

SustainaWeekly

Batterijtechnologieën in de schijnwerpers

- ▶ **Economie:** Het probleem met hernieuwbare energie is intermittentie en batterijen kunnen dit probleem oplossen. Batterijen hebben echter ook hun uitdagingen: energiedichtheid, levenscycli, materiaalgebruik. De keuze van de technologie is vooral een afweging tussen energiedichtheid, levenscycli en beschikbaarheid en kosten van materialen, waarbij de veiligheid altijd op een hoog niveau moet staan. Opkomende batterijtechnologieën zouden een aantal van de uitdagingen van de huidige technologieën kunnen oplossen.
- ▶ **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.

In een wereld waarin hernieuwbare energie de overhand krijgt, is een manier om energie op te slaan cruciaal. In de SustainaWeekly van deze week zetten we de schijnwerpers op batterijtechnologieën, niet alleen op bestaande, maar ook op opkomende technologieën. We richten ons op de voor- en nadelen van de verschillende technologieën.

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

De voor- en nadelen van batterijtechnologieën

Georgette Boele – Senior Economist Sustainability | georgette.boele@nl.abnamro.com

- ▶ **Het probleem met hernieuwbare energiebronnen is intermittentie, maar accu's kunnen dit probleem oplossen**
- ▶ **Batterijen slaan energie op voor later gebruik, voor mobiliteit en draagbare apparaten**
- ▶ **Maar zij hebben ook hun uitdagingen: energiedichtheid, levenscycli en materiaalgebruik**
- ▶ **De keuze van de technologie is vooral een afweging tussen energiedichtheid, levenscycli en beschikbaarheid en kosten van materialen, waarbij veiligheid altijd op een hoog niveau moet staan**
- ▶ **Opkomende batterijtechnologieën zouden een aantal van de uitdagingen van de huidige technologieën kunnen oplossen**

Om netto nul te bereiken in 2050 spelen hernieuwbare energiebronnen een cruciale rol. Het grootste probleem met hernieuwbare energie is de intermittentie, dus het komt en gaat en is moeilijk te voorspellen. Daarom hebben we een manier nodig om deze energie op te slaan. Er zijn twee hoofddoelen/redenen om energie op te slaan: opslag voor thuis/kantoor of voor mobiliteit. Een voorbeeld van het eerste is een thuisbatterij die de energie opslaat die overdag door zonnepanelen wordt geproduceerd, om deze te verbruiken als de zon ondergaat. Deze batterij wordt dus gebruikt om energie uit hernieuwbare bronnen op te slaan om die op een later moment te gebruiken. Een voorbeeld van de laatste is een batterij die wordt gebruikt in een elektrische auto in plaats van een verbrandingsmotor die fossiele brandstoffen verbrandt. Dit is dus een batterij om energie op te slaan om te kunnen rijden in plaats van fossiele brandstoffen te verbranden en zo de uitstoot van broeikasgassen te verminderen. Batterijen zijn cruciaal in de energietransitie. Maar er zijn nogal wat uitdagingen. Batterijen voor thuisopslag zijn duur, worden over het algemeen niet gesubsidieerd en zijn afhankelijk van materialen die schaars zijn. Accu's voor mobiliteit hebben een hogere energiedichtheid nodig om de actieradius te vergroten. Ze zijn ook duur vanwege de kritische metalen die worden gebruikt, terwijl er in de toekomst ook een tekort aan deze metalen kan ontstaan. In deze analyse richten we ons op de huidige en opkomende batterijtechnologieën om enkele van deze uitdagingen op te lossen. We beginnen met enkele basisprincipes over accu's, kijken vervolgens naar de accu's die op dit moment beschikbaar zijn, gevolgd door de opkomende technologieën.

Wat is een batterij?

