groot kassengebied als een groot industriegebied. In het kader van duurzaamheid wil de provincie in haar omgevingsverordening opnemen dat telers en tuinders in het kassengebied gebruik moeten gaan maken van het CO₂ dat door de industrie wordt geproduceerd. CO₂ kan volgens de provincie veilig via bestaande aardgasleidingen vervoerd worden, maar her en der moeten wel aftakkingen naar de kassen aangelegd worden. De aardgasleiding in kwestie heeft een lengte van 30 kilometer, een druk van 8 bar en doorkruist meerdere gemeenten in de provincie. De provincie is in overleg met de gemeenten die op hun beurt de veiligheidsregio om advies vragen.

Inventarisatie van mogelijke veiligheidsrisico's

- > Het vrijkomen van CO₂ kan onopgemerkt blijven, omdat CO₂ kleur- en geurloos is.
- > Wanneer CO₂ bij relatief lage druk vrijkomt, gedraagt de verspreiding zich anders dan bij hoge druk. Bij lage druk zullen de uitstroomsnelheid en de opmenging met de buitenlucht minder groot zijn, waardoor CO₂-concentraties dicht bij de bron en laag bij de grond gevaarlijk hoog kunnen zijn. Dit geldt met name voor besloten ruimtes, kelders en kruipruimtes.
- > Wanneer zeer grote hoeveelheden CO₂ vrij zijn gekomen, kunnen hulpverleningsvoertuigen de incidentlocatie mogelijk niet naderen, omdat motoren uitvallen bij gebrek aan zuurstof.

¹⁰ KLIC staat voor Kabels en Leidingen Informatiecentrum.

Mogelijke gesprekspartners

Verschillende betrokken gemeenten, de provincie, CO₂-producenten, leidingeigenaren, kaseigenaren, omgevingsdiensten.

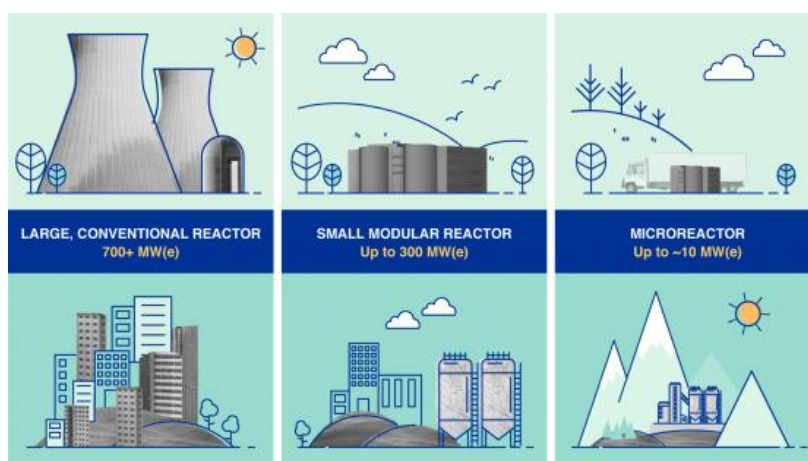
Aandachtspunten met betrekking tot veiligheid

- > Nadenken of de aan te leggen leidingen naar de kassen bovengronds of ondergronds moeten komen te liggen. Bovengrondse leidingen zijn duidelijk zichtbaar en gemakkelijker te inspecteren, maar liggen relatief onbeschermd. Ondergrondse leidingen daarentegen zijn niet zichtbaar en kunnen door graafschade beschadigd raken. Daarnaast is het inspecteren van de ondergronds gelegen leidingen lastiger. Bij aanleg van ondergrondse leidingen kunnen diverse maatregelen worden getroffen om de kans op graafschade te beperken.
- > Met de eigenaren van de kassen, de eigenaren van de leidingen en met de betreffende gemeenten moeten (proces)afspraken worden gemaakt over taken, bevoegdheden en verantwoordelijkheden op het gebied van aanleg, onderhoud, graafwerkzaamheden en andere activiteiten nabij de leidingen.
- > Het ontwikkelen van een aanvalsplan om een incident met een CO₂-leiding te kunnen handelen.
- > Om de toevoer te stoppen, moet de meldkamer contact opnemen met het KLIC-meldpunt om te achterhalen wie de leidingeigenaar is.
- > Het hebben van een strategie voor de risicocommunicatie in geval van het vrijkomen van gevaarlijke stoffen.

8 Small Modular Reactors

8.1 Toelichting

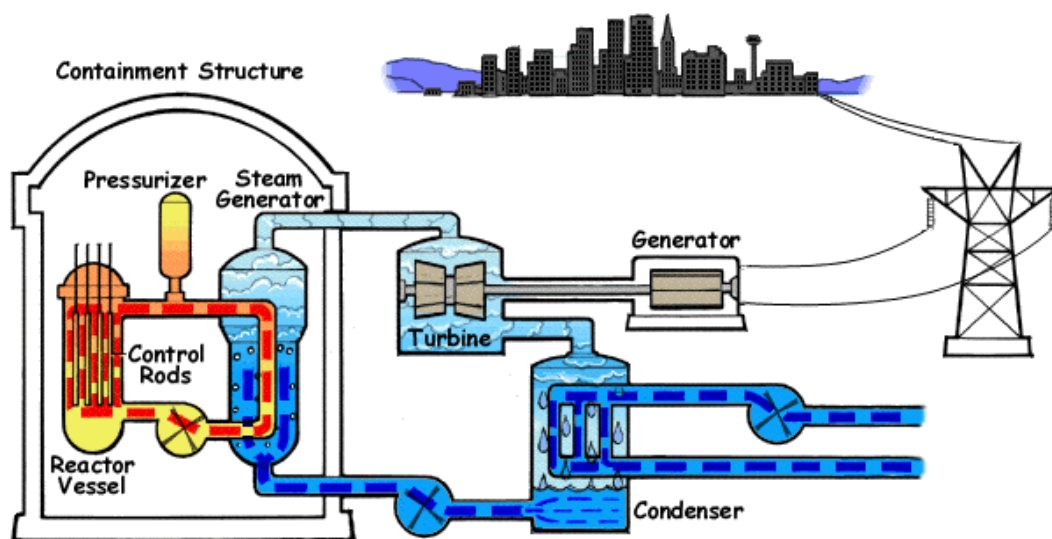
Small Modular Reactors (SMR's) zijn kernreactoren van een kleiner formaat dan de huidige kernreactoren. Alhoewel er nog geen formele definitie voor SMR's bestaat, hanteert het Internationaal Atoomgenootschap de term SMR's voor kernreactoren met een elektrisch vermogen tot 300 MW_e.¹¹ Conventionele kernreactoren kunnen daarentegen een elektrisch vermogen tot 1750 MW_e hebben. Die van Borssele heeft een vermogen van 485 MW_e. Wereldwijd zijn er een kleine honderd ontwerpen van meerdere fabrikanten in ontwikkeling voor SMR's. Hierin bestaat een grote variatie in vermogen en technologie. Sommige SMR's zijn eigenlijk meer middelgrote kernreactoren (Figuur 8.1). Een belangrijke innovatie is dat men tracht de bouwtijd op locatie te verkorten door de kernreactor in modules in fabrieken te produceren en vervolgens op locatie in elkaar te zetten (ANVS a, z.d.; IAEA, z.d.; Pistner et al. 2021).



Figuur 8.1 Impressie Small Modular Reactors (bron: IAEA)

De eerste SMR's zullen gebaseerd zijn op de technieken en werkingsprincipes die ook worden toegepast in de huidige kernreactoren. Dat wil zeggen dat ze dezelfde koelstof, splijtstof en techniek gebruiken, maar dan in een kleinere kerncentrale. De splijtstof (grondstof voor de opwekking van kernenergie) bij de huidige kerncentrales is uranium, en de reactortypen zijn zogeheten drukwater- en kokend waterreactoren. In drukwaterreactoren wordt de energie (hitte) met kernreactors opgewekt in het reactorvat (Figuur 8.2). Met deze hitte wordt indirect stoom gegenereerd die wordt opgeslagen, waardoor water en stoom niet kunnen mengen en het vrijkomen van radioactiviteit wordt beperkt. Met stoomturbines kan vervolgens elektriciteit worden opgewekt. Het verschil met een kokend waterreactor is dat in deze reactor de stoom direct wordt geproduceerd door het koken van water. De verdere principes zijn gelijk (WNA, 2015).

¹¹ MW_e is een eenheid uit de kernreactortechniek en drukt de totale vermogensuitvoer uit in termen van elektrisch vermogen naar het stroomnet, waarin het rendement van de reactor is verwerkt. Het daadwerkelijke vermogen van de kernreacties is namelijk altijd hoger.



Figuur 8.2 Werking drukwaterkernreactor

Kernreactoren met volledig nieuwe werkingsprincipes zullen pas over tientallen jaren werkelijkheid worden. Een aantal voorbeelden hiervan zijn: kernreactortypen die gebruikmaken van gesmolten zout, natrium gekoelde, gasgekoelde en lood gekoelde kernreactoren (ANVS a, z.d.; Pistner et al. 2021).

De Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming (ANVS) houdt in Nederland toezicht op de veiligheid van kernreactoren. Navraag leert dat de veiligheidseisen waaraan kernreactoren moeten voldoen, vastgelegd zijn in onder meer de Wet Kernenergie. Voor deze wet zijn alle kernreactoren gelijk, en zodoende moeten SMR's aan dezelfde (strengere) veiligheidseisen voldoen als de huidige kerncentrales. Als gevolg hiervan is het op dit moment voor initiatiefnemers eigenlijk niet zo interessant om SMR's in Nederland te plaatsen. Tot op heden is er dan ook nog geen vergunning voor aangevraagd. Als de ANVS een volledig correcte aanvraag krijgt, gebaseerd op een reeds bekende technologie, dan kan de bouw pas op zijn vroegst na drie jaar beginnen.

In veel andere landen is overigens eenzelfde beeld te zien. Er wordt dan ook geschreven dat dit mogelijk de introductie van SMR's zal vertragen (Pistner et al., 2021). In China en Rusland zijn daarentegen al prototypen SMR's gebouwd. Op termijn wordt verwacht dat initiatiefnemers het debat in Nederland zullen openen over de mogelijkheden voor het ontwikkelen van nieuwe wetgeving voor SMR's. Dit kan bijvoorbeeld een gradatiesysteem van kernreactoren zijn dat gerelateerd is aan het vermogen van de kernreactor, waardoor kleine reactoren voor bepaalde maatregelen worden vrijgesteld. Mocht er nieuwe regelgeving komen, dan zal naar alle waarschijnlijkheid vanuit de autoriteiten worden verwacht (en geëist) dat SMR's ten minste hetzelfde veiligheidsniveau behalen als dat van de huidige kernreactoren (IAEA, z.d.; Pistner et al. 2021; Gordon, z.d.).

8.2 Mogelijke risico's

Bij de eerste generaties SMR's zullen dezelfde incidentscenario's van toepassing zijn als bij de huidige kernreactoren. Het zijn immers in zekere zin kleinere varianten van huidige

kerncentrales. Bij kernreactoren is het risico voor de omgeving het vrijkomen van radioactieve straling door beschadiging van splijtstofmateriaal door onvoldoende koeling. Afhankelijk van de weersomstandigheden kan vrijgekomen straling zich ver verspreiden (ANVS b, z.d.). De omvang van de effecten hiervan zijn gekoppeld aan het vermogen; hierdoor hiervan zullen de gevolgen bij kleinere reactoren kleiner zijn dan bij conventionele, grotere reactoren (ANVS a, z.d.; Pistner et al. 2021).

Het ontwerp van de kernreactor is erop gericht om de kans op het vrijkomen van radioactieve straling te voorkomen. (ANVS b, z.d.) In de kern van een kerncentrale zit extreem radioactief materiaal ingesloten in meerdere barrières. Natuurkundig gezien is elke barrière echter altijd een 'beetje' lek. Er komt zodoende altijd een minimale hoeveelheid radioactieve straling vrij, maar deze hoeveelheid is onschadelijk. Daarnaast is radioactiviteit uiterst nauwkeurig te meten. Verder geldt dat hoe vluchtiger een stof is, des te makkelijker deze door een barrière komt. Hierdoor komt radioactief waterstof, een vluchtige stof, in de koelvloeistof terecht, waardoor koelvloeistof altijd licht radioactief is.

De gevolgen van blootstelling aan straling is afhankelijk van de concentratie en kan variëren van roodheid van de huid, brandblaren, het ontstaan van kanker tot aan de dood (IFV, 2021). Voor meer informatie over stralingsincidenten en radiologische blootstelling, raadpleeg onze [handreiking Stralingsincidenten](#):

Effecten als brand en explosies zijn voor de omgevingsveiligheid niet echt aan de orde bij kernreactoren. Brandscenario's zijn namelijk al standaard in het ontwerp van de kernreactoren meegenomen en de kernreactoren zijn er zo op ingericht dat ze voldoende barrières hebben om deze incidenten zonder ernstige gevolgen voor de omgeving te doorstaan. Verder moet de beheerder zelf in staat zijn met dergelijke incidenten om te gaan. Hiervoor bestaat een eigen bedrijfsbrandweer of zijn afspraken gemaakt met de regionale brandweer. Navraag leert dat met de veiligheidsregio altijd is afgestemd wat te doen bij een incident. Daarbovenop heeft de ANVS te allen tijde twaalf werknemers op piketdienst.

In Nederland wordt bij de bouw en vergunningsaanvraag van kernreactoren gekeken naar de radiologische gevolgen. Deze zijn, naast de grootte van de reactor, ook afhankelijk van de bevolkingsdichtheid van het omringende gebied. Worst-case scenario's waarbij alles misgaat in een kernreactor en de bijbehorende hoeveelheid radioactieve stoffen die wordt verspreid, vormen het uitgangspunt bij het vaststellen van de radiologische gevolgen. De totale radiologische gevolgen moeten binnen een bepaalde waarde blijven. In een vergunningverlening wordt dus altijd bevolkingsdichtheid meegewogen.

Wettelijk gezien is het toegestaan om kleinere kernreactoren in dichtbevolkte gebieden te plaatsen.¹² Voor kleinere SMR's zijn daarom meer plekken geschikt. Het lijkt vooralsnog echter onwaarschijnlijk dat SMR's in stadskernen worden geplaatst, maar te denken valt aan SMR's in bijvoorbeeld industrieclusters.

8.3 Preventieve maatregelen

Er zijn drie punten van belang voor de veiligheid van SMR's waarvoor maatregelen worden genomen:

¹² Voor de bouw van twee grote kernreactoren zijn op dit moment in Nederland enkele potentiële gebieden aangewezen.

- > de opslag van radioactieve materialen
- > beheersing van de reactiviteit
- > koeling.

Positieve ontwikkelingen van SMR's voor de veiligheid zijn dat een kleinere hoeveelheid radioactief materiaal per reactor aanwezig is en dat nieuwe veiligheidssystemen in ontwikkeling zijn. Een voorbeeld van zo'n ontwikkeling is 'passieve koeling'. Het vermogen van een SMR is lager en daardoor is permanente actieve koeling (wat ingewikkelder in elkaar zit) niet nodig zoals dat wel het geval is bij de huidige kernreactoren.

Voorbeeld: BMRX-300

De BWRX-300 heeft een vermogen van 300 MW_e en is daarmee een relatief grote Small Modular Reactor in een verder stadium van ontwikkeling. In de figuur hieronder zijn de grootte van BWRX-300 in verhouding tot een huidig formaat kernreactor weergegeven. Qua grootte lijkt een SMR meer op een middelgrote kerncentrale. In Darlington, Canada is inmiddels een bouwvergunning aangevraagd om dit type SMR te realiseren. Volgens de huidige planning kan deze in 2029 in gebruik worden genomen (WNN, 2022). Verder zijn voor onder meer andere locaties in Zweden en Estland intentieverklaringen getekend om dit type SMR in het decennium 2030 te realiseren (WNN, 2022b; WNN, 2023).



Figuur 8.3 Ontwerp van de BWRX-300, een grote SMR, in verhouding tot de Olkiluoto 3, een conventionele kernreactor met een vermogen van 1600 MW_e (bron: ANVS)

9 Ammoniak

9.1 Toelichting

Ammoniak (NH_3) is een van de meest gebruikte chemicaliën. Er wordt wereldwijd 200 miljoen ton ammoniak geproduceerd, waarvoor ongeveer 80 % bestemd is voor kunstmest en landbouwproducten, 18 % voor de industrie en 2 % als koelvloeistof in koelsystemen (Lloyd's Register, 2020). Het gebruik van ammoniak als drager voor waterstof en als brandstof is echter relatief nieuw.

Ammoniak wordt in de procesindustrie gemaakt van waterstof en stikstof door deze gassen onder hoge druk te laten reageren ($3\text{H}_2 + 2\text{N} \rightarrow 2\text{NH}_3$). Ammoniak kan vervolgens als vloeistof worden vervoerd per tankwagen, schip of trein (Figuur 9.1). Dit kan gekoeld of onder druk. Ammoniak kan in principe net als gecompriemd waterstof ook per buisleiding worden vervoerd, maar dit wordt momenteel nog weinig gedaan. Gezien het feit dat de energiedichtheid van ammoniak lager is in vergelijking met conventionele brandstoffen, kan een hogere tankfrequentie benodigd zijn. Het kan wellicht wenselijk zijn om een tussenopslag te hebben op de verbruikerslocatie.



Figuur 9.1 Transportvormen van ammoniak (bron: Berenschot, Arcadis & TNO, 2023)

Ammoniak als drager van waterstof

Er is veel belangstelling om (vloeibaar) ammoniak als drager te gebruiken voor waterstof ten behoeve van waterstofbrandstofcellen. Hoewel waterstof toepasbaar is als brandstof in verbrandingsmotoren, brandstofcellen en gasturbines, kleven er nadelen aan het transport ervan. Grote hoeveelheden gasvormig waterstof vervoeren is namelijk onpraktisch door de benodigde hoge druk en voor vloeibaar waterstof is een opslagtemperatuur van -253 °C vereist. In vergelijking met puur waterstof zijn voor ammoniak lagere drukken (8-10 bar) of temperaturen (-33 °C) nodig om het te vervoeren en op te slaan (Demaco, z.d.), maar ammoniak is wel giftig: bij 10 minuten blootstelling is de Voorlichtingsrichtwaarde (VRW) 21 mg/m^3 . De Alarmeringsgrenswaarde (AGW) is 200 mg/m^3 , waarbij tranende ogen op kunnen treden. Bij hogere concentraties kunnen oogschade en bronchospasmen (verkramping van spieren rond de luchtpijp) plaatsvinden. De Levensbedreigende waarde (LBW) is 1900 mg/m^3 , wat na 30 minuten fataal kan zijn (Lloyd's Register, 2020; RIVM, z.d.).

