

# SustainaWeekly

## Het financieren van groene waterstof

- ▶ **Economie:** Groene waterstof zou een belangrijke rol kunnen spelen in de overgang naar een koolstofarme economie. De onzekerheid van hernieuwbare energievoorziening, de technologische onvolwassenheid, het gebrek aan duidelijkheid over de vraag en het ontbreken van bijbehorende infrastructuur wegen echter op de business case voor groene waterstof. Het gebruik van PPA's (Power Purchase Agreements), de alternatieve doeleinden van groene waterstof en overheidsinterventie behoren tot de remedies.
- ▶ **Sector:** Het verminderen van emissies en het bereiken van netto nul voor verwarming is complex. Eén optie is het verbranden van brandstoffen of massa, maar deze moeten duurzaam worden gewonnen. Warmte kan worden geabsorbeerd uit andere bronnen zoals de zon, grond, lucht, water of restwarmte. Hernieuwbare elektriciteit kan ook worden omgezet in warmte. Er zijn dus verschillende opties, maar deze opties zijn momenteel duurder dan het verbranden van fossiele brandstoffen.
- ▶ **ESG in figuren:** In een vaste rubriek van ons weekblad presenteren we een aantal grafieken over enkele van de belangrijkste indicatoren voor ESG-financiering en de energietransitie.

De financiële sector heeft een cruciale rol te spelen in het stimuleren van de energietransitie door het toewijzen en sturen van fondsen naar schone en klimaatvriendelijke technologieën, waaronder groene waterstof. Privé-investeringen om de uitrol van groene waterstof te stimuleren schieten echter nog tekort. In deze SustainaWeekly richten we ons eerst op de obstakels die de mogelijkheden om groene waterstof te financieren beperken en stellen we mogelijke oplossingen voor om deze risico's te verminderen. Vervolgens zoomen we in op alternatieve verwarmingstechnologieën om de uitstoot van broeikasgassen te verminderen.

Veel leesplezier en, zoals altijd, laat het ons weten als u feedback heeft!

Nick Kounis, Head Financial Markets and Sustainability Research | [nick.kounis@nl.abnamro.com](mailto:nick.kounis@nl.abnamro.com)

## Het financieren van groene waterstof

Moutaz Altaghlibi – Energy Economist, Sustainability | [moutaz.altaghlibi@nl.abnamro.com](mailto:moutaz.altaghlibi@nl.abnamro.com)

- ▶ **Groene waterstof kan een veelbelovende rol in de overgang naar een koolstofarme economie...**
- ▶ **...maar de onzekerheid van hernieuwbare energievoorziening, de technologische onvolwassenheid, de onduidelijkheid van de vraag en het ontbreken van bijbehorende infrastructuur zijn de belangrijkste risico's die de business case voor groene waterstof verslechteren.**
- ▶ **Het gebruik van PPA's (Power Purchase Agreements), de alternatieve doeleinden van groene waterstof en overheidsinterventie behoren tot de remedies om de business case voor investeerders te verbeteren.**
- ▶ **Het huidige risico-rendementsprofiel voor groene waterstof is het meest geschikt voor institutionele beleggers zoals ontwikkelingsbanken, samen met olie- en gasbedrijven.**

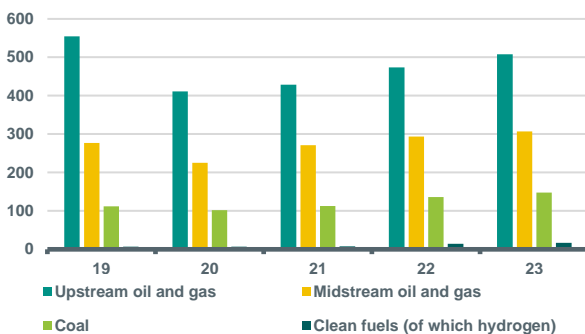
### Inleiding

Binnen de financiële sector heeft de laatste jaren een verschuiving plaatsgevonden van een op winst gericht paradigma naar het opnemen van sociale en milieuaspecten in de besluitvorming over investeringen. Als het gaat om klimaatverandering, erkennen de meeste beleggers fysieke en transitierisico's en nemen ze deze op in hun beleggingsbeslissingen. Tegelijkertijd heeft de financiële sector een cruciale rol te spelen in het stimuleren van de energietransitie door fondsen toe te wijzen en te sturen in de richting van schone en klimaatvriendelijke technologieën, waarvan groene waterstof er één is.

Met zijn vele voordelen zal groene waterstof een prominente plaats innemen onder de mogelijke brandstoffen van de toekomst (zie onze notitie over groene waterstof [hier](#)). In deze richting heeft Europa een strategie voor groene waterstof opgesteld met als doel om tegen 2030 10 miljoen ton binnenlandse productie te bereiken, terwijl een gelijkwaardige hoeveelheid wordt geïmporteerd.

### Wereldwijde investeringen in brandstoftoevoer

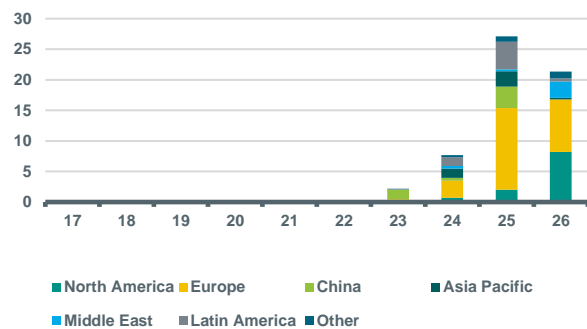
Units: billion USD (2022)



Bron: IEA, ABN AMRO Economisch Bureau

### Waterstof aangekondigde capaciteitstoevoegingen

Unit: GW



Bron: IEA, ABN AMRO Economisch Bureau

Een dergelijk doel brengt enorme financieringsvereisten met zich mee, zowel van de overheid als van de particuliere sector. Privé-investeringen om de uitrol van groene waterstof te stimuleren zijn echter nog steeds schaars, zelfs als we weten dat de benodigde fondsen gemakkelijk beschikbaar zijn. Gemotiveerd door deze observatie wil dit rapport de volgende vraag beantwoorden: wat zijn de obstakels die het potentieel voor de financiering van groene waterstof beperken? We beantwoorden deze vraag vanuit het perspectief van een investeerder door de risico's in de waardeketen van groene waterstof te onderzoeken en stellen mogelijke oplossingen voor om deze risico's te verminderen en de business case van groene waterstof te verbeteren.

### Risico's in de waardeketen

Er zijn meerdere knelpunten in de waardeketen voor groene waterstof, die verschillende bronnen van onzekerheid vormen die de business case verzwakken en investeringen afschrikken. De waardeketen voor groene waterstof kan worden opgesplitst in vier brede categorieën: hernieuwbare energieproductie, het elektrolyseproces, de bijbehorende infrastructuur en het uiteindelijke gebruik van de geproduceerde waterstof.

### *Productie van hernieuwbare energie*

Om het groene label te krijgen, moet waterstof worden geproduceerd met hernieuwbare energie. Aan de aanbodzijde is de productie van groene waterstof dus afhankelijk van de beschikbaarheid van hernieuwbare energie. De onzekerheid rond de tijdschema's voor de inzet van hernieuwbare capaciteit verhoogt echter de risico's van onvoldoende stroomvoorziening voor het elektrolyseproces, waardoor de business case van groene waterstof verzwakt. De vertragingen in investeringen hebben vooral te maken met lange vergunningsperiodes, stijgende kapitaalkosten (stijging van de rentetarieven en productiemiddelen) en het gebrek aan ondersteunende infrastructuur. Aangezien het bovendien meer tijd kost om de capaciteit te bouwen, in combinatie met een stijgende vraag, zal hernieuwbare energie duur zijn, wat zich vertaalt in hogere kosten voor de productie van groene waterstof, samen met een lager concurrentievermogen ten opzichte van zijn fossiele tegenhangers, waardoor de business case nog verder verslechtert.