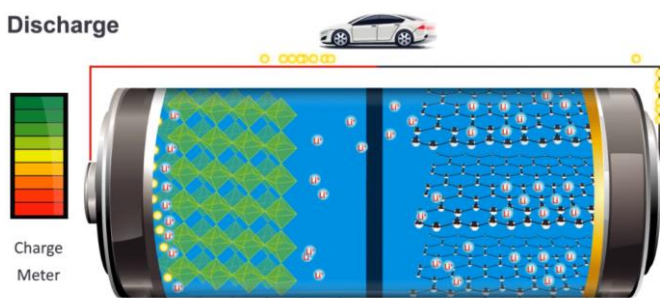
Een batterij is een apparaat dat elektriciteit produceert uit een chemische reactie. Elke batterij heeft een cel die uit drie onderdelen bestaat: twee elektroden (positief en negatief) en een elektrolyt ertussen. De elektroden worden ondergedompeld in chemicaliën in de batterij. De chemicaliën reageren met de metalen waardoor zich een overschot aan elektronen opbouwt op de negatieve elektrode en er een tekort aan elektronen ontstaat op de positieve elektrode. Als je een circuit aansluit, is er een manier voor de elektronen om van de negatieve naar de positieve kant te gaan. Conventionele batterijen slaan dus energie op door chemische reacties te gebruiken om ionen op te vangen die van de ene elektrode naar de andere bewegen. Zoals hierboven aangegeven worden accu's gebruikt om (hernieuwbare) energie op te slaan voor later gebruik en voor elektrische voertuigen. Er zijn verschillende soorten batterijen. Er zijn niet-oplaadbare batterijen (alkaline) en oplaadbare batterijen (loodzuur, nikkel-cadmium, nikkel-metaalhybride en lithium-ion). In de tabel op de derde pagina worden ze verder in detail uitgelegd.

Vandaag de dag gebruikt meer dan 50% van de hele markt lithium-ion. Deze batterijen genieten de voorkeur in elektrische voertuigen vanwege hun hoge energie per massa-eenheid, hoge vermogen/gewichtsverhouding, energie-efficiëntie en lage zelfontlading (bron: eTechnophiles). De twee meest voorkomende concepten in verband met batterijen zijn energiedichtheid en vermogensdichtheid. Energiedichtheid wordt gemeten in wattuur per kilogram (Wh/kg) en is de hoeveelheid energie die de batterij kan opslaan ten opzichte van zijn massa. Vermogensdichtheid wordt gemeten in watt per kilogram (W/kg) en is de hoeveelheid energie die door de batterij kan worden opgewekt in verhouding tot de massa (bron: www.energy.gov). Het is dus de snelheid waarmee de batterij wordt opgeladen/ontladen. Andere belangrijke aspecten zijn thermische runaway, vooral voor lithium-ion accu's, en levensduur. Thermische runaway wordt gedefinieerd als een kritieke toestand die optreedt tijdens het opladen met constante spanning waarbij de stroom en de temperatuur van de accu een cumulatief, wederzijds versterkend effect veroorzaken waardoor ze verder toenemen en tot de vernietiging van de accu kunnen leiden. De levensduur van een accu is het aantal laad-, ontlad- of rustcycli dat een cel of accu kan leveren. Hieronder gaan we dieper in op lithium-ion accu's omdat dit momenteel de meest gebruikte accu's zijn.

Lithium-ion batterij

Zoals hierboven aangegeven is een lithium-ion batterij een familie van oplaadbare batterijtypes. De accu heeft een kathode, anode, separator, elektrolyt en twee stroomcollectoren (positief en negatief). De anode en kathode slaan het lithium op. De elektrolyt transporteert positief geladen lithiumionen van de anode naar de kathode en vice versa door de separator. De beweging van de lithiumionen creëert vrije elektronen in de anode die een lading creëren bij de positieve stroomcollector. De elektrische stroom vloeit vervolgens van de stroomcollector door een apparaat dat van stroom wordt voorzien (mobiele telefoon, computer, EV) naar de negatieve stroomcollector. De separator blokkeert de stroom van elektronen in de batterij. Terwijl de batterij ontladend elektrische stroom levert, geeft de anode lithium-ionen af aan de kathode, waardoor een stroom van elektronen van de ene naar de andere kant ontstaat. Wanneer het apparaat wordt aangesloten (laden), gebeurt het tegenovergestelde: Lithiumionen worden afgegeven door de kathode en ontvangen door de anode (bron: www.energy.gov). Een batterij kan op verschillende manieren worden verpakt: cilindrisch, prismatisch of in een zakje. Elke manier van verpakken heeft een ander systeem van thermisch beheer.

Zo werkt een lithium-ion batterij bij ontladen



Bron: energy.gov

De capaciteit en spanning van de batterij worden bepaald door het type actief materiaal dat in de kathode wordt gebruikt. De meeste kathoden bevatten nikkel, lithium, kobalt en mangaan, maar in verschillende hoeveelheden. Sommige accu's bevatten aluminium. Elke batterijchemie heeft een specifieke energiedichtheid, stabiliteit, veiligheid en duurzaamheid en de ene chemie kan beter geschikt zijn voor opslag of in elektrische voertuigen en vice versa. Nikkel is belangrijk voor hoge capaciteit, mangaan en kobalt zijn belangrijk voor de hoge veiligheid en aluminium verhoogt het vermogen van de batterij. De verschillende soorten lithium-ion-accu's worden in de onderstaande tabel genoemd. Een hogere energiedichtheid betekent dat voertuigen verder kunnen rijden zonder te hoeven opladen. Veiligheid en duurzaamheid zijn ook belangrijk om rekening mee te houden. De anode is verantwoordelijk voor de levensduur en is meestal gemaakt van natuurlijk of synthetisch grafiet. De elektrolyt en separator bepalen de veiligheid van een batterij.

