

Kerncentrales maken Frankrijk kwetsbaar door veiligheidsproblemen en klimaatcrisis

Herman Damveld
11 juni 2023

Begin mei 2023 lagen 12 van de 56 Franse kerncentrales (zie figuur 1) stil voor veiligheidsonderzoek, brandstofwisseling en de uitgebreide tienjaarlijkse revisie.¹ Dat is een duidelijk verschil met halverwege mei 2022, toen 30 kerncentrales geen stroom konden leveren.²

Dat betekent niet dat de problemen voorbij zouden zijn. Verschillende kerncentrales mochten in mei 2022 minder stroom leveren, omdat door de eerste hittegolf van het jaar het koelwater te warm was, maar nu zijn maatregelen genomen om een herhaling tegen te gaan. Of die voldoende zijn, wijst de toekomst uit.

Voor alle duidelijkheid: te hoge temperaturen van koelwater zijn geen rechtstreeks gevolg van het gebruik van kerncentrales. Kolen- of gascentrales hebben ook koelwater nodig, maar per eenheid vermogen (megawatt) zo'n 40% minder dan kerncentrales, kunnen we concluderen uit de ons bekende gegevens.^{3 4 5} Toch moesten ook kolen- en gascentrales in verschillende Europese landen bijvoorbeeld in de zomer van 2015 en 2018 hun stroomlevering sterk reduceren.^{6 7}

Elektriciteitsstekort bij hittegolven en flinke vorst

Het Franse elektriciteitsbedrijf EDF kondigde op 15 juli 2022 aan dat de kerncentrales Tricastin, Saint Alban en Bugey, alle gelegen aan de Rhône, minder stroom mochten leveren vanwege de tweede hittegolf van dat jaar.⁸ Om te voorkomen dat deze kerncentrales helemaal zouden moeten sluiten, besloot de toezichthouder Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN) na overleg met en instemming van de regering op 13 juli 2022 de regels voor de maximale temperatuur van het koelwater te versoepelen.⁹ Door de aanhoudende warmte kwamen tot begin augustus 2022 echter meer kerncentrales in de problemen.^{10 11 12} De Franse regering stelde een crisistaf in om noodmaatregelen voor te bereiden.¹³ Gelukkig voor Frankrijk sloeg het weer kort daarop om. Maar het probleem was niet opgelost. Op 19 mei 2023, nog maar kort geleden, kondigde EDF dan ook maatregelen aan om stroomuitval door te warm koelwater te verhinderen, zoals extra opslag van koelwater.¹⁴ Ook in 2015 en 2018 had Frankrijk te kampen met stroomuitval door hittegolven.

In 2012 en 2017 dreigde een totale stroomuitval (black-out) door een zeer koude winterperiode. Het buitenland moest toen bijspringen. Dat was in december 2022 ook het geval: Frankrijk werd van stroom-exporteur een stroom-importeur.¹⁵ Het idee dat Franse kerncentrales altijd voldoende elektriciteit kunnen leveren, is een illusie gebleken. De grootschalige afhankelijkheid van kernenergie zorgt, samen met de klimaatverandering, juist voor kwetsbaarheid van de energievoorziening.

Daar komt nog bij dat de Franse regering in januari 2022 een plafond instelde voor de verkoopprijs van elektriciteit aan de consumenten. In augustus 2022 bleek dat deze prijs lager was dan de marktprijs en dat het elektriciteitsbedrijf EDF 8,32 miljard euro minder aan inkomsten zou krijgen. Daarop begon EDF een rechtszaak tegen de Franse regering om dit bedrag te eisen.¹⁶ EDF heeft namelijk veel geld nodig om te investeren in kernenergie.

Figuur 1 **Kerncentrales Frankrijk**



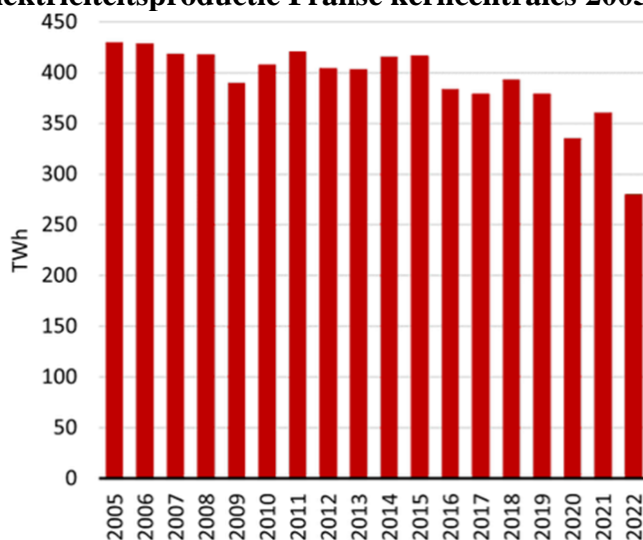
Elektriciteitsproductie in dalende lijn en duurder

Waar Franse kerncentrales tot 2015 430 miljard kilowattuur (kWh) per jaar produceerden, daalde dit in 2022 naar 279 miljard kWh. Tussen 2025 en 2035 wordt een gemiddelde van 350 miljard kWh per jaar verwacht, ondanks de ingebruikname van de kerncentrale Flamanville-3, zie figuur 2.^{17 18} Een miljard kWh wordt hier afgekort tot TWh.

Als gevolg hiervan leed EDF in het jaar 2022 een verlies van 17,9 miljard euro, terwijl de netto financiële schulden met 50% toenamen naar 64,5 miljard euro.¹⁹

Door de problemen van de Franse kerncentrales is de verwachting dat de Franse elektriciteit de komende winter twee en een half keer zo duur zal zijn als de Duitse elektriciteit.²⁰

Figuur 2
Elektriciteitsproductie Franse kerncentrales 2005 t/m 2022



Bron: https://twitter.com/Laveyne_J/status/1656252863188746243, 10 mei 2023.