### *Het elektrolyseproces*

Vanuit technologisch oogpunt wordt groene waterstof voornamelijk geproduceerd door middel van waterelektrolyse, waarbij de watermoleculen worden gesplitst in waterstof en zuurstof. Er zijn momenteel drie soorten elektrolyzers, en elk heeft zijn voordelen en nadelen. Alkalische elektrolyzers zijn relatief goedkoop, maar hun prestaties zijn gevoelig voor onderbrekingen. Elektrolyzers met een protonuitwisselingsmembraan (PEM) daarentegen zijn flexibeler en kunnen beter omgaan met onderbrekingen, maar hier hangt een hoger prijskaartje aan. Het derde type is dat van de Solid Oxide elektrolyzers, een technologie die nog meer tijd nodig heeft om gecommmercialiseerd te worden. Groene waterstof die gebaseerd is op alkaline of PEM elektrolyzers bevindt zich in een demonstratie-vroege adoptiefase, terwijl groene waterstof geproduceerd met behulp van solid oxide elektrolyzers zich in een grote prototype/demonstratiefase bevindt. De schaalbaarheid van deze technologieën moet dus nog worden bewezen. Bovendien is het elektrolyseproces afhankelijk van verschillende componenten, geproduceerd door verschillende partijen, die mogelijk niet compatibel zijn of niet goed samenwerken, wat resulteert in het ontbreken van prestatiegaranties door fabrikanten. Dit verhoogt op zijn beurt het technologische risico van investeringen in elektrolyzers en verzwakt de business case ervan.

### *Het uiteindelijke gebruik van geproduceerde waterstof*

Groene waterstof wordt gezien als de overgangsooplossing voor sectoren waar het moeilijk is de emissies te verminderen en waar elektrificatie niet mogelijk is. Deze sectoren moeten echter investeren in het aanpassen van hun processen om groene waterstof in hun productiemix op te nemen. Maar om deze investeringen te kunnen doen, is duidelijkheid nodig over het tijdschema voor de beschikbaarheid van groene waterstof. Tegelijkertijd wordt het investeren in groene waterstof minder aantrekkelijk als de vraag ontbreekt of als de vraag onzeker is. Er is dus een "kip-ei-dilemma": de overgang in de industrie hangt af van de beschikbaarheid (het aanbod) van groene waterstof, terwijl investeringen in groene waterstof zekerheid over de vraag vereisen.

### *Bijbehorende infrastructuur*

Voor groene waterstofprojecten is een ondersteunende infrastructuur nodig. Stroomopwaarts in de waardeketen is er behoefte aan hoogspanningsnetuitbreidingen die de levering van hernieuwbare energie aan de waterstoflocaties vergemakkelijken, en die zijn (nog) niet altijd direct beschikbaar. Daarnaast is er, nadat groene waterstof is geproduceerd, ook behoefte aan transport en infrastructuur naar de eindgebruiker. Het type eindgebruiker bepaalt uiteindelijk ook de meest geschikte vorm om deze waterstof te vervoeren. Waterstof leveren als brandstof voor schepen kan bijvoorbeeld het beste door het om te zetten in ammoniak, vooral voor lange internationale reizen, terwijl het gebruik in industriële processen in gasvormige of vloeibare vorm kan gebeuren. Elke vorm vereist een ander type infrastructuur en bijbehorende investeringen, die zich vertalen in verschillende regelgeving, vergunningsprocedures en technische eisen. De omvang van de financiering die nodig is voor deze infrastructurele investeringen is enorm. Deze complexe onderling verbonden aspecten brengen extra onzekerheid met zich mee die de haalbaarheid van groene waterstofprojecten ondermijnt.

### **Helpt regelgeving de business case van groene waterstof?**

Soms leidt bepaalde regelgeving tot een aantal beperkingen en marktdynamieken die het volledige potentieel van een technologie beperken en de business case ervan verzwakken vanuit het perspectief van investeerders. De Europese Unie heeft bijvoorbeeld relatief strenge regels opgesteld voor de productie van groene waterstof. Een daarvan is dat de

elektrolyzers moeten worden aangedreven door nieuw gebouwde zonne- en windenergie-installaties, met een aanvankelijk milde maandelijkse naleving, die vanaf 2030 moet veranderen in een naleving elk uur. Deze regels begunstigen de flexibiliteit van elektrolyzers en bijgevolg de PEM elektrolyzers, die relatief duurder zijn. Tegelijkertijd brengt de intermitterende aard van hernieuwbare energiebronnen met zich mee dat de productie van groene waterstof kwetsbaar is voor weersomstandigheden, wat betekent dat elektrolyzers mogelijk niet op volle capaciteit werken als het niet waait of als de wolken de hemel bedekken. Dit verhoogt op zijn beurt de kosten voor de productie van groene waterstof voor de EU en maakt het minder concurrerend. Een ander voorbeeld is de goedkeuring van verschillende berekeningsmechanismen voor emissies en koolstofkredieten in de verschillende landen. Dat betekent dat de waarde die verbonden is aan het gebruik van groene waterstof door eindsectoren downstream in de waardeketen kunnen verschillen tussen handelspartners. En dat kan leiden tot grote verschillen tussen bedrijven en landen. Als gevolg daarvan kan de business case voor downstreamgebruiksprojecten in het gedrang komen en de afname van groene waterstof vertragen. Een derde voorbeeld heeft betrekking op de subsidievoorwaarden. In de VS is de toegang tot subsidies voor offshore windprojecten gekoppeld aan het gebruik van binnenlandse componenten. Deze voorwaarden, samen met stijgende kapitaalkosten, hebben veel offshore projecten onrendabel gemaakt, omdat er een tekort is aan binnenlandse componenten voor de benodigde materialen zoals staal. Bijgevolg kunnen vertragingen voor waterstofprojecten worden verwacht en wordt de business case negatief beïnvloed.

### **Remedies om investeringen te stimuleren**

Door de bovengenoemde onzekerheden is het risico-rendementsprofiel voor groene waterstofprojecten nog steeds niet aantrekkelijk voor de meeste investeerders. In dit hoofdstuk schetsen we mogelijke oplossingen die enkele van deze risico's voor investeerders kunnen verminderen en investeringen aantrekkelijker kunnen maken.

Met betrekking tot de levering van hernieuwbare energie kan het gebruik van Power Purchase Agreements (PPA's) helpen om de business case voor investeerders in hernieuwbare energie te verbeteren en de leveringonzekerheid voor investeerders in elektrolyse-installaties te verminderen. Tegelijkertijd zal het leveren van verschillende componenten van de elektrolyzers door dezelfde leverancier helpen om de compatibiliteit van verschillende componenten in het elektrolyseproces te vergroten en fabrikanten aan te moedigen om prestatiegaranties te bieden die het technologische risico voor investeerders verminderen.

Wat de onzekerheid van de vraag betreft, kan de diversificatie van het gebruik van groene waterstof hier als een remedie worden beschouwd. Dat wil zeggen, zelfs als er geen vraag is vanuit de eindklant, kan groene waterstof worden gebruikt als opslag om het netwerk te stabiliseren. Het kan ook de congestie van het net en de behoefte aan netuitbreidingen verminderen door alternatieve, niet aan het net gekoppelde waterstofnetwerken te gebruiken om opgeslagen elektriciteit te transporteren naar de plaats waar die nodig is. Bovendien kan geproduceerde waterstof worden geëxporteerd.

De resterende oplossingen vereisen overheidsingrijpen in de vorm van een duidelijkere en compatibele visie op groene waterstof, een tijdschema voor infrastructurele ontwikkelingen, kortere vergunningsperioden in de waardeketen, en het gebruik van de opbrengsten van koolstofprijzen om de vereiste infrastructuur te financieren of de invoeringsfase te versnellen wanneer particulier kapitaal schaars is. Bovendien kan de overheid op verschillende niveaus de coördinatie tussen de betrokken belanghebbenden vergemakkelijken om knelpunten op te lossen en groene waterstofinvesteringen te stimuleren. Zo is bijvoorbeeld het prioriteit stellen van het gebruik van groene waterstof naar sectoren die er het meest behoefte aan hebben ook essentieel om de transitie in deze sectoren op tijd en met minimale vertragingen te stimuleren. Verder zou het gebruik van regelgeving die het gebruik van waterstof in eindsectoren, zoals vervoer of productie, verplicht stelt, de vraag stimuleren en de onzekerheid voor investeerders verminderen. Tot slot vereisen de hogere kosten van groene waterstof in vergelijking met alternatieve fossiele brandstoffen en grijze waterstof Capex en Opex subsidies die de kosten bij de eerste aanzet verlagen. Andere instrumenten die het concurrentievermogen van groene waterstof vergroten, zoals het gebruik van subsidies en contracts for difference (verschil in waarde), kunnen ook een rol spelen.