Ammoniak kan als drager voor waterstof fungeren, omdat bij het 'kraken' van ammoniak waterstof en stikstof vrijkomen. Dit wordt gedaan op de locatie of in de buurt van de plek waar waterstof nodig is. Het stikstof dat vrijkomt is niet giftig en wordt vrijgelaten.

Ammoniak als brandstof

Het gebruik van ammoniak voor de voortstuwing van zeeschepen is in ontwikkeling. Dit kan in de vorm van verbrandingsmotoren en in de vorm van brandstofcellen. Het gebruik van ammoniak belast het milieu in principe niet, mits het gemaakt is uit groene waterstof. Schepen op ammoniak produceren daarnaast minder geluid. Er zijn wel forse uitdagingen om ammoniak als brandstof toe te passen. De brandstofcellen zijn namelijk groot en zwaar en de lage reactiviteit van ammoniak bemoeilijkt de toepassing in een verbrandingsmotor. Een oplossing hiervoor kan zijn om een kleine hoeveelheid waterstof te injecteren (Lloyd's Register, 2020).

9.2 Mogelijke risico's

Bij ammoniak vormt de toxiciteit het primaire veiligheidsrisico. Ammoniaklekkages kunnen namelijk leiden tot gezondheidsschade en ongemak, waarbij in soms medische behandeling nodig is. Ammoniak heeft een kenmerkende geur en wordt al bij zeer lage concentraties waargenomen. Dit is gunstig voor de veiligheid, omdat mensen zo tijdig gealarmeerd kunnen worden en kunnen vluchten. In hogere concentraties wordt de geur ondragelijk. Hierdoor komen fatale ongelukken in het algemeen alleen voor bij zeer grote lekkages en gevallen waarin geen vluchtmogelijkheid bestaat (Lloyd's Register, 2020).

Door de lagere brandbaarheid en reactiviteit van ammoniak komt een wolkbrand of ammoniakbrand weinig tot zelden voor (Lloyd's Register, 2020). Zo is de benodigde ontstekingsenergie (680 mJ) van ammoniak bijvoorbeeld meer dan 2000 keer hoger dan die van methaan. Een explosie (detonatie) van ammoniak komt niet voor. Er komen wel explosies voor rondom locaties waar met ammoniak wordt gewerkt, maar deze werden dan in het algemeen veroorzaakt door waterstof of ammoniumnitraat (een product uit ammoniak).

Het risico op een BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion) wordt zeer beperkt geacht (Lloyd's Register, 2020). Een BLEVE bij ammoniak kan namelijk pas plaatsvinden boven de 90 graden Celsius, de Reid Superheat Limit, en deze temperatuur ligt een stuk hoger dan de opslagtemperaturen (-33 °C). Wel dient er rekening mee te worden gehouden dat het scheuren van een ammoniaktank onder druk bij 25 °C catastrofale gevolgen kan hebben, omdat ammoniak bij verdamping 700 keer uitzet. Dit is afhankelijk van de hoeveelheid ammoniak die opgeslagen is en de omgeving waarin het scheuren van de tank gebeurt.

Ongeval met ammoniaktruck in Houston, 1976

Het instantaan falen van een tank en vrijkomen van grote hoeveelheden ammoniak kan tot ernstige gevolgen leiden. In 1976 crashte een ammoniaktruck op een viaduct in Houston en viel te pletter op de snelweg eronder (Figuur 9.2). Bij dit ongeluk kwam de volledige inhoud, ruim 28 duizend liter, van de truck instantaan vrij. Tweehonderd mensen raakten gewond en zeven mensen overleden als gevolg van de grote ammoniakwolken (ABC13, 2021).



Figuur 9.2 Ongeluk met ammoniaktruck in Houston

9.3 Preventieve maatregelen

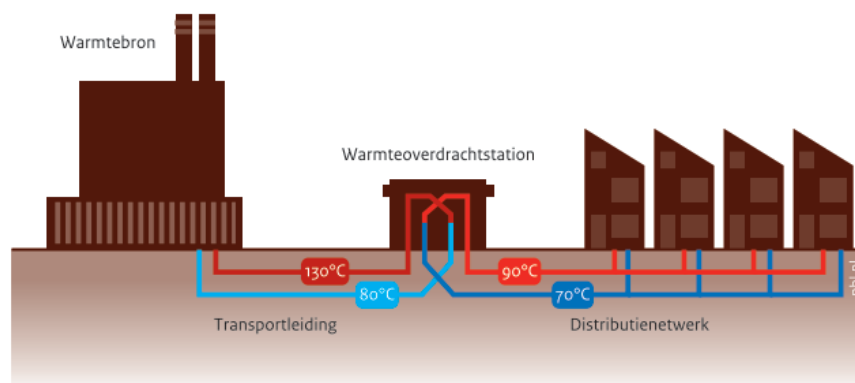
Aangezien ammoniak wereldwijd een van de meest gebruikte chemicaliën is, bestaan er al uitgebreide richtlijnen voor transport en opslag. Voor alle gevaarlijke stoffen geldt dat voorkomen moet worden dat ze vrijkomen. Dat kan op diverse manieren ingestoken worden. Voldoen aan wet- en regelgeving geeft een minimum veiligheidsniveau.

- > De richtlijnen en preventieve maatregelen voor transport staan onder meer beschreven in de *Europese overeenkomst voor het internationale vervoer van gevaarlijke goederen over de weg* (ADR), het *Vervoer over het spoor* (RID) en in de *Europese overeenkomst voor het vervoer van gevaarlijke stoffen over de binnenwateren* (ADN).
- > Voor opslag en verlading zijn maatregelen in PGS-12 vermeld.
- > Verder moet bij het reinigen van ammoniaktanks en -opslagen een zorgvuldig protocol worden gevolgd (CCNR, 2013).

10 Warmte(distributie)netten

10.1 Toelichting

In oktober 2023 worden circa 450.000 woningen in Nederland door warmtenetten van warmte voorzien.¹³ Met name in stedelijke gebieden, en dan vooral in oude wijken waar elektrificatie moeizaam is, wordt verwarming via deze netten gezien als een duurzaam alternatief voor verwarming via aardgas. Warmtenetten verspreiden centraal opgewekte warmte over aangesloten woningen via een leidingstelsel dat heet water transporteert van een warmtebron tot de woningen waar de warmte wordt afgegeven. Het afgekoelde water wordt daarna terug vervoerd naar de warmtebron, waarna deze cyclus wordt herhaald.



Figuur 10.1 Een visuele weergave van een warmtenet. De daadwerkelijke temperaturen kunnen afwijken (bron: Planbureau voor de Leefomgeving, 2017)

Er zijn diverse warmtebronnen mogelijk. Enkele voorbeelden zijn restwarmte uit industriële gebieden en afvalverbranders, aardwarmte, warmte uit oppervlaktewater of warmte opgewekt via (elektrische) boilers (Planbureau voor de Leefomgeving, 2017). De opgewekte warmte kan ook ondergronds worden opgeslagen in een systeem van Warmte-Koude-Opslag (WKO). De risico's die in dit rapport worden omschreven voor warmtenetten, gelden ook voor de leidingen in een WKO-installatie.

Men spreekt van verschillende soorten of generaties warmtenetten.¹⁴ Hoe nieuwer het warmtenet, hoe lager de temperatuur van het net en hoe efficiënter het systeem. Er wordt onderscheid gemaakt tussen:

- > Hoge-temperatuurwarmtenet (HT-net). Dit kent een aanvoertemperatuur van meer dan 75 °C en kan bijvoorbeeld worden gebruikt voor de verwarming van slecht geïsoleerde huizen. Naast fossiele bronnen kunnen deze netten ook worden gevoed door restwarmte of aardwarmte.
- > Middentemperatuurwarmtenet (MT-net). Dit heeft een aanvoertemperatuur van 50-55 °C, kent minder energieverlies dan een HT-net en heeft dus een hogere efficiëntie. Daartegenover staat dat een huis goed moet zijn geïsoleerd. MT-netten kunnen, naast

¹³ <https://natuurenmilieu.nl/themas/duurzaam-wonen/warmtenet/warmtenetten/>, augustus 2023.

¹⁴ <https://www.milieucentraal.nl/energie-besparen/aardgasvrij-wonen/warmtenet-zonder-aardgas/>.

fossiele bronnen, restwarmte of aardwarmte, ook worden gevoed door warmtepompen in combinatie met bodemwarmte of aquathermie.

- > (Zeer)-lagetemperatuurwarmtenet (LT-net / ZLT-net). LT-netten en ZLT-netten kennen een aanvoertemperatuur van respectievelijk 30 - 55 °C en 10 - 30 °C . Deze netten zijn alleen geschikt om zeer goed geïsoleerde woningen te verwarmen. De besproken warmtebronnen bij een HT-net en een MT-net zijn ook hier van toepassing. Wel heeft een (Z)LT-net een naverwarmer nodig om warm water extra te verwarmen tot minstens 55 °C voor toepassingen in de keuken en de badkamer. Deze verwarming is noodzakelijk om besmetting met legionella te voorkomen.