Er zijn verschillende manieren om de energiedichtheid van een lithium-ionbatterij te verhogen. Ten eerste door meer lithium, kobalt en andere componenten gebruiken. Ten tweede, door de samenstelling te veranderen van de accu en de gebruikte materialen (accu-chemie). Dus bijvoorbeeld een lager gebruik van kobalt en een hoger gebruik van nikkel. Een Nikkel Kobalt Aluminium Oxide (NCA) accu heeft de grootste energiedichtheid. Een Nikkel Mangaan Kobalt Oxide (NMC) accu heeft een lagere energiedichtheid dan een NCA accu maar heeft een langere levensduur. Ze maken beide gebruik van kritische metalen en hebben relatief lage thermische runaway temperaturen (150-210 °C). Een Lithium IJzer Fosfaat (LFP) accu biedt thermische stabiliteit bij zelfs hoge temperaturen, is goedkoop, heeft hoge cycli en een hoge duurzaamheid. Een Lithium Titanat batterij heeft een lage energiedichtheid en is duur, maar is een van de veiligste Lithium-ion batterijen en heeft lange levenscycli.

Huidige oplaadbare batterijtechnologieën

	Chemie	Energy dichtheid	Thermal runaway	Lage temperatuurgrens	Levensduur	Kosten \$/kWh	Voordelen	Nadelen	Toepassingen
Stroom	Energie opslaan in vloeibare elektrolytoplossing Op koolstof gebaseerde elektroden samen met ijzer, broom of organische moleculen	170 Wh/kg			+/- 30 years	20-100	Lange levensduur Grote opslagruimte Kan worden geüpgraded Onderdeel kan worden vervangen Geen kritische metalen	Lage energiedichtheid Niet commercieel volwassen	Opslag
Loodzuur	Looddioxide kathode Loodanode	40-60 Wh/kg		-40 °C	500-1.200	100 141	Lage zelfontlading Presteren goed bij kou	Lage energiedichtheid Veel gebruik van lood	Opslag
LCO	Lithium Kobalt Oxide (60% Kobalt) kathode	150-200 Wh/kg	150 °C		500-1.000		Hoge energiedichtheid	Thermische instabiliteit Capaciteitsdegradatie	Kleine draagbare elektronica
LFP	Grafietanode Lithium ijzerfosfaat kathode Grafietanode	120-165 Wh/kg	270 °C	-20 °C	2.500	96	Snel opladen Langere levenscyclus Minder risico op thermische runaway Lagere kosten, minder kritische metalen	Niet voor hoge belasting Lagere energiedichtheid Gevoeliger voor kou	Opslag, EV
LMO	Lithium Mangaanoxide kathode Grafietanode	100-150 Wh/kg	250 °C		300-700	104	Hogere thermische stabiliteit Geen kobalt	Korte levensduur	EV, draagbaar elektrisch gereedschap
LTO	LMO of NMC kathode Lithium Titaanaat anode	50-80 Wh/kg	One of safest Li-ion		3.000-7.000		Brede gebruikstemperatuur Lange levensduur Veiligheid en stabiliteit	Lage energiedichtheid Duur	EV, laadstations, lucht- en ruimtevaart
NCA	Lithium Nikkel Kobalt Aluminium Oxide kathode Grafiet anode	260-350 Wh/kg	150 °C		<1000	139	Hogere energiedichtheid Geen gebruik van mangaan	Kortere levenscyclus Gebruik van kritische metalen	Medische apparatuur, industrieel, EV
NMC	Lithium Nikkel Mangaan Kobalt Oxide kathode Grafiet kathode	240 Wh/kg	210 °C	-30 °C	1.000	133-148	Hogere energiedichtheid Beter in koude temperaturen	Duurder Niet zo veilig als andere Li-ion	E-bikes, EV, medische apparatuur
Nikkel-cadmium	Nikkeloxidehydroxide kathode Metalen cadmiumanode	40-60 Wh/kg			5-7 years		Niet duur Gemakkelijk op te laden Werkbaar ondanks het weer	Veiligheid en duurzaamheid Lage energiedichtheid Volledig opladen/ontladen	Draagbare apparaten
Nikkel-metaal hydri	Nikkelhydroxide kathode Metalen hybride anode	70 Wh/kg			700-1.000		Bestand tegen zwaarder weer Gemakkelijker te recyclen Goedkoper dan Li-ion	Lage energiedichtheid Zwaarder	Hybride EV, EV, draagbare apparaten
Natrium-zwavel	Gesmolten natrium en zwavel	150-240 Wh/kg			2.500	50-100	Hoge energiedichtheid Lage kosten	Hoge bedrijfstemperatuur Veiligheid en duurzaamheid	Opslag