### **De financiële sfeer**

Groene waterstofprojecten zijn lange termijn en kapitaalintensief met een relatief hoog risico, waardoor institutionele beleggers de meest geschikte financieringsbron voor deze projecten zijn. De lange termijn en klimaatvriendelijke aard van

groene waterstofprojecten past in het mandaat van pensioenfondsen en verzekeringsmaatschappijen, maar het huidige risicoprofiel van deze projecten is hoger dan deze instellingen kunnen dragen, omdat ze nogal risicomijdend zijn. Maar naarmate we meer zekerheid krijgen over de hele waardeketen, kunnen deze institutionele beleggers meer financiering vrijmaken. Bij het huidige risiconiveau zal projectfinanciering echter het belangrijkste financieringsinstrument voor groene waterstof zijn. Het ontwikkelingsthema van groene waterstof is ook belangrijk, samen met het internationale aspect, waardoor het relevant is voor ontwikkelingsbanken, vooral in landen met een overvloedig potentieel aan hernieuwbare energie. Bovendien maken olie- en gasbedrijven die hun portefeuille willen diversifiëren en de bestaande infrastructuur voor fossiele brandstoffen willen hergebruiken, samen met de bijbehorende reputatievoordelen, groene waterstof tot een aantrekkelijke mogelijkheid voor deze bedrijven. Deze bedrijven kunnen tegelijkertijd investeren in meerdere segmenten van de waardeketen (hernieuwbare energie en elektrolyse, bijvoorbeeld), wat veel van de bovengenoemde risico's vermindert. Tot slot zou het diversifiëren van de beschikbare financieringsbronnen voor waterstofprojecten een belangrijke rol kunnen spelen bij de grootschalige toepassing van groene waterstof. In een volgende notitie willen we dieper ingaan op de stimulansen van verschillende belanghebbenden in de financiële sfeer.

## Verwarmingstechnologieën om emissies te verminderen

Georgette Boele – Senior Economist Sustainability | [georgette.boele@nl.abnamro.com](mailto:georgette.boele@nl.abnamro.com)

- ▶ **Het verminderen van emissies en het bereiken van netto nul voor verwarming is een complexe taak**
- ▶ **Mogelijkheden: doorgaan met het verbranden van brandstoffen of massa, maar deze moeten een duurzame oorsprong hebben ...**
- ▶ **...of warmte absorberen van andere bronnen zoals de zon, de grond, de lucht, het water of restwarmte ...**
- ▶ **...maar we kunnen ook hernieuwbare elektriciteit omzetten in warmte**
- ▶ **Er zijn dus verschillende opties, maar deze opties zijn op dit moment duurder dan het verbranden van fossiele brandstoffen**

### Inleiding:

Het leven op aarde is afhankelijk van warmte om te overleven. Op de ouderwetse manier wordt warmte opgewekt door iets te verbranden (een brandstof of een massa) om de lucht of een vloeistof die gecontroleerd kan bewegen te verhitten. Het verbranden van hout of gas is bijvoorbeeld de traditionele manier van verwarmen. Meer dan 70% van verwarming en koeling wordt opgewekt met fossiele brandstoffen. Om af te stappen van deze traditionele manier van verwarmen en de uitstoot van broeikasgassen te verminderen, wordt het proces veel ingewikkelder. In deze notitie zoomen we in op alternatieve verwarmingstechnologieën om de uitstoot van broeikasgassen te verminderen. We leggen eerst uit wat warmte is en richten ons dan op de warmtebronnen en de technologieën.

### Wat is warmte?

Warmte is de thermische energie die wordt overgedragen van het ene lichaam naar het andere als gevolg van een temperatuurverschil. Dus als twee lichamen met verschillende temperaturen samen worden gebracht, wordt energie overgedragen, d.w.z. warmte stroomt van het warmere naar het koudere lichaam. Dit gebeurt door geleiding, convectie en straling. Alle stoffen boven het absolute nulpunt hebben thermische energie, wat betekent dat de deeltjes erin op de een of andere manier bewegen. Als je daarentegen op een koude dag buiten zit, voel je je "koud" omdat de warmte die van de zon naar jou wordt overgedragen minder is dan de stralingswarmte die je afgeeft (samen met de convectieve warmteoverdracht die je afkoelt). De belangrijkste stralingswarmtebronnen in het huis zijn de warmte van de muren, het dak, de ramen en het lichaam. Convectie is de energie die wordt overgedragen door moleculaire beweging. Straling is de energie die wordt overgedragen door elektromagnetische golven en geleiding is de energie die wordt overgedragen door direct contact.

### Warmtebronnen in een wereld zonder uitstoot

#### lets blijven verbranden

Om de uitstoot voor het creëren van warmte te verminderen, kunnen fossiele brandstoffen worden vervangen door brandstoffen die minder of geen uitstoot veroorzaken. Voorbeelden hiervan zijn het verbranden van hout uit duurzaam beheerde bossen. Het verbranden van dit hout is koolstofneutraal, omdat de CO<sub>2</sub>-uitstoot die vrijkomt tijdens het verbranden gelijk is aan de CO<sub>2</sub>-uitstoot die geabsorbeerd is tijdens de groei van de bomen. Een ander voorbeeld is het gebruik van biogas, biomethaan of bio-LPG, maar de beschikbaarheid en/of productie van deze brandstoffen is te beperkt om het gebruik van fossiele brandstoffen te vervangen, dus dit is een grote uitdaging. Verbranding van brandstof zou de eenvoudigste oplossing zijn om warmte te creëren. Ketels en thermisch aangedreven warmtepompen gebruiken brandstof om warmte te creëren. Een boiler verhit een brandstof en brengt de warmte over op water. Het warme water wordt dan door het huis gepompt. In elektriciteitscentrales worden ketels gebruikt om stoom onder hoge druk te produceren door water te verhitten, zodat de centrale elektriciteit kan opwekken.

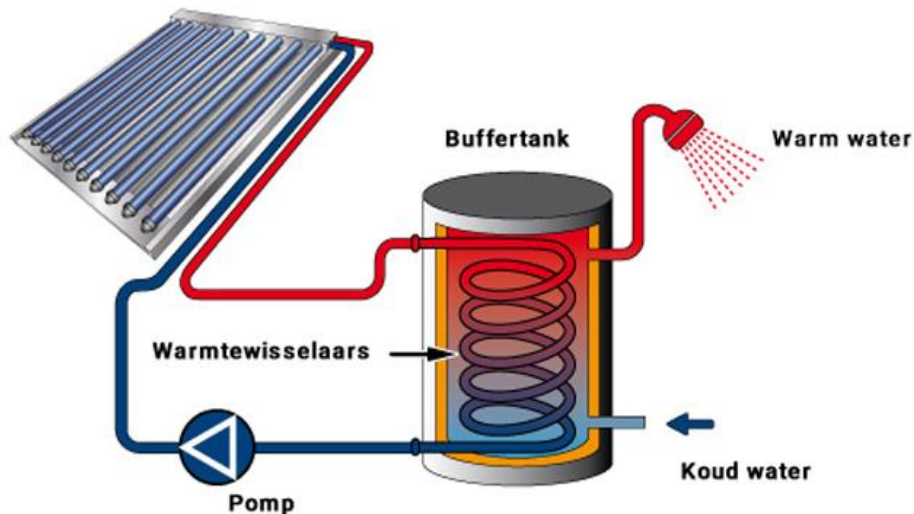
Thermisch aangedreven warmtepompen zijn warmtepompen die warmte of een motor gebruiken om de sorptie- of compressiecyclus aan te drijven. Er zijn drie soorten thermisch aangedreven warmtepompen: gas sorptie warmtepomp, thermische compressie warmtepomp en gasmotorwarmtepomp.

#### Om de warmte van een bron te absorberen

### De zon als warmtebron

Het is ook mogelijk om warmte op te nemen van een bron. Het kan worden geabsorbeerd van de zon, van de lucht of het water om ons heen of van de warmte diep in de grond. We beginnen met technologieën die warmte van de zon kunnen absorberen.