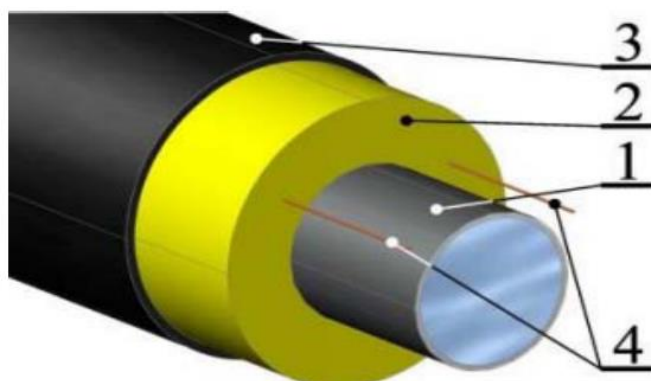
Figuur 10.2 Hogedruk warmtetransportleidingen (bron: WarmtelinQ, 2023)

Warmtenetten bestaan uit een vijftal componenten. Het eerste is de installatie die nodig is om de warmte van de warmtebron over te dragen naar het transportnet. Het tweede is het transportnet. Dit bestaat uit de warmteleidingen tussen de warmtebron en de verschillende warmteoverdrachtsstations. Deze warmteleidingen zijn parallel uitgevoerd, en transporteren zowel warm of heet water heen, als afgekoeld water terug. Het derde component zijn de warmteoverdrachtsstations die de warmte overbrengen van het transportnet naar het distributienet. Het vierde component is het distributienet. Dit distributienet, dat net als het transportnet parallel is uitgevoerd, kent doorgaans lagere temperaturen dan het transportnet. Figuur 10.1 geeft een visuele weergave van het transportnet, warmteoverdrachtstation en distributienet; Figuur 10.2 laat een hogedruk warmtetransportleiding zien. Het vijfde en laatste component is de binneninstallatie. Deze staat afgebeeld op Figuur 10.3. De binneninstallatie behelst het gedeelte van de warmtevoorziening binnen de perceelgrens. De binneninstallatie bestaat uit een klein deel distributienet en aansluitleiding, een warmtewisselaar om de warmte naar het lokale systeem af te voeren, en ten slotte radiatoren of een ander systeem voor warmteafgifte (Planbureau voor de Leefomgeving, 2017; Royal Haskoning DHV, 2016).



Figuur 10.3 Een warmte-afleverset voor binnenshuis (bron: Royal Haskoning DHV, 2016)

Warmtenetten, zowel transport- als distributieleidingen, bestaan uit een viertal hoofdcomponenten. Figuur 10.4 laat deze zien; 1 is de stalen buisleiding, 2 is de isolatielaag die bijvoorbeeld bestaat uit polyurethaan, 3 is de beschermende mantel die bijvoorbeeld bestaat uit polyethyleen of staal, en 4 zijn koperen draden die als lekdetectiemechanisme worden gebruikt.



Figuur 10.4 Typisch ontwerp van een warmteleiding (bron: Royal Haskoning DHV, 2020)

10.2 Mogelijke risico's

De meest grote effecten bij een incident met warmtenetten zijn te verwachten bij een lekkage of breuk van de leiding. Veelvoorkomende oorzaken van lekkage of een leidingbreuk zijn graafwerkzaamheden, onderhoudswerkzaamheden, corrosie, en natuurlijke oorzaken zoals aardbevingen (Royal Haskoning DHV, 2020). Afhankelijk van de temperatuur en de druk van de leiding kan er een ongecontroleerde uitstroom van (heet) water of stoom ontstaan.

Mogelijke effecten

De grootste effecten vinden plaats bij het ontsnappen onder hoge druk van warmte met een hoge temperatuur. Onderzoek van Royal Haskoning DHV stelt dat verstikking niet tot een realistisch effect gerekend dient te worden, omdat het aannemelijk is dat mensen die zich in een effectgebied bevinden daaruit kunnen wegvluchten. Hetzelfde onderzoek geeft aan dat er bij hoge druk (25 bar) en hoge temperatuur (120 °C) wel sprake kan zijn van een groot risico op verbranding. Mogelijke effecten variëren van lichte tot zware brandwonden met fatale afloop (Royal Haskoning DHV, 2020). Verstikkings- en verbrandingsgevaar zijn niet of nauwelijks aan de orde bij recente warmtenetten.

Consultatie bij twee veiligheidsregio's bevestigt dat er geen zorgen bestaan over fysiek letsel door mogelijke incidenten bij MT-warmtenetten (50 °C) of netten met een lagere temperatuur (VNOG, VrAA). Ook bij hogere temperaturen is het aannemelijk dat mensen in de directe nabijheid van het incident tijdig kunnen vluchten.

Het falen van een warmtenet kan wel grote gevolgen hebben. Zo was er in 2005 een groot incident in Rotterdam, waarbij 2,5 miljoen liter heet water vrijkwam. Dergelijke incidenten kunnen leiden tot domino-effecten en andere activiteiten verstoren. Bij het vrijkomen van grote hoeveelheden water bestaat er bijvoorbeeld ook een kans op het ontstaan van een zinkgat.

10.3 Preventieve maatregelen

Warmtenetten worden opgenomen in het leidingregister. Op de manier worden ze zichtbaar bij KLIC-meldingen, en is de locatie duidelijk voor personen die graafwerkzaamheden verrichten. Dit moet graafschade voorkomen.

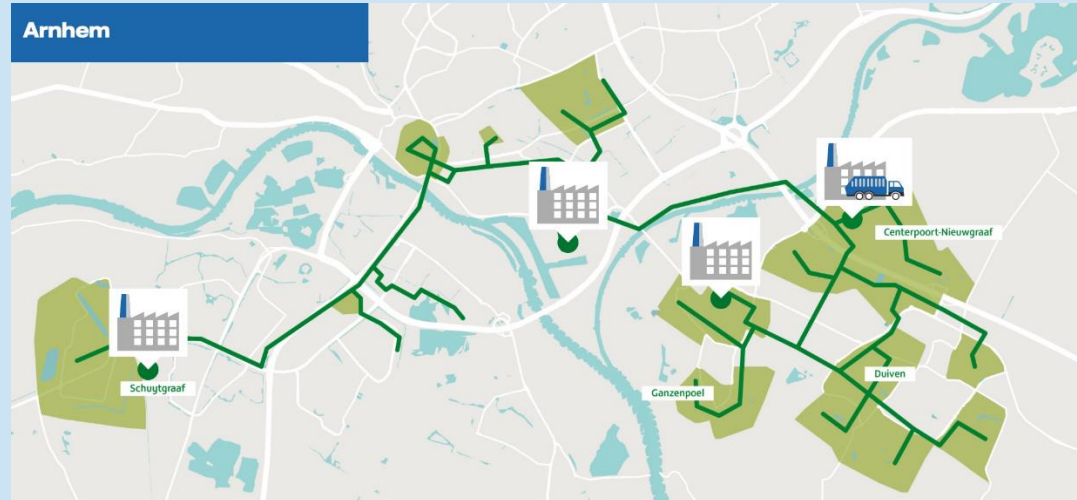
Warmteleidingen zijn voorzien van een koperen lekdetectiesysteem in de isolatielaag (zie ook figuur 3.2). Deze koperen draden staan onder constante spanning. De spanning wordt gemonitord door de beheerder van het warmtenet. Wanneer er een lekkage optreedt in de leidingmantel, wordt de koperen draad aangetast, met een spanningsverschil tot gevolg. Het spanningsverschil leidt tot alarm en vroege lekdetectie.

Het lokaal bevoegd gezag kan ervoor kiezen om een belemmeringsstrook rondom warmtenetten te hanteren. In deze strook zou dan geen gebiedsontwikkeling plaats kunnen vinden. Water wordt niet gezien als een gevaarlijke stof, en hoeft dus officieel niet te voldoen aan een PR-contour. Toch heeft bijvoorbeeld WarmtelinQ gekozen voor een belemmeringsstrook van 5 meter aan weerszijden van het hogedrukdeel van het warmtenet (VNOG).

Voorbeeld: Warmtenet Arnhem, Duiven en Westervoort

In Arnhem, Duiven en Westervoort zijn woningen verspreid over meerdere wijken aangesloten op een warmtenet en daarmee voorzien van stadsverwarming (Figuur 10.5). De warmte wordt hoofdzakelijk geleverd door de afvalenergiecentrale in Duiven en op piekmomenten aangevuld door zogeheten hulpwarmtebronnen (piekketels op aardgas). Aan het warmtenet is recentelijk een biomassa-centrale aangesloten. In 2020 is het net uitgebreid met nieuwe aansluitingen van woningen in de Arnhemse nieuwbouwwijk Schuytgraaf. De gemeente, exploitant en andere stakeholders hebben de

ambitie om in de komende jaren het warmtenet fors uit te breiden. Met betrekking tot toekomstige uitbreiding bestaan volgens de exploitant verschillende innovaties. Voorbeelden hiervan zijn het toevoegen van bufferopslagen om overtollige warmte op te slaan, warmtewinning uit geo- of aquathermie (Vattenfall, z.d.; Berenschot z.d.; Warmtenetwerk, z.d.). Daarnaast is de ambitie om rond 2040 alle piekketels op aardgas van een nieuwe duurzame brandstof te voorzien.