Bron: BNEF voor kosten, batterij-universiteit, arenaev, batterymanguide, verschillende wetenschappelijke artikelen (chemie, elektronica)

Er is een drang om het bereik te vergroten (hogere energiedichtheid), vooral voor wegvervoer, om de cycli te vergroten, om het aantal kritische metalen dat wordt gebruikt te verminderen en om de kosten te verlagen om batterijen voor opslag en elektrische voertuigen betaalbaarder te maken. Eén manier om de kosten en het gebruik van kritieke metalen te verlagen is door een andere batterij te gebruiken of de chemische samenstelling van de batterij te veranderen. Steeds meer autofabrikanten kiezen voor een LFP-batterij in plaats van NMC. Dit is goedkoper, veiliger, heeft een langere levensduur en gebruikt minder kritieke metalen, maar de energiedichtheid van LFP-batterijen is veel lager dan die van NMC-batterijen (zie bovenstaande tabel). LFP lijkt ook te lijden onder slechte prestaties bij zeer lage temperaturen. Een andere manier om de huidige uitdagingen op te lossen, of gedeeltelijk op te lossen, is wachten op de opkomende batterijtechnologieën. Meer hierover in de volgende paragraaf.

Opkomende batterijtechnologieën

De onderstaande tabel geeft een overzicht van de opkomende batterijtechnologieën. Sommige hiervan zijn vernieuwde versies van al beschikbare technologieën zoals NMC955, flowbatterijen, ultracondensatoren en hybride condensatoren, andere zijn al bestaande ideeën maar worden nog niet op commerciële schaal toegepast en weer andere zijn nieuwe technologieën.

In termen van energiedichtheid zijn de batterijtechnologieën lithium-zwavel, lithium-air en natrium-zwavel (vernieuwd) veelbelovend. Maar ze hebben aanzienlijke stabiliteits-, duurzaamheids- en/of veiligheidsuitdagingen. Deze problemen moeten eerst worden opgelost voordat ze op commerciële schaal beschikbaar komen. Het technische gereedheidsniveau van deze technologieën ligt tussen 1 en 5, afhankelijk van de technologie. De tabel hieronder geeft uitleg over de niveaus van technische gereedheid.

Solid state is een veelbelovende technologie die relatief snel op de markt zal komen. Toyota verwacht zijn solid-state batterijen al in 2027 te kunnen produceren. Solid-state technologie is een batterij die gebruik maakt van een vaste elektrolyt in vergelijking met de vloeibare elektrolyt in lithium-ion batterijen. Vloeibare elektrolyt kan gevaarlijk en onstabiel zijn door kortsluiting of overbelasting. De vloeibare elektrolyt kan brand veroorzaken of exploderen. Een vaste elektrolyt voorkomt dit. Een ander voordeel is dat solid-state batterijen een hogere energiedichtheid hebben van 400 Wh/kg potentieel tot wel 2.600 Wh/kg. Dit is aanzienlijk hoger dan de huidige lithium-ion batterijen met een energiedichtheid van 240-350 Wh/kg. Tot slot zouden ze ook hogere cycli hebben in vergelijking met lithium-ionbatterijen. Deze opkomende technologie heeft ook enkele nadelen. Om te beginnen hebben solid state batterijen een hoge interne weerstand bij de vaste elektroden en elektrolyt-interfaces, wat het snelle oplaad- en ontladproces vertraagt. Bovendien zijn de kosten nog steeds hoog omdat het een opkomende technologie is. Massaproductie lijkt moeilijk omdat er schaarste is aan een betrouwbare kandidaat voor een

vaste elektrolyt. Ten slotte vormen zich tijdens het laden en ontladen wortelachtige opeenhopingen (dendriet) op lithiummetaal in de anodes. Dendrietvorming vermindert de capaciteit van de vaste elektrolyt en dus de opslag.