### Hoe werken thermische zonnepanelen



Bron: [www.zonnepanelen-gids.nl](http://www.zonnepanelen-gids.nl)

Thermische zonne-energie-technologie zet zonlicht om in warmte, die vervolgens wordt gebruikt om warm water te produceren, gebouwen te verwarmen of zelfs te koelen. De meeste thermische zonne-energiesystemen werken in combinatie met een verwarming. Bijvoorbeeld een condensatieketel of een warmtepomp, die in werking treedt wanneer de vraag naar warmte te groot is voor het zonnesysteem alleen. Gemiddeld kan een eengezinswoning tot 60% van de warmtebehoefte voor warm water dekken met zonne-energie. Een zonneboilersysteem bestaat uit: zonnecollectoren, op het dak gemonteerde elementen die energie van de zon verzamelen, een warmwatertank om het door het systeem verwarmde water op te slaan, een circuit en een warmtewisselaar om de warmte van de collectoren naar de warmwatertank over te brengen. De installatiekosten van een zonneboilersysteem zijn over het algemeen vrij hoog, omdat je rekening moet houden met steigers, loodgieterswerk en de benodigde aanpassingen aan je dak. Een voorbeeld is een thermisch zonnepaneel op het dak. Er zijn twee gesloten circuits met een warmtewisselaar. In het primaire circuit passeert de koude warmteoverdrachtvloei stof de zonnepanelen. Straling van de zon verwarmt het en gaat naar een warmtewisselaar om thermische energie over te dragen aan het secundaire circuit en de cyclus te herhalen. In het secundaire circuit gaat de warmteoverdrachtvloei stof naar het opslagsysteem. In het opslagsysteem geeft het zijn thermische energie af aan het water dat erin is opgeslagen. Er zijn verschillende thermische zonne-energie-technologieën: niet beglaasde zonnecollectoren, getranspireerde zonne-luchtcollectoren, vlakke plaat zonnecollectoren, vacuümbuis zonnecollectoren, thermodynamische zonnepanelen en geconcentreerde zonne-energie.

In niet beglaasde zonnecollectoren absorbeert een warmtegeleidend materiaal zonlicht en brengt de energie over op een vloeistof die door of achter het warmtegeleidende oppervlak loopt. Het heeft geen glazen bedekking. De collectoren werken het best voor toepassingen met een lage temperatuur (klein of middelmatig) die een temperatuur onder 30 graden Celsius vereisen, zoals zwembadverwarming en ruimteverwarming.

Transpireerbare zonnecollectoren bestaan meestal uit een donkergekleurd, geperforeerd metaal bekledingsmateriaal dat op een bestaande muur aan de zuidkant van een gebouw wordt gemonteerd. Een ventilator trekt buitenlucht door de perforaties en in de ruimte achter de metalen bekleding, waar de lucht wordt verwarmd tot wel 30°F-100°F (-1°C-38°Celsius) boven de omgevingstemperatuur. De ventilator trekt de lucht vervolgens het gebouw in, waar het wordt verdeeld via het ventilatiesysteem van het gebouw. De getransporteerde zonnecollector is een bewezen maar nog steeds opkomende



zonneverwarmingstechnologie. Dit type technologie is het meest geschikt voor het verwarmen van lucht en het ventileren van binnenruimtes (bron: [www.epa.gov](http://www.epa.gov)).

Vlakke plaat zonnecollectoren met beglazing bestaan uit koperen buizen en andere warmte absorberende materialen binnen een geïsoleerd frame of behuizing, bedekt met helder glas. Deze collectoren kunnen efficiënt werken bij een breder temperatuurbereik dan niet beglaasde collectoren. Ze kunnen worden gebruikt voor toepassingen tot ongeveer 80 graden Celsius. Vlakke-plaatcollectoren worden vaak gebruikt als aanvulling op traditionele waterboilers, waarbij water wordt voorverwarmd om de vraag naar brandstof te verminderen. Het ontwerp van het zonnepaneel is over het algemeen iets minder compact en minder efficiënt in vergelijking met een vacuümbuis systeem, maar dit vertaalt zich in een lagere prijs. Dit ontwerp van zonnepanelen werkt goed in alle klimaten en kan een levensduur van meer dan 25 jaar hebben.

Vacuümbuiscollectoren bestaan uit dunne, koperen buizen gevuld met een vloeistof, zoals water, die in grotere, vacuüm afgesloten buizen van helder glas of plastic zitten. Vacuüm buizen gebruiken de energie van de zon efficiënter en kunnen om een paar redenen hogere temperaturen produceren dan vlakke-plaatcollectoren (tot 120 graden Celsius). Ten eerste betekent de cilindrische vorm van vacuüm buizen dat ze de hele dag door zonlicht kunnen opvangen (vanuit veel verschillende hoeken) en op elk moment van het jaar. Ten tweede hebben de buizen ook een gedeeltelijk vacuüm binnen de doorzichtige glazen behuizing, wat het warmteverlies naar de buitenomgeving aanzienlijk vermindert - het vermindert geleidings- en convectieverliezen bij energieoverdracht. Het is een van de populairste zonneboilersystemen die in gebruik zijn. De buizen kunnen afzonderlijk worden vervangen als er een defect raakt, zodat niet de hele collector hoeft te worden vervangen. Het systeem is efficiënt en duurzaam: het vacuüm in de collectorbuizen gaat aantoonbaar meer dan twintig jaar mee.

Thermodynamische zonnepanelen zijn een nieuwe ontwikkeling (en vereisen meer onderzoek en ontwikkeling). Het zijn door zonne-energie ondersteunde warmtepompen. Ze zijn een hybride tussen een thermisch zonnepaneel en een warmtepomp. Ze kunnen niet alleen stroom opwekken uit direct zonlicht, maar ook uit warmte in de lucht. Ze lijken op zonnepanelen, maar hun functie is meer die van een warmtepomp. Ze worden op het dak of op de muren geplaatst en hoeven niet op het zuiden gericht te zijn. Deze panelen werken door een extreem koud vloeibaar koelmiddel door de buizen in het paneel te laten circuleren. Wanneer het koelmiddel het systeem binnenkomt, heeft het meestal een temperatuur van ongeveer -22°C. De panelen absorberen warmte uit de omringende lucht en dragen de energie over aan het koude koelmiddel. Tijdens dit proces stijgt de temperatuur van het koelmiddel, waardoor het uiteindelijk in een gas verandert. Het gas wordt vervolgens samengeperst, waardoor de temperatuur stijgt. Vervolgens wordt het gas doorgegeven aan een warmtewisselaar die zich in een warmwaterboiler bevindt. Het hete gas gaat dan door een warmtewisselaar, waarbij de thermische energie wordt overgedragen aan de watertoevoer, zodat het water wordt verwarmd voor huishoudelijk gebruik. Tot slot keert het koelmiddel terug naar zijn oorspronkelijke vloeibare toestand en circuleert het opnieuw door het systeem, waardoor het proces opnieuw begint. Het voordeel van thermodynamische panelen is dat ze in verschillende weersomstandigheden kunnen werken, zelfs 's nachts of tijdens bewolkte dagen. Ze absorberen warmte van direct zonlicht, maar kunnen ook warmte uit de omgevingslucht halen. Dit komt doordat ze warmte aan de lucht kunnen onttrekken, vergelijkbaar met hoe grondwarmtepompen werken. Ze kunnen worden gebruikt voor de productie van warm water en vloerverwarming.