Figuur 10.5 Warmtenet Arnhem, Duiven en Westervoort (bron: Warmtenetwerk, z.d.)

Referenties

Inleiding

- > Nederlands Instituut Publieke Veiligheid (NIPV, 2023a). [Veilige energietransitie - Nederlands Instituut Publieke Veiligheid \(nipv.nl\)](#).
- > Hoge Raad der Nederlanden (Hoge Raad, 2019). [Staat moet uitstoot broeikasgassen met 25% verminderen vóór eind 2020 - Hoge Raad](#).
- > Ministerie van Economische Zaken (EZK, 2016). [Kamerstuk 31239, nr. 211](#).
- > Nationale Omgevingsvisie (NOVI, 2020). [De nationale omgevingsvisie - Duurzaam perspectief voor onze leefomgeving](#). Den Haag: Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties.

Geothermie

- > CE Delft (2019). [Functioneel ontwerp LT-warmtenetten gebouwde omgeving](#). Delft: CE Delft.
- > Federaal agentschap voor nucleaire controle (FANC, 2017). [Geothermie](#).
- > Geothermie Nederland (2020). [Wat is geothermie?](#)
- > Nederlands Instituut Publieke Veiligheid (NIPV, 2023b). [Geothermie - Nederlands Instituut Publieke Veiligheid \(nipv.nl\)](#).
- > Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RvO, 2020a). [Bodemenergie en aardwarmte \(geothermie\)](#).
- > Staatstoezicht op de Mijnen (SodM, 2017). [Staat van de Sector Geothermie: Ook aardwarmte moet veilig gewonnen worden](#).
- > Witteveen + Bos Raadgevende ingenieurs B.V. (2019). [Risico-inventarisatie geothermie](#). Den Haag: Witteveen + Bos Raadgevende ingenieurs B.V.

Voor meer informatie over geothermie, zie:

- > Nederlands Instituut Publieke Veiligheid. [Geothermie](#)
- > Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat en Ministerie van Economische Zaken (IenW & EZK, 2016). [Ontwerp Structuurvisie Ondergrond](#). Den Haag: Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat en Ministerie van Economische Zaken.
- > Kiwa Water Research (KWR, 2017). [Inventarisatie risico's geothermie voor grondwater](#).

Windturbines

- > Instituut Fysieke Veiligheid (2021a). [Kenniscbundel windturbines](#). Arnhem: IFV
- > Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM, 2020). Handleiding Omgevingsveiligheid, [Module IV: Specifieke rekenvoorschriften voor activiteiten D.1 en E.1](#). Bilthoven: RIVM.
- > Rijkswaterstaat (2020). [Handreiking Risicozonering Windturbines](#).
- > Windenergie-info (2021). [Hoe werkt een windturbine?](#)

Voor meer informatie over windturbines, zie:

- > Nederlands Instituut Publieke Veiligheid. [Windturbines](#)
- > Commissie MER (2019). [Windparken op land en milieueffectrapportage](#).
- > Kassenberg, P. (2016). [Windturbines bij aardgasleidingen](#).
- > Rijksoverheid (z.d.). [Welke regels gelden er voor windmolens vlakbij een woonwijk?](#)
- > Rijksoverheid (z.d.). [Windenergie op land](#).

Biomassa

- > Chappin, E. (2019). [Groen Gas](#).
- > Lier, A. van (2016). [Energie uit biomassa: mogelijkheden op een rij](#).
- > Middelkoop, J. (2012). [Gasgevaaren van biogasinstallaties](#). Masterscriptie, TU Delft.
- > Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RvO, 2020b). [Digestaat als mest gebruiken](#).
- > Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM, 2014). [Feitenrelaas rond de aspecten 'Gezondheid en Veiligheid' van biovergisting](#). Bilthoven: RIVM.

Biogas

- > KIWA en Netbeheer Nederland, (2016). [Voorstel voor richtlijn voor het transport van ruw biogas](#). Apeldoorn: Kiwa N.V.

Biovergisting

- > Gemeentelijke Gezondheidsdiensten (GGD, 2013). GGD Informatieblad medische2 milieukunde en infectieziektenbestrijding: [Vergisting van biomassa, gezondheidsrisico's voor omwonenden](#).
- > Infomil (2018). [Handreiking covergisten van mest](#).
- > Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM, 2010a). [Veiligheid grootschalige productie van biogas](#). Bilthoven: RIVM.
- > Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM, 2010b). [Bio-energiecentrales - Inventariserend onderzoek naar milieuaspecten bij diverse energieopwekkingstechnieken met behulp van biomassa](#). Bilthoven: RIVM.
- > Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM, 2014). [Feitenrelaas rond de aspecten 'Gezondheid en Veiligheid' van biovergisting](#). Bilthoven: RIVM.

Voor meer informatie over vergisting, zie:

- > Arbocatalogus Afvalbranche (z.d.). [Gevaarlijke gassen bij vergisten](#).
- > Infomil (z.d.). [Gezondheid](#).
- > RIVM (2011). [Het veilig bouwen en beheren van co-vergistingsinstallaties voor de productie van biogas - Bestaande kennis, regelgeving en praktijksituaties](#). Bilthoven: RIVM.

Biovergassing

- > Energie Conversie Parken (ECP, 2013a). [Technologiebeschrijving – \(Thermische\) Vergassing](#).
- > Fürnsinn, S. et al (2005). [Thermal gassification of biomass – International workshop on Health Safety and Environment of biomass gassification](#).
- > Gasunie (2020). Infographic [Superkritische watervergassing - Innovatieve technologie om groen gas te produceren](#).

Voor meer informatie over biovergassing, zie:

- > Biomass Technology Group (2021). [Technische status en perspectief van biomassavergassing in Nederland](#). Enschede: Biomass Technology Group.
- > Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RvO, 2015). [Biovergassing bij de industrie](#)
- > Gasunie (2020). Infographic [Superkritische watervergassing - Innovatieve technologie om groen gas te produceren](#).
- > Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RvO, 2017). [Vergisting en vergassing](#).
- > Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RvO, 2021). [Openbaar eindrapport vergassing](#). Utrecht: Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.

- > Wang, L. et al (2008). [Contemporary issues in thermal gasification of biomass and its application to electricity and fuel production](#). *Biomass and bioenergy*, 32, 573-581.

Bioverbranding

- > Analistennetwerk Nationale Veiligheid (ANV, 2019). [Verkenning risico's van de energietransitie voor de nationale veiligheid](#). Bilthoven: RIVM.
- > Energie Conversie Parken (ECP, 2013b). [Technologiebeschrijving: Verbranding](#).
- > Loekemeijer, M. (2004). [Broei bij biomassa – Het opstellen van richtlijnen en criteria om de broei bij biomassa te beheersen](#). Masterscriptie, Technische Universiteit Eindhoven.
- > Nederlands Instituut Fysieke Veiligheid (NIFV, 2007). [Veilig optreden bij silobranden](#).
- > Signalen leefomgeving (2020). [Biomassa voor energieopwekking](#).

Voor meer informatie over bioverbranding, zie

- > Bioconomy (2021). [Energie uit biomassa – Verbranding, biobrandstoffen en biogas](#).
- > Nederlandse Vereniging Duurzame Energie (NVDE, 2020). [Stikstofemissies bij verbranding van biomassa en de stikstofcyclus](#).
- > Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RvO, 2020). [Verbranding in ketels en kachels](#).
- > Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RvO, 2020). [Toepassingen verbranding](#).
- > Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS, 2021). [Hernieuwbare energie; verbruik naar energiebron, techniek en toepassing](#).

Zonnepanelen

- > Brandweer Nederland (2021). [Handreiking Risicobeheersing - Advies veilige PV-systemen](#). Arnhem: IFV.
- > Gasunie Transport Services (2020). [Uitgangspunten ter voorkoming van beïnvloeding van gasleidingen door nabijgelegen zonneparken](#), versie 4.
- > Instituut Fysieke Veiligheid (IFV, 2021b). [Kenniscbundel Zonnepanelen](#). Arnhem: IFV.
- > Instituut Fysieke Veiligheid (IFV, 2021c). [Depositie bij branden met zonnepanelen](#). Arnhem: IFV
- > Liander (2021). [Beschikbaarheid capaciteit per gebied](#).
- > Milieucentraal (z.d.). [Zonne-energie](#).
- > Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RvO, 2020d). [Zonnepanelen](#).
- > Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM, 2017). [Opwekken van energie via ramen: nanodeeltjes van siliconen maken zonnepanelen efficiënter](#).
- > Verhelst, B. (2012). [De verschillende soorten zonnepanelen op een rijtje](#).

Voor meer informatie over zonnepanelen, zie:

- > Nederlands Instituut Publieke Veiligheid (NIPV, 2023c). [Zonnepanelen \(nipv.nl\)](#). Arnhem: NIPV.
- > Nederlands Instituut Publieke Veiligheid, [Scenarioboek Energietransitie](#).
- > Instituut Fysieke Veiligheid (IFV, 2020a). [Energieopslag en/of -opwekking op daken van collectieve woongebouwen - Handreiking voor plaatsing zonnepanelen in combinatie met Elektriciteit Opslag Systemen](#). Arnhem: IFV.
- > Instituut Fysieke Veiligheid (IFV, 2021d). [Kenniscbundel Waterstof in de gebouwde omgeving](#). Arnhem: IFV.
- > Kenniscentrum [Zonnepanelenkennis](#).
- > Relevante [regelgeving en brandpreventie](#) PV-installaties vanuit verzekeraarsoptiek.