Een andere technologie die meer aandacht zou kunnen krijgen, zijn natrium-ion-accu's. Ze gebruiken natrium-ionen in plaats van lithium-ionen. De energiedichtheid is laag in vergelijking met NMC, maar ze zijn veiliger en hebben aanzienlijk meer cycli. Ze zouden dus een sterke concurrent kunnen zijn voor de LFP en loodzuuraccu's voor opslag. Maar de natrium-ion-technologie bevindt zich ongeveer op het punt waar de lithium-ion-technologie zich tien jaar geleden bevond.

Opkomende batterijtechnologieën

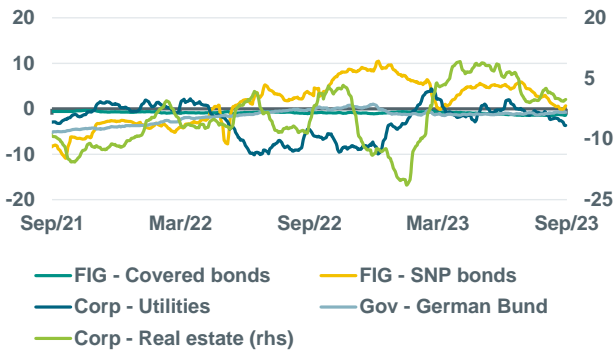
	Samenstelling en beschrijving	Potentieel energiedichtheid	Levensduur	Voordelen	Nadelen	TRL
NCM 9.5.5	Lithium Nikkel Mangaan Kobaltoxide	280 Wh/kg	1.000	Hoger bereik Lager kobaltgehalte.	Andere kritieke metalen Duur	
Solid state* SSB	Vaste elektrolyt, geen vloeistof.	400-2.600 Wh/kg	1.000-10.000	Verbetering van de veiligheid Hogere energiedichtheid Verbeterde levensduur	Technologie in ontwikkeling Kritische metalen	4-8
Silicium in anode	Silicium in anode	30% higher density (100% Silicium)	Erg laag	Hogere capaciteit	Technologie in ontwikkeling Silicium groeit en krimpt bij laden/ontladen Kortere levenscyclus	7
Li-S	Lithium anode Lithium en zwavel kathode	550-2.700 Wh/kg	Erg laag	Hogere energiedichtheid Sneller opladen Lagere kosten Zwavel is goedkoop, overvloedig, niet giftig	Lithium in anode moeilijk materiaal om mee te werken Energie zorgt ervoor dat de batterij uit elkaar valt Lage levenscyclus	4
Lithium-air	Lithium anode Poreuze koolstof fungeert als kathode Oxidatie van lithium aan de anode Reductie van zuurstof aan kathode	11.400	Nu erg laag	Ultrahoge energiedichtheid Lage kosten Geen cadmium of lood	Stabiliteit van elektrolyt is een zwak punt. Hoge laadspanning Vorming van ongewenste bijproducten Lage rondloopefficiëntie Degradatie uitdaging Veel onomkeerbare componenten	1-2
Natrium-ion	Gebruik natriumionen in plaats van lithiumionen	160	3.000-6.000	Natrium is overvloediger dan lithium Goedkoper dan lithium Potentieel vergelijkbare energiedichtheid Minder gevoelig voor lage temperaturen Minder gevoelig voor oververhitting	Lithium-ion Voor energieopslag Langzamere laad/ontlaadsnelheid	8-9
Stroom	Koolstofelektroden samen met ijzer broom of organische moleculen	170 Wh/kg	+/- 30 years	Kan grote hoeveelheden energie opslaan Systeem kan worden opgewaardeerd Selectieve vervanging van de componenten Niet zeldzame metalen in elektroden	Lage energiedichtheid Niet commercieel rijp	8-11
Natrium-zwavel 2	Gesmolten natrium en zwavel	2.600 Wh/kg	2.500	Hoge energiedichtheid Lage kosten	Hoge gebruikstemperatuur Veiligheid en duurzaamheid	4-5
Ultracapacitor	Scheiding van ladingen	Laag	0,5-1 miljoen	Hogere vermogensdichtheid Geen chemische reacties Sneller opladen Stabieler Geen zware metalen Goede temperatuurbestendigheid Voor laagspanningssystemen	Lage energiedichtheid Hogere zelfontlading	
Hybrid capacitor	Combi batterij en ultracapacitor	Beter		Los meste beperkingen ultracapacitor op Vermindert stress in batterij Gaat langer mee	Lage energiedichtheid vergeleken met Li-ion	