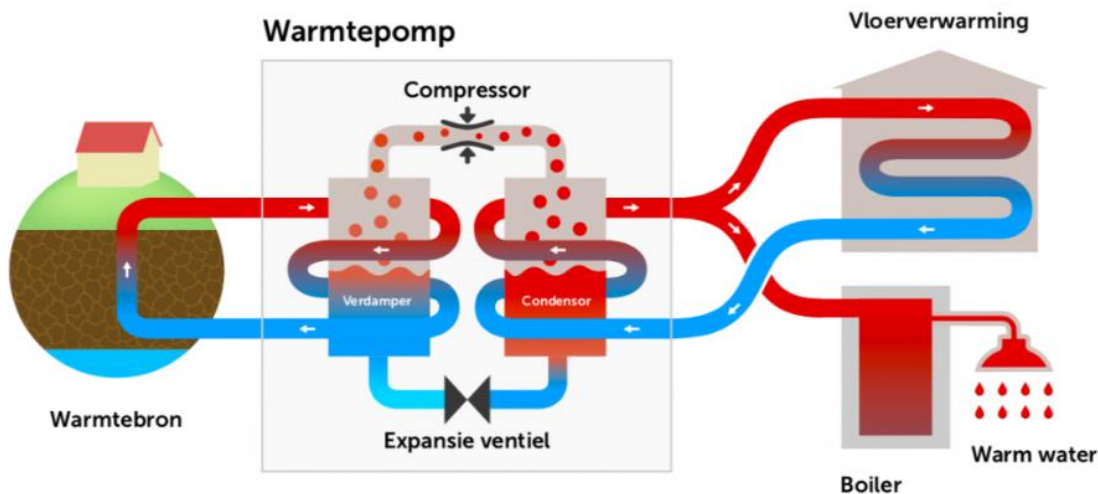
Geconcentreerde zonne-energie (CSP) is een methode om elektriciteit op te wekken via spiegels. Deze technologie gebruikt spiegels om zonlicht te weerkaatsen en te richten op een thermische ontvanger. De intense CSP-energie verhit de vloeistof (heat-transfer fluid of HFT) in de ontvanger tot hoge temperaturen. Deze warmte of thermische energie wordt gebruikt om een turbine te laten draaien en zo elektriciteit op te wekken (bron: [energysystems.com](http://energysystems.com)). De thermische energie in de vloeistof kan worden opgeslagen voor later gebruik. CSP-energie heeft ook directe industriële toepassingen in waterontziltling en voedselverwerking. Geconcentreerde zonne-energie heeft ook een hoge energieopbrengst, waardoor het geschikt is voor grootschalige elektriciteitsopwekking. Een van de belangrijkste nadelen zijn de hoge kapitaal- en onderhoudskosten. Bovendien is de technologie nog relatief nieuw en is er een gebrek aan ervaren professionals op dit gebied.

*De grond als warmtebron*



Een andere bron waaruit warmte kan worden opgenomen is de grond. Dit wordt gedaan door geothermische of grondwärmtepompen. Ze kunnen een huis verwarmen of koelen en zelfs warm water leveren door warmte van of naar de grond te verplaatsen. Ze kunnen in elk klimaat werken vanwege de constante ondergrondse temperatuur van de aarde. De temperatuur stijgt in het grootste deel van de wereld met ongeveer 25-30 graden/km diepte nabij het oppervlak door de warmtestroom vanuit de veel heterere mantel. Het effect van het weer, de zon en het seizoen bereikt slechts een diepte van ruwweg 10-20 m ([www.energy.gov](http://www.energy.gov)). Geothermische warmtepompen hebben elektriciteit nodig om te werken. Ze kunnen worden aangesloten op zonnepanelen. Warmtepompen zijn zeer efficiënt.

### Hoe werkt een warmtepomp



Bron: [www.energieplein.nl](http://www.energieplein.nl)

#### Lucht of water als warmtebron

De lucht om ons heen of het water in de buurt kan een bron van warmte zijn. Warmtepompen kunnen deze warmte absorberen en reeds bestaande warmte uit de omgeving overbrengen naar een gebouw. Ze gebruiken voornamelijk de energie die is opgeslagen in het grondwater of de lucht voor ruimteverwarming, warm water, ventilatie en koeling. Er zijn water-water warmtepompen, lucht-water warmtepompen en luchtwarmtepompen. Ze zijn zeer efficiënt. Ze werken goed met goed geïsoleerde gebouwen; distributiesystemen die werken bij lage temperatuur, d.w.z. vloerverwarming en grote radiatoren en een hogere temperatuur van de warmtebron (bodem, grondwater of lucht) (bron: ehi). Maar ze hebben wel elektriciteit nodig om te werken.

#### De uitdaging voor warmtepompen

Een groot aantal warmtepompen gebruikt gefluoreerde gassen of F-gassen als koelmiddel. Gefluoreerde gassen zijn door de mens gemaakte gassen die worden gebruikt in bijvoorbeeld warmtepompen en schakelapparatuur. Deze F-gassen worden mondjesmaat gebruikt, maar ze zijn extreem krachtig: F-gassen zijn tussen 1.400-22.800 krachtiger dan CO<sub>2</sub>. Momenteel zijn F-gassen verantwoordelijk voor 2,5% van de uitstoot van broeikasgassen in de EU. De warmtepompsector heeft toegezegd de overschakeling van F-gassen naar natuurlijke koelmiddelen waar mogelijk te ondersteunen en heeft al aanzienlijke vooruitgang geboekt in het segment van monoblok buitenunits. De huidige EU-verordening heeft als doel de uitstoot van F-gassen tegen 2030 met tweederde te verminderen ten opzichte van 2014. De Europese Commissie heeft voorgesteld de uitstoot van F-gassen tot 2050 met 90% te verminderen ten opzichte van 2015. Op 21 juli 2023 werd de EU-deal over F-gassen uitgesteld. Drie kwesties zorgden voor de impasse: warmtepompen, schakelapparatuur - de dozen die de elektrische stroom regelen - en Bijlage IV, die regels geeft voor wanneer verschillende soorten producten worden verboden. Er zijn al warmtepompen op de markt met natuurlijke koelmiddelen met een lager aardopwarmingsvermogen (GWP), zoals lucht, CO<sub>2</sub>, ammoniak, koolwaterstoffen en water).

### Aardopwarmingsvermogen: F-gassen in oranje

Gas	GWP (AR4, 100yr)
CO <sub>2</sub>	1
Methane	25
Nitrous Oxide	298
HFC-134a	1,430
R-404A (HFC blend)	3,922
R-410A (HFC blend)	2,088
HFC-125	3,500
PFC-14	7,390
SF <sub>6</sub>	22,800

Bron: climate.ec.europa.eu

#### Restwarmte

Restwarmte is de warmte die vrijkomt als bijproduct van industriële processen of elektriciteitsopwekking. In veel gevallen wordt deze warmte verspild. Het gebruik van restwarmte wordt echter steeds gebruikelijker. Het draagt bij aan een efficiënter energiegebruik, waardoor er minder energiebronnen nodig zijn. Er zijn verschillende manieren om restwarmte te gebruiken. Warmteterugwinning verwijst naar het terugwinnen van een deel van de energie die wordt verspild door het gebruik in verwarmings-, ventilatie- en airconditioningsystemen. Warmtekrachtkoppeling (WKK) is het gebruik van een warmtemotor of energiecentrale om tegelijkertijd elektriciteit en nuttige warmte op te wekken. Het gaat hierbij om de gelijktijdige productie van elektriciteit of mechanische energie en nuttige thermische energie (verwarming en/of koeling) uit één enkele energiebron (bron: [energy.gov](https://www.energy.gov)). Warmtekrachtkoppeling (WKK) is een zeer efficiënt proces (meer dan 80%) dat de warmte die een bijproduct is van het proces van elektriciteitsopwekking opvangt en gebruikt. De elektriciteit kan ook worden opgewekt uit hernieuwbare bronnen. Door gelijktijdig warmte en elektriciteit op te wekken, kan WKK de koolstofuitstoot tot 30% verminderen in vergelijking met de afzonderlijke conventionele manier van opwekking via een ketel en elektriciteitscentrale. De warmte die tijdens dit proces wordt opgewekt, wordt geleverd aan een goed afgestemde warmtevraag waaraan anders door een conventionele ketel zou worden voldaan.