Waterstof

- > H₂@Scale (2016). Workshop Report, [Proceedings from the H2@ Scale Workshop](#), Golden, Verenigde Staten, 16-17 november 2016.
- > Instituut Fysieke Veiligheid (IFV, 2020b). [Veiligheidsaspecten van waterstof in een besloten ruimte](#). Arnhem: IFV.
- > Instituut Fysieke Veiligheid (IFV, 2020c). [Vijf veiligheidsprincipes voor waterstof als energiebron voor woningen](#). Arnhem: IFV
- > KIWA (2018). [Toekomstbestendige gasdistributienetten](#). Apeldoorn: Kiwa Technology B.V.
- > Klimaatberaad (2019). [Klimaatakkoord](#).
- > Ministerie van Economische Zaken en Klimaat (EZK, 2020). [Overheid stimuleert de inzet van meer waterstof](#)
- > Reinders, J.E.A. et al (2013). [Consequenties voor QRA-tunnels van het vervoer van nieuwe stoffen](#). TNO-rapport R10511.
- > Rijksoverheid (2021). [Green Deal H2-Wijken](#).
- > TKI Gas - Topsector Energie (2017). [Overzicht van Nederlandse waterstofinitiatieven,-plannen en -toepassingen - Input voor een routekaart](#).
- > TKI Nieuw Gas – Topsector Energie (2018). [Contouren van een Routekaart Waterstof](#).
- > Volkskrant (n.d). [Ineens lijkt waterstof het antwoord op alle energieproblemen](#).
- > Wiebes, E. (2020). [Wetsvoorstel 'Wat na nul' – wetswijzigingen in verband met de definitieve sluiting van het Groningenveld](#).

Voor meer informatie over waterstof, zie:

- > Nederlands Instituut Publieke Veiligheid (NIPV, 2023d). [Waterstof \(nipv.nl\)](#).
- > Nederlands Instituut Publieke Veiligheid, [Scenarioboek Energietransitie](#).
- > [Op weg met waterstof](#).
- > [Factsheets](#) over waterstofgerelateerde onderwerpen.
- > [Hydrogen Tools Portal](#).
- > [Waterstofnet](#).

Batterijen

- > Larsson, F. et al. (2017). Toxic fluoride gas emissions from lithium-ion battery fires. *Scientific reports*, 7(1), 10018.
- > Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (IenW, 2020). [Circulaire risicobeheersing lithium-ion energiedragers](#).
- > NOS (2018). [Johan Cruijff Arena wordt superbatterij voor elektriciteitsnet](#).
- > Sun, P. et al (2020). A Review of Battery Fires in Electric Vehicles. *Fire Technology*, 56, 1361 – 1410.
- > TNO (2019). [Verkenning Batterijen 2: Positie NL in de waardeketen](#). Eindhoven: TNO.
- > Mulder, F. (2021). [Op zoek naar betere Li-ion batterijen en alternatieven](#).
- > Research Institute of Sweden (RISE, z.d.). [Battery Fire Safety](#).

Voor meer informatie over batterijen, zie:

- > Nederlands Instituut Publieke Veiligheid (NIPV, 2023e). [Batterijen - Nederlands Instituut Publieke Veiligheid \(nipv.nl\)](#)
- > Nederlands Instituut Publieke Veiligheid, [Scenarioboek Energietransitie](#). Scenariokaarten [Li-ion Thuisbatterij in Woning](#), [Li-ion Buurtbatterij in Kelder](#) en [Brand in Opslag van Li-ion Accu's](#)
- > Nederlands Instituut Publieke Veiligheid, [Uitlegvideo Thermal Runaway](#)

CO₂

- > Trouw (2010). [Chronologie CO₂-opslag Barendrecht](#).
- > Amsterdam-IJmuiden CO₂ Transport Hub and Offshore Storage (Athos, 2021). [Athos CCUS](#).
- > CO₂ smart grid (2018). [Feasibility phase - results of 1½ years of thorough study](#).
- > Energiebeheer Nederland (EBN, 2017). [Transport en opslag van CO₂ in Nederland](#). Utrecht: EBN en Gasunie.
- > Frankfurter Allgemeine Zeitung (FAZ, 2008). [Schwerer Gas-Unfall mit über hundert Verletzten](#).
- > Koorneef, J.M. (2010). [Shifting Streams - On the Health, Safety and Environmental Impacts of Carbon Dioxide Capture, Transport and Storage](#). Proefschrift Universiteit Utrecht.
- > Lamboo, S. et al (2020). [Conceptadvies SDE++ 2021 CO₂-afvang en -opslag \(CCS\)](#). Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
- > Linde (2010). [Werken met CO₂](#). Schiedam: Linde Gas Benelux B.V.
- > Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (IenW, 2018). [Structuurvisie Ondergrond in het kort](#).
- > Permentier, K. et al. (2017). Carbon dioxide poisoning: a literature review of an often forgotten cause of intoxication in the emergency department, *Int J Emerg Med.* 10(14).
- > Port of Rotterdam CO₂ Transport Hub and Offshore Storage (Porthos, 2021). [CO₂-reductie door opslag onder de Noordzee](#).
- > Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RvO, 2020e). [ROAD-project](#).
- > Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM, 2021). [Handleiding Risicoberekeningen Bevb versie 3.2 – Module C](#).

Voor meer informatie over CO₂, zie:

- > Nederlands Instituut Publieke Veiligheid [Koolstofdioxide](#)
- > Health and Safety Executive (HSE, 2011). [Assessment of the major hazard potential of carbon dioxide \(CO₂\)](#).
- > [Rapportage en cijfers van ETS \(European Trade System\) op het gebied van CO₂](#).
- > RoyalHaskoningDHV (2020). [MER Porthos - CO₂ transport en opslag](#). Rotterdam: RoyalHaskoningDHV.
- > Project [CO₂ Europipe](#) dat tot doel heeft een infrastructuur te realiseren ten behoeve van grootschalig opslag van CO₂.
- > Koninklijk Nederlands Meteorologisch Intituut (KNMI, n.d.). [Broeikasgas kooldioxide](#).
- > Nederlands Instituut Publieke Veiligheid (NIPV, 2023f). [CO₂ Koolstofdioxide - Nederlands Instituut Publieke Veiligheid \(nipv.nl\)](#).

Small Modular reactors

- > Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming (ANVS a, z.d.). [Nieuwe ontwikkelingen in kernreactoren](#).
- > Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming (ANVS b, z.d.). [Veiligheid en risico's van kernreactoren](#).
- > Gordon, O. (z.d.). [Small modular reactors: What is taking so long?](#) Energy Monitor.
- > International Atomic Energy Agency (IAEA, z.d.). [Small modular reactors](#).
- > Instituut Fysieke Veiligheid. (IFV, 2021f). [Stralingsincidenten](#)
- > Pistner, C. et al. (2021). [Sicherheitstechnische Analyse und Risikobewertung einer Anwendung von SMR-Konzepten \(Small Modular Reactors\)](#). (BASE-Forschungsberichte)

zur Sicherheit der nuklearen Entsorgung 001/21). Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung.

- > World Nuclear Association (WNA, 2015). [Pocket Guide Reactors](#)
- > World Nuclear News (WNN, 2022a). [OPG applies for construction licence for Darlington SMR.](#)
- > World Nuclear News (WNN, 2022b). [Kärnfull teams up with GEH for SMR deployment.](#)
- > World Nuclear News (WNN, 2023). [BWRX-300 selected for Estonia's first nuclear power plant.](#)

Consultatie

- > Gesprek met Joran de Jong van de Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming (ANVS). Door Henk Brans, 13 juli 2023.

Voor meer informatie over Small Modular Reactors, zie:

- > International Atomic Energy Agency (IAEA, 2020). [Advances in Small Modular Reactor Technology Developments.](#)
- > International Atomic Energy Agency (IAEA, 2022). [Lessons Learned in Regulating Small Modular Reactors.](#)
- > International Atomic Energy Agency (IAEA, 2023). [What are Small Modular Reactors \(SMRs\)?.](#)
- > SaskPower. (2022). [SaskPower Selects the GE-Hitachi BWRX-300 Small Modular Reactor Technology for Potential Deployment in Saskatchewan.](#)
- > Nederlands Instituut Publieke Veiligheid. [Stralingsincidenten](#)

Ammoniak

- > ABC13. (2021). [The worst accident in Houston history: The 1976 ammonia truck disaster.](#)
- > Commission for the Navigation of the Rhine CCNR. (2013). [International Safety Guide for Inland Navigation Tank-barges and Terminals.](#)
- > Berenschot, Arcadis & TNO. (2023). [Omgevingsveiligheid van toekomstige stromen waterstofrijke energiedragers.](#)
- > Lloyd's Register. (2020). [Hydrogen and Ammonia Infrastructure. Safety and Risk Information and Guidance.](#)
- > Demaco. (z.d.). [Waterstoftransport: drie bekende energiedragers vergeleken.](#)
- > Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM, z.d.). [Ammoniak: Stofgegevens](#)