Bron: Europese Commissie, Chemical Engineering Journal Advances, arenaev, harvard gazette, diverse wetenschappelijke artikelen (chemie, engineering)
TRL 1 - basisprincipes waargenomen TRL 2 - technologieconcept geformuleerd TRL 3 - experimenteel bewijs van concept TRL 4 - technologie gevalideerd in laboratorium TRL 5 - technologie gevalideerd in relevante omgeving (industriële relevante omgeving in het geval van sleuteltechnologieën) TRL 6 - technologie gedemonstreerd in relevante omgeving (industriële relevante omgeving in het geval van sleuteltechnologieën) TRL 7 - demonstratie van systeemprototype in operationele omgeving TRL 8 - systeem compleet en gekwalificeerd TRL 9 - daadwerkelijk systeem bewezen in operationele omgeving (concurrerende fabricage in het geval van sleuteltechnologieën; of in de ruimte)

ESG in figures

ABN AMRO Secondary Greenium Indicator

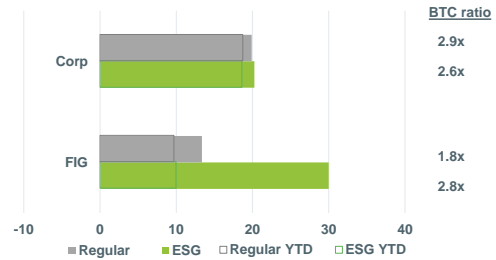
Delta (green I-spread – regular I-spread)



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

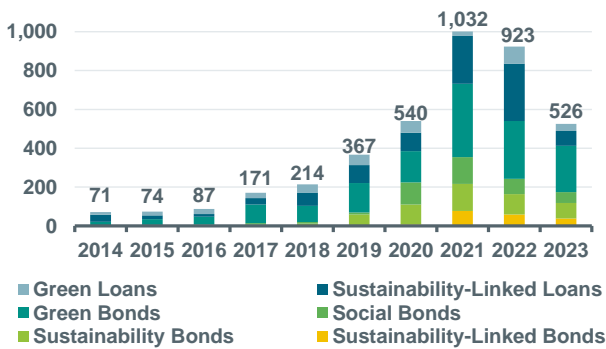
NIP in bps



Note: Data until 29-09-23. BTC = Bid-to-cover orderbook ratio. Source: Bloomberg, ABN AMRO Group Economics

Sustainable debt market overview

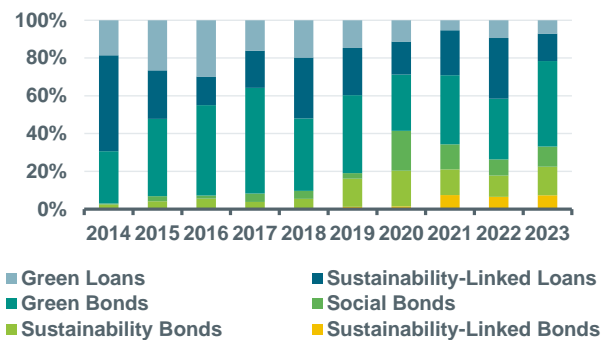
EUR bn



Source: Bloomberg, ABN AMRO Group Economics

Breakdown of sustainable debt by type

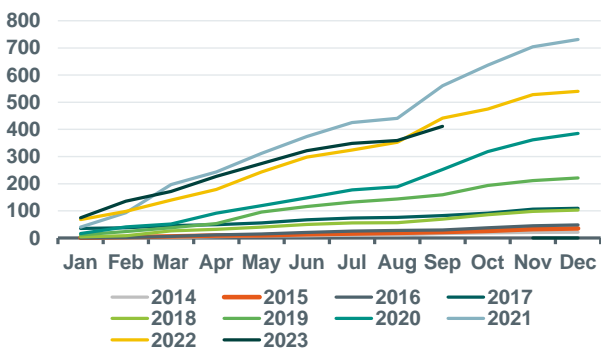
% of total



Source: Bloomberg, ABN AMRO Group Economics

YTD ESG bond issuance

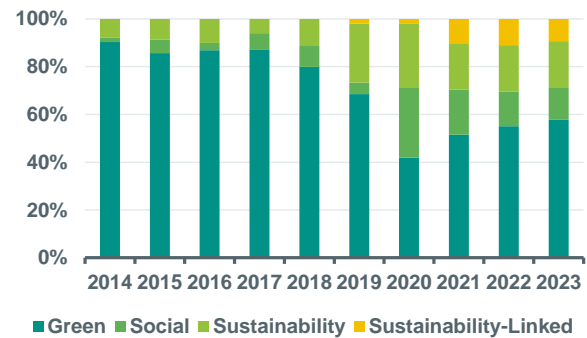
EUR bn (cumulative)