Een andere manier om restwarmte te gebruiken is stadsverwarming. Bij stadsverwarming wordt warmte op een centrale locatie opgewekt en vervolgens gedistribueerd naar woningen, bedrijven en industrie in een lokaal gebied. Stadsverwarming is de distributie van warmte van grootschalige opwekkings- en afvalwarmtebronnen over grote gebieden, meestal in steden, waarbij gemeenschappelijke verwarmingssystemen met elkaar worden verbonden. Typische centrale energiebronnen: elektriciteitscentrales, EfW (energie uit afval), gasgestookte warmtekrachtkoppelingseenheden, biomassa warmtekrachtkoppeling, industriële warmtepompen, zonne-/geothermische bronnen. De belangrijkste voordelen van stadsverwarming zijn drieledig: lagere energiekosten, milieuvordelen (door de vermindering van koolstofemissies) en voorzieningszekerheid. Volgens het IEA bleef de productie van stadswarmte in 2022 relatief gelijk aan het voorgaande jaar en voorzagt ze in ongeveer 9% van de wereldwijde behoefte aan eindverwarming in gebouwen en de industrie. Stadsverwarming biedt een groot potentieel voor efficiënte, kosteneffectieve en flexibele grootschalige integratie van emissiearme energiebronnen in de energiemix voor verwarming.

#### Warmte creëren uit elektriciteit

Warmte maken uit elektriciteit of elektrische energie omzetten in warmte wordt kortweg power-to-heat genoemd. Hernieuwbare energiebronnen kunnen elektriciteit produceren en deze elektriciteit wordt omgezet in warmte. Er zijn verschillende manieren om dat te doen en de toepassingen verschillen voor huishoudens en de industrie. Voor huishoudens zijn de belangrijkste verwarmers elektrische weerstandverwarmers (plintverwarmers, paneelverwarmers, vloerverwarming en wandverwarmers), infraroodverwarmers of een combinatie (elektrische haarden). Vloerverwarming zorgt voor stralingswarmte die vanaf de vloer naar boven wordt overgedragen. Plint- en paneelverwarmers zijn convectiekachels en elektrische haarden zijn een combinatie van infraroodstraling en convectie.

Voor industriële toepassingen zijn er de volgende vormen van verwarming: weerstandsverwarming, inductieverwarming, infraroodverwarming, magnetronverwarming, grafeenverwarming en koolstofnanobuisverwarming. We leggen nu in het kort deze verschillende industriële verwarmingstechnologieën uit (bron: ee-ip.org).

Weerstandsverwarming is een veelgebruikte verwarmingstechnologie waarbij een elektrische stroom door een materiaal met hoge weerstand wordt geleid, zoals een metaaldraad of een legering. Ze worden geregeld met een thermostaat. De weerstand genereert warmte die gebruikt wordt om het materiaal op te warmen. Weerstandsverhitting kan worden gebruikt voor temperaturen tot 1200°C. Inductieverwarming is de technologie waarbij elektromagnetische inductie wordt gebruikt om een materiaal op te warmen. Het is een contactloze techniek voor het verwarmen van metalen of andere elektrisch geleidende materialen door elektromagnetische inductie. Er wordt een wisselend magnetisch veld opgewekt rond het materiaal, dat een elektrische stroom induceert in het materiaal, waardoor warmte wordt geproduceerd. Inductieverwarming kan worden gebruikt voor temperaturen tot 2500°C. Infraroodverwarming gebruikt infraroodstraling om een materiaal op te warmen. De infraroodstraling wordt geabsorbeerd door het materiaal, dat opwarmt. Infraroodverwarming kan worden gebruikt voor temperaturen tot 1000°C. Microgolfstraling wordt gebruikt om een materiaal op te warmen. Microgolven zijn niet-ioniserende straling. Dit betekent dat ze atomen en moleculen niet veranderen en cellen niet beschadigen zoals ioniserende straling doet. De microgolven dringen het materiaal binnen en prikkelen de moleculen, waardoor warmte wordt geproduceerd. Microgolfverwarming kan worden gebruikt voor temperaturen tot 3000°C. Grafeenverwarming is een relatief nieuwe verwarmingstechnologie waarbij grafeen wordt gebruikt om warmte te genereren. Wanneer een elektrische stroom door grafeen wordt geleid, genereert de weerstand van het materiaal warmte. Grafeen kan worden gebruikt in elektrische vloerverwarming, maar ook in industriële processen. Grafeenverwarming kan worden gebruikt voor temperaturen tot 2000°C. Koolstofnanobuisverwarming is een andere nieuwe verwarmingstechnologie waarbij koolstofnanobuizen worden gebruikt om warmte op te wekken. Wanneer een elektrische stroom door koolstofnanobuizen wordt geleid, worden ze warm en genereren ze warmte. Koolstofnanobuisverwarming kan worden gebruikt voor temperaturen tot 3000°C.

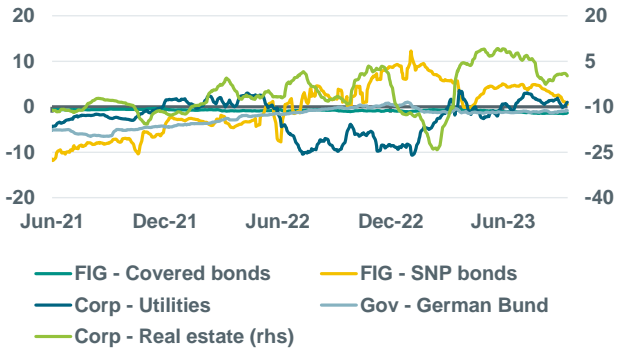
### **Conclusie**

Verwarming gebeurt meestal door de verbranding van fossiele brandstoffen. Het terugdringen van de uitstoot en zelfs het bereiken van netto nul in 2050 voor verwarming is een enorme uitdaging. Er zijn verschillende manieren om dit aan te pakken. We kunnen iets blijven verbranden. Maar dan moet de brandstof of massa vervangen worden door een meer duurzame en emissiearme brandstof of massa. De beschikbaarheid en de productie van deze brandstoffen zijn nog beperkt en niet voldoende om fossiele brandstoffen te vervangen. Er zijn ook andere bronnen om warmte op te wekken namelijk de zon (via thermische zonnecollectoren), de grond, lucht en water (via warmtepompen). De mogelijkheden zijn beschikbaar, maar de kosten zijn nog steeds hoog in vergelijking met de verbranding van fossiele brandstoffen. Er is nog een andere uitdaging met betrekking tot warmtepompen. Het is waarschijnlijk dat de EU de regelgeving verder zal aanscherpen om het gebruik van gefluoreerde gassen (F-gassen), die als koelmiddel in warmtepompen worden gebruikt, terug te dringen. Dit zou de uitrol en/of acceptatie van warmtepompen kunnen belemmeren. Restwarmte is een andere warmtebron die voornamelijk wordt verspild. Het potentieel van restwarmte voor de industrie en stadsverwarming is aanzienlijk. Tot slot kan hernieuwbare elektriciteit worden omgezet in warmte voor huishoudens en de industrie.

# ESG in figures

## ABN AMRO Secondary Greenium Indicator

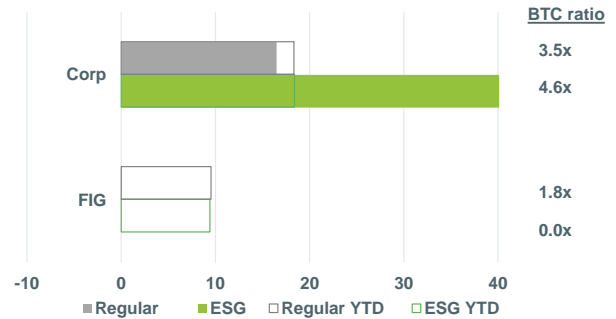
Delta (green I-spread – regular I-spread)



Note: Secondary Greenium indicator for Corp and FIG considers at least five pairs of bonds from the same issuer and same maturity year (except for Corp real estate, where only 3 pairs were identified). German Bund takes into account the 2030s and 2031s green and regular bonds. Delta refers to the 5-day moving average between green and regular I-spread. Source: Bloomberg, ABN AMRO Group Economics

## ABN AMRO Weekly Primary Greenium Indicator

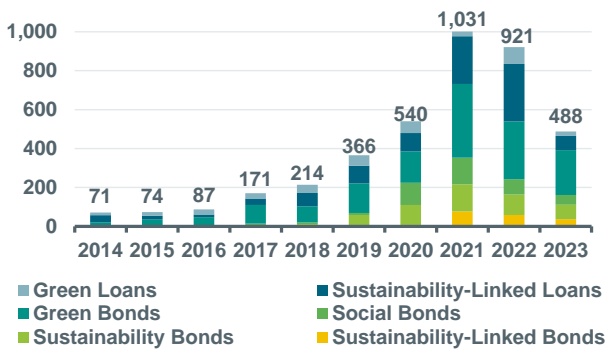
NIP in bps



Note: Data until 14-09-23. BTC = Bid-to-cover orderbook ratio. Source: Bloomberg, ABN AMRO Group Economics