Warmtenetten

- > Berenschot (2023). https://www.berenschot.nl/media/nmf4hfo/warmtenetstrategie_en_rolbepaling_gemeen_te_arnhem_berenschot_september_2021.pdf
- > Planbureau voor de Leefomgeving. (2017). [Toekomstbeeld Klimaatneutrale Warmtenetten in Nederland.](#)
- > Royal Haskoning DHV. (2016). [Rapport Verkenning Veiligheid Verbruikers Warmte.](#)
- > Royal Haskoning DHV. (2020). [Onderzoek naar de effecten op en risico's naar mensen bij het vrijkomen van stoom en heet water uit een warmtetransportnet.](#)
- > Vattenfall. (z.d.). [Het warmtenet van Arnhem, Duiven en Westervoort.](#)
- > WarmtelinQ. (2023). [Start aanleg leiding Den Haag direct na schoolvakantie.](#)
- > Warmtenetwerk. (z.d.). [Arnhem – Duiven/westervoort.](#)

Consultatie

- > Adviseur Industriële en Externe Veiligheid Veiligheidsregio Noord- en Oost-Gelderland (VNOG). “Vragen over de veiligheid van warmtenetten en eventuele preventieve maatregelen.” Door Ben Riemersma, 9 augustus 2023.
- > Adviseur Risicobeheersing Veiligheidsregio Amsterdam-Amstelland (VrAA). “Vragen over de veiligheid van warmtenetten en eventuele preventieve maatregelen.” Door Ben Riemersma, 16 augustus 2023.

Voor meer informatie over Warmtenetten, zie:

- > Schepers, B.L. & van Valkengoed, M.P.J. (2009). [Warmtenetten in Nederland](#). CE Delft.
- > Berenschot, Innoforte en Gemeente Arnhem. (2021). [Warmtenetstrategie en rolbepaling](#).

Bijlage 1

Een verkenning van de wettelijke context onder de Omgevingswet

Per 1 januari 2024 zal de Omgevingswet van kracht worden. Deze wet en de onderliggende Besluiten hebben invloed op de ruimtelijke inpassing van nieuwe activiteiten. Deze bijlage geeft een overzicht van de komende wet- en regelgeving voor de onderwerpen die in dit informatieblad worden beschreven.

Geothermie

Bij inwerkingtreding van de Omgevingswet is de gemeente bevoegd voor omgevingsvergunningen voor alle activiteiten, tenzij anders bepaald. Onder deze uitzonderingen vallen ook activiteiten omtrent aardwarmte. Het ministerie van Economische Zaken en Klimaat (EZK) is het bevoegd gezag op het gebied van diepe boringen naar onder meer olie, gas en aardwarmte (art. 2.7 Besluit activiteiten leefomgeving (Bal)). Voor het opsporen en winnen van aardwarmte zijn (afzonderlijke) daartoe strekkende vergunningen van de minister nodig (art. 5.11 en art. 6 Mijnbouwwet). Om te verkennen of de ondergrond zich leent voor het winnen van aardwarmte is seismologisch onderzoek vereist.

De minister is ook het bevoegd gezag voor de melding in het kader van het Besluit algemene regels milieu mijnbouw (Barmm) die de operator vier weken voorafgaand aan opsporingsboringen (op land) moet afgeven. De melding moet onder andere duidelijk maken hoe de operator voldoet aan milieuregels voor bodem, licht, geluid en externe veiligheid. Het Staatstoezicht op de Mijnen (SodM) toetst de melding, adviseert het ministerie over het verlenen van vergunningen en houdt toezicht op opsporingen en exploitaties (art. 127 Mijnbouwwet).

De provincie(s) wordt de mogelijkheid geboden om advies uit te brengen over de vergunningsaanvraag (art. 16 Mijnbouwwet). Het ministerie betreft in de praktijk de betreffende gemeente(n) en soms waterschap(pen) in het vergunningsproces, al hebben zij geen wettelijke adviesfunctie.

De veiligheidsregio heeft onder het huidige regime een wettelijke adviestaak die volgt uit het Besluit externe veiligheid inrichtingen (Bevi, art. 12 en 13). Deze zal in de Omgevingswet en de onderliggende Besluiten vermoedelijk verdwijnen.

Windenergie

Een windturbine is een milieubelastende activiteit als de turbine elektriciteit opwekt en een rotordiameter van meer dan 2 meter heeft (art. 3.11 Bal). De gemeente is bevoegd gezag (en ook toezichthouder) voor de vergunningverlening van milieubelastende activiteiten, tenzij de activiteit plaatsvindt in territoriaal water en/of buiten gemeentelijke en provinciale grenzen (art. 2.3 Bal). In die gevallen is het Rijk bevoegd (art. 2.6 Bal). Ook wanneer er sprake is van afwijkactiviteiten (afwijkingen van het omgevingsplan) van nationaal of provinciaal belang, kan het gezag aangaande omgevingsvergunningverlening overgaan naar de provincie of het Rijk (art. 5.10 en 5.11 Omgevingswet). Wanneer turbines worden gebouwd in gebieden waar Rijkswaterstaat of ProRail zeggenschap hebben, zijn zij vergunningverlener namens de Minister van Infrastructuur en Waterstaat (IenW).

Voor windturbines gelden dezelfde regels als elke andere activiteit met externe veiligheidsrisico's: het plaatsgebonden risico (PR) moet op dezelfde manier berekend worden (Nota van Toelichting (NvT), Bkl, art. 8.1.4.2) en de plaatsgebonden risicocontouren moeten in acht worden genomen (art. 5.6 en 10.3 Omgevingswet). Andersom geldt ook: bij het aanleggen van een nieuwe gasleiding moet rekening gehouden te worden met het plaatsgebonden risico van eventuele windturbines.

Windturbines moeten op een veilige afstand staan van radarstations of minder hoog worden gebouwd, zodat zij radarbeelden niet verstoren (art. 5.151 Bkl). Voor afstanden tot hoogspanningslijnen binnen die contouren gelden geen wettelijke eisen, maar moet overeenstemming bereikt worden met de netbeheerder. Voor het ontwerpen van de turbines moeten (inter)nationale wettelijke eisen worden aangehouden (art. 4.430 en 4.431 Bal). Windturbines moeten ten minste eens per jaar door een deskundige worden gecontroleerd op beveiligingen, onderhoud en reparaties (art. 4.428 Bal).

Als windturbines aan bovenstaande eisen voldoen, zijn zij niet vergunningplichtig. Voor 'solitaire' windturbines geldt echter een meldingsplicht (§ 4.30 Bal) en voor windparken (drie of meer windturbines) is een omgevingsvergunning wél vereist (art. 3.13 Bal). Als turbines een rotordiameter van minder dan 2 meter hebben, kan een gemeente zelf nadere eisen stellen, mits zij eigenaar is van de grond waarop de windturbine wordt gebouwd.

Biomassa

Vergisting

Een mestvergistingsinstallatie is een milieubelastende activiteit als ze bestaat uit een vergistingstank en een na-opslag van digestaat dat biologisch actief is, of een gaszak of opslagtank voor de opslag van vergistingsgas en waar maximaal 25.000 m³ per jaar aan dierlijke meststoffen vergist wordt (alleen mono-vergisting) (§ 4.88 Bal). Dat maakt de gemeente het bevoegd gezag (art. 5.8 Omgevingswet); slechts in uitzonderingsgevallen is de provincie het bevoegd gezag (art. 5.10 Omgevingswet). In alle gevallen is voor vergisting, evenals voor andere vormen van mestbewerking¹⁵, een omgevingsvergunning nodig (art. 3.226 Bal). Voor grootschalige mestverwerking (> 25.000 m³ dierlijke meststoffen per jaar op een andere locatie dan de productielocatie) is eveneens een vergunning nodig (art. 3.91 en 3.912 Bal).

Er bestaat geen gereguleerd toezicht op de distributie van biogas via leidingen, omdat biogasleidingen buiten de Gaswet vallen. Initiatiefnemers van vergistingsinstallaties hebben naast een omgevingsvergunning een erkenning nodig van de Nederlandse Voedsel- en Warenautoriteit (NVWA), een registratie op grond van de Meststoffenwet en een VIHB-registratie (wanneer afvalstoffen worden vergist). Opslag van (drijf)mest moet eveneens aan bepaalde eisen voldoen (§ 4.83 en 4.86 Bal). Voor de bouw van een vergistingsinstallatie gelden specifieke normen; zo gelden voor mestvergistingsinstallaties in het kader van externe veiligheid vaak risico-afstanden ten opzichte van kwetsbare locaties en (zeer) kwetsbare gebouwen (art. 4.866 Bal). De hoofdregel is dat veiligheidsafstanden binnen de begrenzing van de activiteit blijven, maar daar kan van worden afgeweken. PGS-33 is van toepassing op het legen van tanks en tankwagens met biogas (art. 4.870 Bal). Daarnaast moet aan diverse veiligheidsvoorschriften worden voldaan (onder andere op het gebied van bemonstering, afstand houden en tankinspecties (§ 4.88 Bal).

¹⁵ Co-vergisting valt niet onder mestverwerking, maar mono-vergisting en mestscheiding wel.