Source: Bloomberg, ABN AMRO Group Economics

Breakdown of ESG bond issuance by type

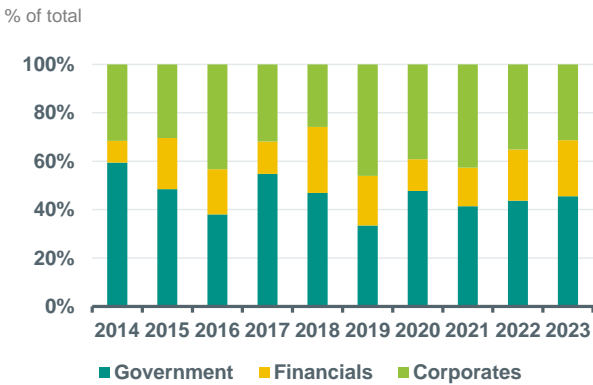
% of total



Source: Bloomberg, ABN AMRO Group Economics

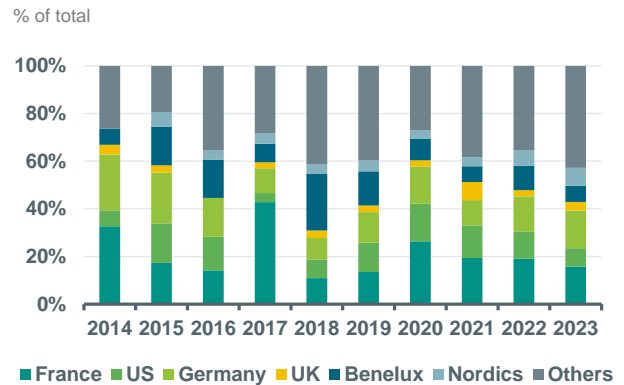
Figures hereby presented take into account only issuances larger than EUR 250m and in the following currencies: EUR, USD and GBP.

Breakdown of ESG bond issuance by sector



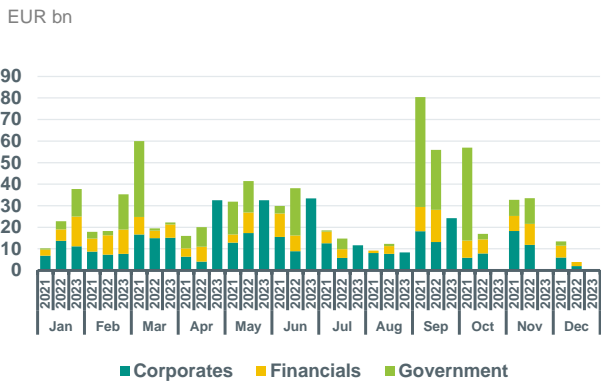
Source: Bloomberg, ABN AMRO Group Economics

Breakdown of ESG bond issuance by country



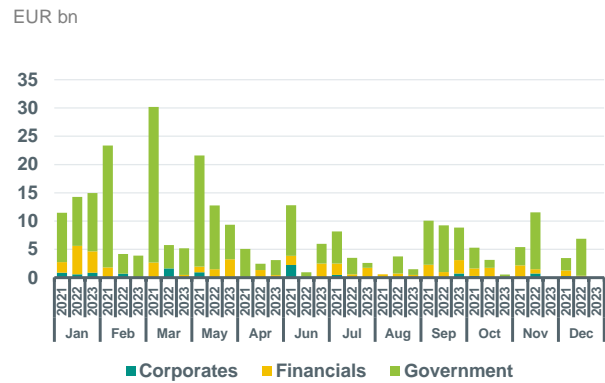
Source: Bloomberg, ABN AMRO Group Economics

Monthly Green Bonds issuance by sector



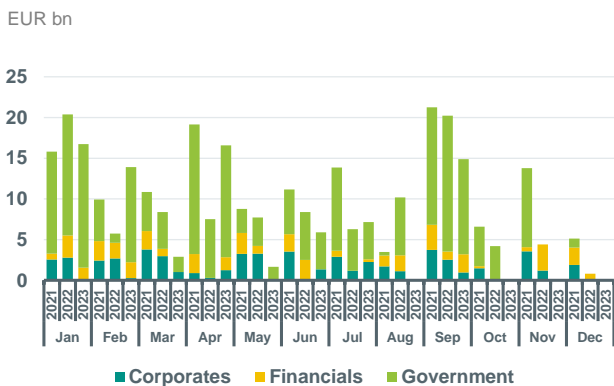
Source: Bloomberg, ABN AMRO Group Economics