## Sustainable debt market overview

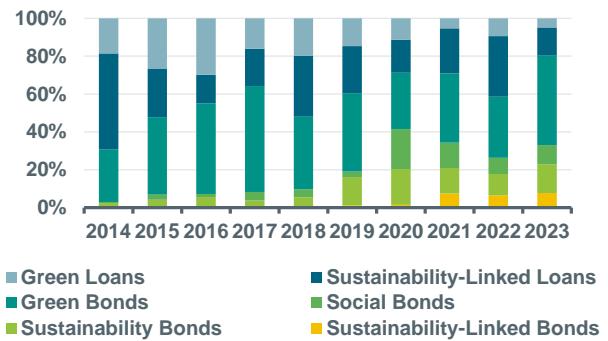
EUR bn



Source: Bloomberg, ABN AMRO Group Economics

## Breakdown of sustainable debt by type

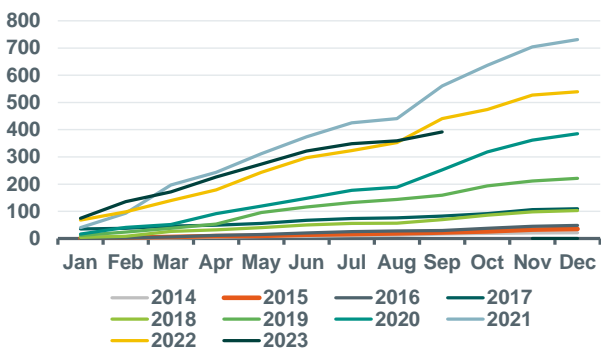
% of total



Source: Bloomberg, ABN AMRO Group Economics

## YTD ESG bond issuance

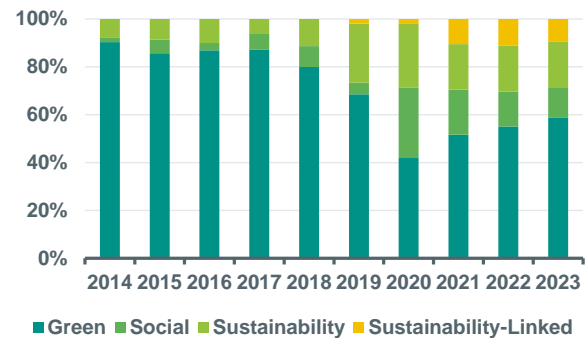
EUR bn (cumulative)



Source: Bloomberg, ABN AMRO Group Economics

## Breakdown of ESG bond issuance by type

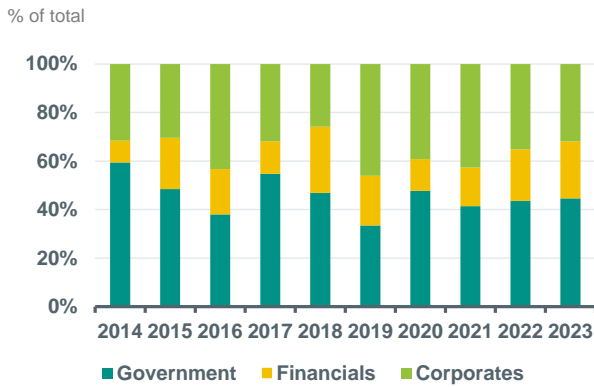
% of total



Source: Bloomberg, ABN AMRO Group Economics

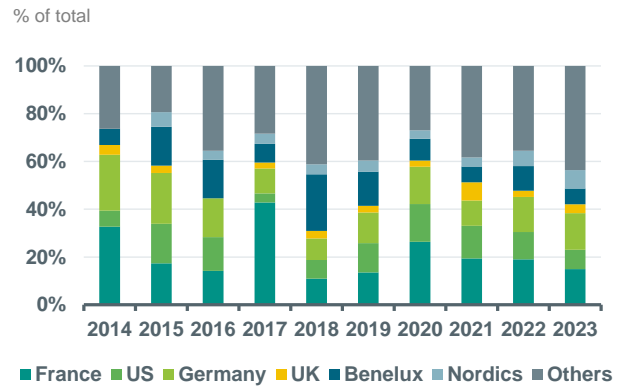
Figures hereby presented take into account only issuances larger than EUR 250m and in the following currencies: EUR, USD and GBP.

### Breakdown of ESG bond issuance by sector



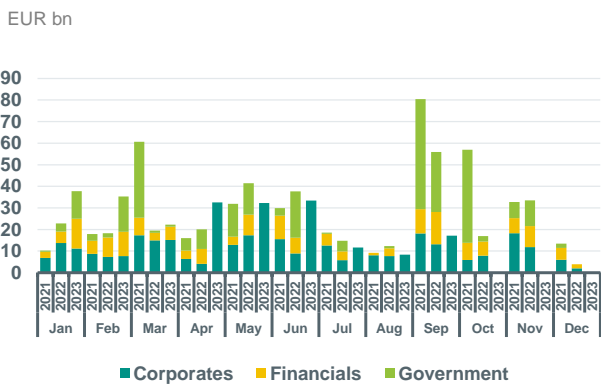
Source: Bloomberg, ABN AMRO Group Economics

### Breakdown of ESG bond issuance by country



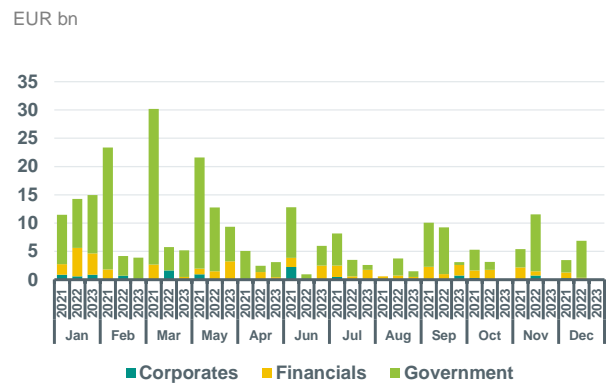
Source: Bloomberg, ABN AMRO Group Economics

### Monthly Green Bonds issuance by sector



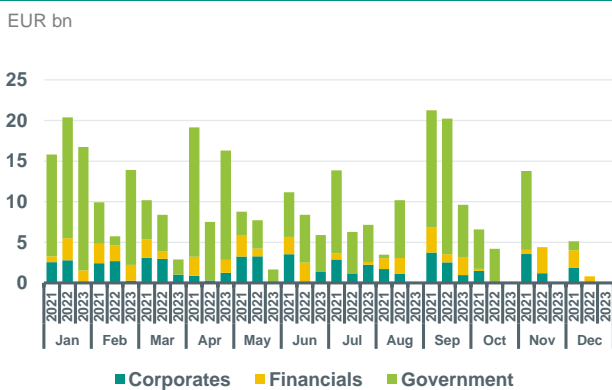
Source: Bloomberg, ABN AMRO Group Economics

### Monthly Social Bonds issuance by sector



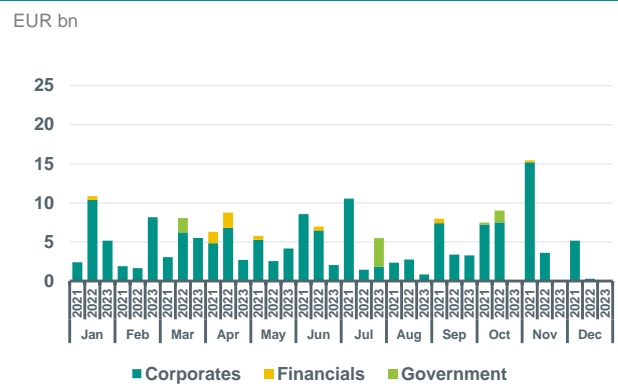
Source: Bloomberg, ABN AMRO Group Economics

### Monthly Sustainability Bonds issuance by sector



Source: Bloomberg, ABN AMRO Group Economics

### Monthly Sust.-Linked Bonds issuance by sector



Source: Bloomberg, ABN AMRO Group Economics

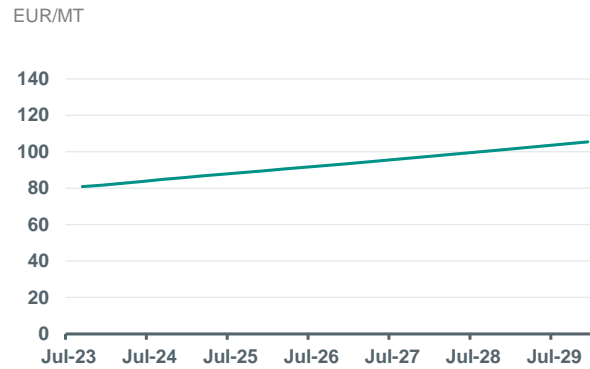
Figures hereby presented take into account only issuances larger than EUR 250m and in the following currencies: EUR, USD and GBP.