Vergassing

Vergassing van een vaste brandstof (zoals houtachtige biomassa) is een milieubelastende activiteit die valt onder de reikwijdte van het Bal en moet voldoen aan de algemene regels die daarin zijn geformuleerd. De provincie is het bevoegd gezag voor vergassingsinstallaties (art. 3.64 Bal). Deze installaties (en activiteiten die daarmee zijn verbonden) vallen onder de milieueffectrapportagebeoordelingsplicht en zijn altijd omgevingsvergunningplichtig. Voor het lozen of zuiveren van water dat in vergassingsprocessen gebruikt wordt, is eveneens een vergunning nodig.

Verbranding

Het aanwezig zijn van een stookinstallatie van meer dan 100 kW, is een milieubelastende activiteit (art. 3.4 Bal). De gemeente is het bevoegd gezag voor de omgevingsvergunning-saanvraag, meldingen, maatwerkvoorschriften en beslissingen over gelijkwaardige maatregelen (art. 2.3 Bal), uitzonderingen daargelaten (art. 5.10 en 5.11 Omgevingswet). Een stookinstallatie is 'elk technisch toestel waarin brandstoffen worden geoxideerd teneinde de aldus opgewekte warmte te gebruiken' (NvT Bal). Dit kan bijvoorbeeld een oven of houtkachel zijn. Voor het verbranden van afvalstoffen in zogeheten afvalmeeverbrandingsinstallaties is in beginsel een vergunning nodig. Afvalverbrandingsinstallaties omvatten ook voorzieningen voor opslag van afval, brandstof en lucht, voor behandeling of opslag, stoomketels en dergelijke componenten (NvT, art. 4.67 Bal).

Als biomassa te kwalificeren is als afvalstof volgens de richtlijn industriële emissies, is het verbranden van biomassa niet vergunningplichtig. Deze biomassa-afvalstof wordt ook wel 'rie-biomassa' genoemd. Biomassa is echter niet altijd te kwalificeren als 'afvalstof'. Verbranding van biomassa die niet als afval te kwalificeren is, is vergunningplichtig.

Ook andere milieubelastende activiteiten met bedrijfsafvalstoffen en andere gevaarlijke afvalstoffen die worden verricht op dezelfde locatie als het verbranden van de afvalstoffen, zijn vergunningplichtig (art. 3.179 Bal). Voor het lozen van afvalwater (zoals water waarmee rookgassen worden gereinigd) is eveneens een vergunning vereist (art. 3.184 Bal).

Bovengenoemde vergunningseisen zijn gesteld voor stookinstallaties met een thermisch vermogen tot 15 MW. Voor een stookinstallatie met een thermisch vermogen van meer dan 15 MW gelden andere eisen (§ 4.3 Bal).

Zonne-energie

Zonne-energie is onder de toekomstige Omgevingswet gekwalificeerd als een natuurlijke hulpbron en is onderdeel van de fysieke leefomgeving. Het opwekken van zonne-energie door zonnepanelen en zonnecollectoren valt daarmee onder de reikwijdte van de Omgevingswet. De wet en de daaronder hangende besluiten laten zich echter niet uit over algemeen geldende regels met betrekking tot zonne-energie.

Waterstof

Waterstoftankstations

Het tanken van waterstof is een milieubelastende activiteit (art. 3.296 Bal) die vergunningplichtig is (art. 3.297). Dat geldt zowel voor het tanken bij bunkerstations als bij opslag- en transportbedrijven. Het Bal geeft aan dat voldaan moet worden aan PGS 35 ('Waterstofinstallaties voor het afleveren van waterstof aan voertuigen en werktuigen', art. 4.489 Bal). De maatregelen die genoemd in worden PGS 35, mogen ook door een gelijkwaardige maatregel worden vervangen.

Het Besluit kwaliteit leefomgeving (Bkl) geeft aan dat bij de aanleg van waterstoftankstations rekening gehouden moet worden met de plaatsgebonden risicocontour en met het brand-aandachtsgebied (Bijlage VII, onderdeel B5 Bkl). Bij gebrek aan wetgeving bestaat onduidelijkheid over de manier waarop zaken gecontroleerd zullen worden die niet in de wetgeving geregeld zijn.

Buisleiding

Voor waterstofleidingen is de ILenT toezichthouder namens het ministerie van IenW. Daarnaast moeten gemeenten volgens de Structuurvisie Buisleidingen in hun bestemmingsplannen rekening houden met de ruimtelijke reservering van buisleidingstroken. De juridische doorwerking van de Structuurvisie is opgenomen in het Barro en Rarro.

Het Bkl geeft aan dat gemeenten en exploitanten rekening moeten houden met het plaatsgebonden risico (art. 5.8 Bkl) en met de aandachtsgebieden van buisleidingen (art. 5.13 Bkl). Exploitanten hebben een zorgplicht en moeten leidingen beheren volgens NEN 3650 en dit aantoonbaar beheren met een veiligheidsbeheerssysteem volgens NTA 8000.

Batterijen

In de Omgevingswet en de daaronder vallende AMvB's komen Li-ion systemen als onderwerp niet voor. Op Europees niveau gelden er regels voor het transporteren van Li-ion batterijen over de weg, het spoor en het water en in de lucht. Daarin staat bijvoorbeeld vermeld, dat nieuwe batterijen bij transport stevig en zoveel mogelijk stootongevoelig en kortsluitingsveilig verpakt moeten worden en dat voor Li-ion systemen met een capaciteit van meer dan 100 Wh zwaardere eisen gelden.

Batterijen moeten CE-markeringen bevatten die aangeven dat ze voldoen aan geldende wet- en regelgeving op het gebied van onder meer veiligheid, van productie tot aan recycling. DNVGL heeft een ['recommended practice'](#) opgesteld waar bevoegd gezagen gebruik van zou kunnen maken om, bij gebrek aan landelijke kaders, regels omtrent batterijen op te stellen. Voor een buurtbatterij is momenteel bijvoorbeeld alleen een omgevingsvergunning vereist (bouwvergunning en milieuvergunning), naast het recht van opstal om een container te mogen plaatsen. Het bevoegd gezag dat een bouwvergunning voor een container met een buurtbatterij of een milieuvergunning voor een producent af heeft gegeven, houdt normaal gesproken ook toezicht op die vergunningen en draagt zorg voor de handhaving.

Kooldioxide

Voor een installatie voor het afvangen van CO₂-stromen voor ondergrondse opslag is een omgevingsvergunning nodig (art. 3.47 Bal). Er zijn voor deze milieubelastende activiteit echter geen algemene regels aangewezen. Ondergrondse opslag van CO₂ vindt echter (nog) niet plaats in Nederland, wel in lege gasvelden onder de zeebodem.

De wetgeving voor buisleidingen die CO₂ vervoeren komt overeen met die voor waterstofleidingen (zie boven).

Small Modular Reactors

Alle vormen van kernenergie vallen onder de kernenergiewet. Small Modular Reactors moeten daarom aan dezelfde strenge veiligheidseisen voldoen als de huidige kerncentrales.

Onder de omgevingswet is kernenergie niet specifiek opgenomen, wel geldt het overgangsrecht voor het instrument 'gedoogplicht'.

Ammoniak

Er is geen specifieke wetgeving voor het gebruik van ammoniak opgenomen in de Omgevingswet, afgezien van ammoniak dat in een koelinstallatie wordt gebruikt. Dit valt echter niet onder het bereik van dit document.

Voor het vervoer van ammoniak zijn een aantal internationale verdragen. Reglementen voor vervoer over de weg staan in de *Europese overeenkomst voor het internationale vervoer van gevaarlijke goederen over de weg (ADR)*, voor over het spoor in het *Vervoer over het spoor (RID)* en voor over binnenwateren in de *Europese overeenkomst voor het vervoer van gevaarlijke stoffen over de binnenwateren (ADN)*.

Warmtenetten

In art. 3.101 van het Bal worden warmtenetten aanwezen als een milieubelastende activiteit. In § 4.108 staan de bijbehorende regels beschreven. Voor warmtenetten geldt een meldplicht van 4 weken voor de activiteiten wordt gestart, waar de coördinaten van de buisleiding zijn vermeld. Verder zijn er een aantal regels omtrent externe veiligheid, die volgens art. 4.1110 als preventiebeleid zijn opgesteld. Zo meldt art. 4.1111 dat hiervoor een veiligheidsbeheerssysteem wordt opgesteld. Dit systeem wordt herzien bij een aanpassing die gevolgen kan hebben voor de risico's en bij een verandering in veiligheidsinzicht, danwel een verandering in technieken voor het aanleggen, beheren en onderhouden van buisleidingen.

Artikel 4.1112 geeft aan dat het plaatsgebonden risico voor kwetsbare en zeer kwetsbare gebouwen ten hoogste 1 op 1.000.000 mag zijn. Dit geldt niet voor de eerste 3 jaar nadat een kwetsbaar of zeer kwetsbaar gebouw in gebruik is genomen. Artikel 4.1113 geeft ook aan dat het plaatsgebonden risico voor het aanleggen of vervangen van een buisleiding op een afstand van 5 meter ten hoogste 1 op 1.000.000 mag zijn. In art. 4.1115 wordt aangegeven dat berekeningen voorhanden moeten zijn voor de afstanden waar het risico maximaal 1 op 1.000.000 en dat de afstand voor het brandaandachtsgebied, explosieaandachtsgebied en gifwolkaandachtsgebied voorhanden moet zijn. Tevens zijn er een aantal gegevens die voorhanden moeten zijn.