Monthly Social Bonds issuance by sector



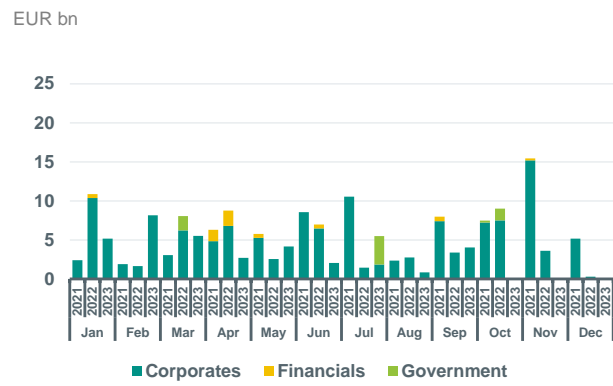
Source: Bloomberg, ABN AMRO Group Economics

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

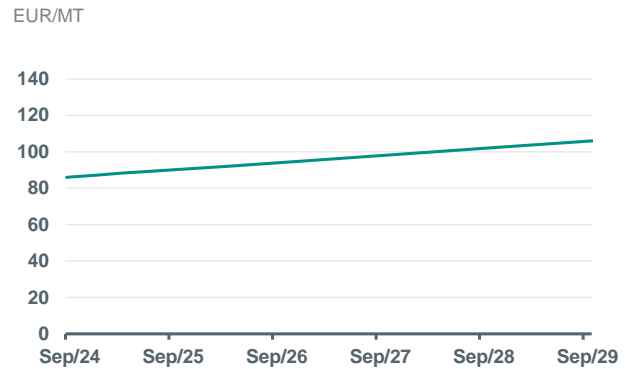
Figures hereby presented take into account only issuances larger than EUR 250m and in the following currencies: EUR, USD and GBP.

Carbon contract current prices (EU Allowance)



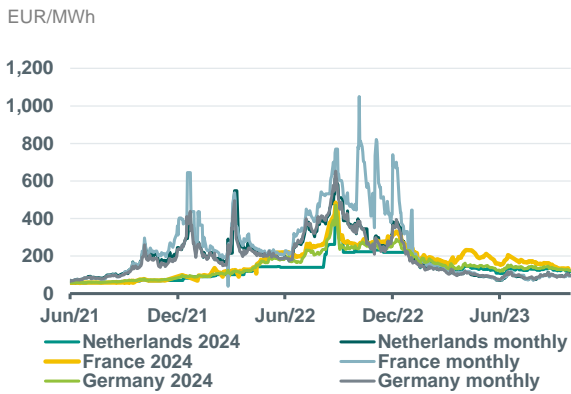
Source: Bloomberg, ABN AMRO Group Economics

Carbon contract futures curve (EU Allowance)



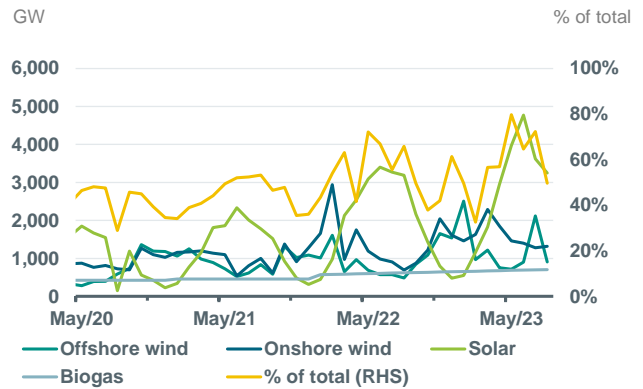
Source: Bloomberg, ABN AMRO Group Economics

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)



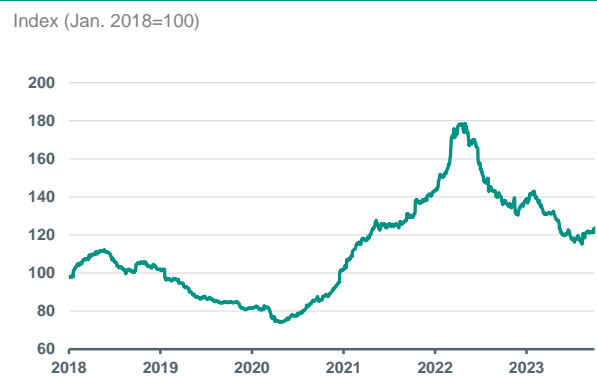
Source: Energieopwek (Klimaat-akkoord), ABN AMRO Group Economics

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.