### Carbon contract current prices (EU Allowance)



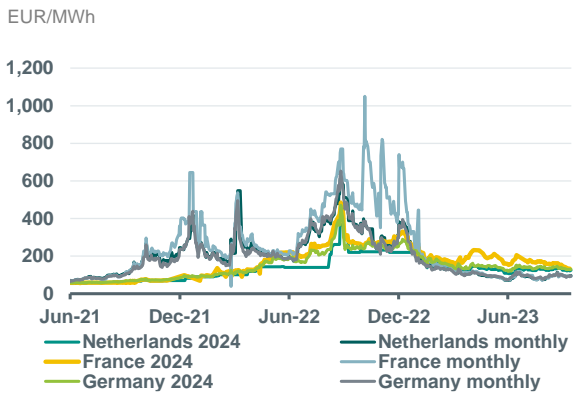
Source: Bloomberg, ABN AMRO Group Economics

### Carbon contract futures curve (EU Allowance)



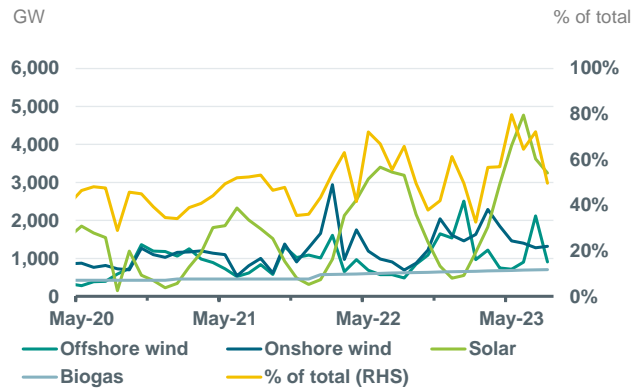
Source: Bloomberg, ABN AMRO Group Economics

### Electricity power prices (monthly & cal+1 contracts)



Source: Bloomberg, ABN AMRO Group Economics. Note: 2024 contracts refer to cal+1

### Electricity generation from renewable sources (NL)



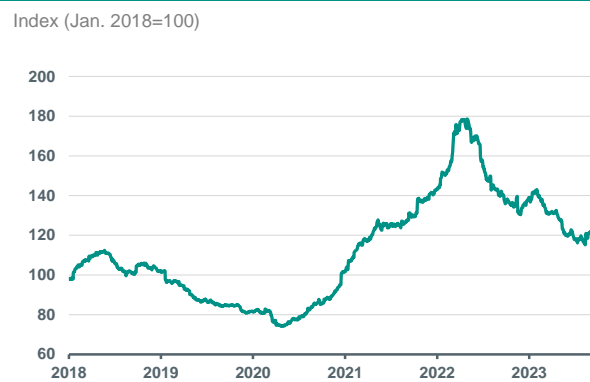
Source: Energieopwek (Klimaat-akkoord), ABN AMRO Group Economics

### TTF Natgas prices



Source: Bloomberg, ABN AMRO Group Economics

### Transition Commodities Price Index



Note: Average price trend of 'transition' commodities, such as: corn, sugar, aluminium, copper, nickel, zinc, cobalt, lead, lithium, manganese, gallium, indium, tellurium, steel, steel scrap, chromium, vanadium, molybdenum, silver and titanium. Source: Refinitiv, ABN AMRO Group Economics

## DISCLAIMER

ABN AMRO Bank  
Gustav Mahlerlaan 10 (visiting address)  
P.O. Box 283  
1000 EA Amsterdam  
The Netherlands

This material has been generated and produced by a Fixed Income Strategist ("Strategists"). Strategists prepare and produce trade commentary, trade ideas, and other analysis to support the Fixed Income sales and trading desks. The information in these reports has been obtained or derived from public available sources; ABN AMRO Bank NV makes no representations as to its accuracy or completeness. The analysis of the Strategists is subject to change and subsequent analysis may be inconsistent with information previously provided to you. Strategists are not part of any department conducting 'Investment Research' and do not have a direct reporting line to the Head of Fixed Income Trading or the Head of Fixed Income Sales. The view of the Strategists may differ (materially) from the views of the Fixed Income Trading and sales desks or from the view of the Departments conducting 'Investment Research' or other divisions

This marketing communication has been prepared by ABN AMRO Bank N.V. or an affiliated company ('ABN AMRO') and for the purposes of Directive 2004/39/EC has not been prepared in accordance with the legal and regulatory requirements designed to promote the independence of research. As such regulatory restrictions on ABN AMRO dealing in any financial instruments mentioned in this marketing communication at any time before it is distributed to you do not apply.

This marketing communication is for your private information only and does not constitute an analysis of all potentially material issues nor does it constitute an offer to buy or sell any investment. Prior to entering into any transaction with ABN AMRO, you should consider the relevance of the information contained herein to your decision given your own investment objectives, experience, financial and operational resources and any other relevant circumstances. Views expressed herein are not intended to be and should not be viewed as advice or as a recommendation. You should take independent advice on issues that are of concern to you.

Neither ABN AMRO nor other persons shall be liable for any direct, indirect, special, incidental, consequential, punitive or exemplary damages, including lost profits arising in any way from the information contained in this communication.

Any views or opinions expressed herein might conflict with investment research produced by ABN AMRO.

ABN AMRO and its affiliated companies may from time to time have long or short positions in, buy or sell (on a principal basis or otherwise), make markets in the securities or derivatives of, and provide or have provided, investment banking, commercial banking or other services to any company or issuer named herein.

Any price(s) or value(s) are provided as of the date or time indicated and no representation is made that any trade can be executed at these prices or values. In addition, ABN AMRO has no obligation to update any information contained herein.

This marketing communication is not intended for distribution to retail clients under any circumstances.

This presentation is not intended for distribution to, or use by any person or entity in any jurisdiction where such distribution or use would be contrary to local law or regulation. In particular, this presentation must not be distributed to any person in the United States or to or for the account of any "US persons" as defined in Regulation S of the United States Securities Act of 1933, as amended.

## CONFLICTS OF INTEREST/ DISCLOSURES

This report contains the views, opinions and recommendations of ABN AMRO (AA) strategists. Strategists routinely consult with AA sales and trading desk personnel regarding market information including, but not limited to, pricing, spread levels and trading activity of a specific fixed income security or financial instrument, sector or other asset class. AA is a primary dealer for the Dutch state and is a recognized dealer for the German state. To the extent that this report contains trade ideas based on macro views of economic market conditions or relative value, it may differ from the fundamental credit opinions and recommendations contained in credit sector or company research reports and from the views and opinions of other departments of AA and its affiliates. Trading desks may trade, or have traded, as principal on the basis of the research analyst(s) views and reports. In addition, strategists receive compensation based, in part, on the quality and accuracy of their analysis, client feedback, trading desk and firm revenues and competitive factors. As a general matter, AA and/or its affiliates normally make a market and trade as principal in securities discussed in marketing communications.

ABN AMRO is authorised by De Nederlandsche Bank and regulated by the Financial Services Authority; regulated by the AFM for the conduct of business in the Netherlands and the Financial Services Authority for the conduct of UK business.

Copyright 2023 ABN AMRO. All rights reserved. This communication is for the use of intended recipients only and the contents may not be reproduced, redistributed, or copied in whole or in part for any purpose without ABN AMRO's prior express consent.