Haarscheuren vastgesteld in kerncentrales

Eind 2021 werden scheurtjes vastgesteld in de zogeheten elleboogpijpen van de nieuwste generatie Franse kerncentrales (N4 van 1.450 Megawatt). Het gaat hier om pijpen in het primaire systeem, in het centrale deel van de kerncentrale; dit heet de primaire kringloop. Daarom besloot de toezichthouder ASN dat deze centrales moesten sluiten in afwachting van een oplossing van het probleem.

Vervolgens onderzocht de eigenaar van de kerncentrales (EDF) ook de iets oudere serie kerncentrales van 1.300 Megawatt en daar werden dezelfde problemen vastgesteld. Alle reden dus om ook de 33 oudste generatie kerncentrales van 900 Megawatt te onderzoeken: ook hier werd in een aantal centrales hetzelfde vastgesteld.^{21 22 23} Al met al kwam het erop neer dat 12 kerncentrales geen stroom meer mochten leveren en voorlopig buiten bedrijf werden gesteld. De reparatie van alle kerncentrales zou volgens Bernard Doroszczuk, de voorzitter van de toezichthouder ASN, enkele jaren duren. Voor de reparatie moeten de kerncentrales stuk voor stuk worden stilgelegd.²⁴ Dat is geen gemakkelijke opgave, zoals bleek bij de kerncentrale Penly. Werknemers lopen bij de reparatie namelijk over het algemeen in veertig uur de maximaal toegestane jaardosis op, ondanks hun beschermende kledij. Soms wordt dat maximum al in een paar minuten bereikt en mogen ze een jaar lang dergelijke werkzaamheden niet meer uitvoeren.²⁵

Vanaf begin 2022 importeerde Frankrijk dan ook bijna dagelijks stroom uit Duitsland. Het gaat om een hoeveelheid die overeenkomt met wat de drie Duitse kerncentrales die tot april 2023 in bedrijf waren, konden leveren.^{26 27}

Volgens EDF duurt het tot begin 2024, voordat alle pijpen zijn onderzocht op mogelijke haarscheuren.²⁸ Wanneer de reparatie klaar zal zijn, is onbekend.

Franse kerncentrales kwetsbaar in de zomer

In mei 2022 hadden bovendien verschillende kerncentrales te maken met beperkingen van de productie. Door de eerste hittegolf van dit jaar was de temperatuur in een aantal rivieren al zo toegenomen dat het koelwater bij productie op vol vermogen warmer zou worden dan de vergunning toestaat. EDF schakelde daarom de vier eenheden van de kerncentrale Blayais aan de Gironde, op zo'n 60 kilometer van Bordeaux, en van Saint-Alban aan de Rhône grotendeels af.^{29 30} Het resultaat was dat nog minder atoomstroom geproduceerd mocht worden.

Begin juli 2022 bleek dat in totaal zes kerncentrales onder verscherpt toezicht stonden vanwege koelwaterproblemen.³¹ Het ging hier om een regelmatig terugkerend probleem dat zich echter nog nooit zo vroeg in het voorjaar had voorgedaan.³² EDF kondigde op 15 juli 2022 aan dat de kerncentrales Tricastin, Saint Alban en Bugey, alle gelegen aan de Rhône, minder stroom mochten leveren vanwege de tweede hittegolf van het jaar.³³ Omdat het warm en droog bleef, ontstond op 5 augustus 2022 een ernstige situatie. Nog eens drie kerncentrales mochten minder stroom leveren.³⁴ De Franse regering stelde een crisisstaf in om noodmaatregelen voor te bereiden.³⁵ De regeling dat vijf andere kerncentrales warmer koelwater in de rivier mochten lozen, werd verlengd tot 11 september 2022.³⁶ Op deze manier werd een stroomuitval verhinderd. Maar het probleem was niet opgelost. Op 19 mei 2023, nog maar kort geleden, kondigde EDF dan ook maatregelen aan om stroomuitval door te warm koelwater te verhinderen, zoals extra opslag van koelwater.³⁷

Tijdens een hittegolf in de zomer van 2015 warmden de rivieren op en mochten de Franse kerncentrales minder elektriciteit leveren, om te voorkomen dat het geloosde koelwater te warm werd. De overheid stond toe dat dit koelwater 28 graden Celsius mocht zijn. Dat is hoger dan de 25 graden die in Zwitserland en Duitsland aanvaardbaar worden geacht.³⁸

Begin augustus 2018 was er ook een hittegolf. Op 3 augustus 2018 werd de exploitant (EDF) gedwongen om vier kerncentrales op drie locaties te sluiten.^{39 40} Maar in die periode waren ook kerncentrales in onderhoud. Op 6 augustus 2018 was de situatie als volgt: 21 kerncentrales waren niet beschikbaar, terwijl 7 op gereduceerde capaciteit moesten draaien. In totaal viel een elektrisch vermogen van 24.230 megawatt weg.⁴¹

Kwetsbare elektriciteitsvoorziening in de winter

De meeste Fransen verwarmen hun huizen elektrisch en dat geeft een piek in het stroomgebruik bij zeer koude dagen. Een graad extra vorst betekent extra vraag naar elektriciteit, waarvoor zo'n 2.400 Megawatt aan elektriciteitsopwekking nodig is. Daarmee is Frankrijk van alle Europese landen het meest gevoelig voor veranderingen in de buitentemperatuur.⁴² Een toelichting.

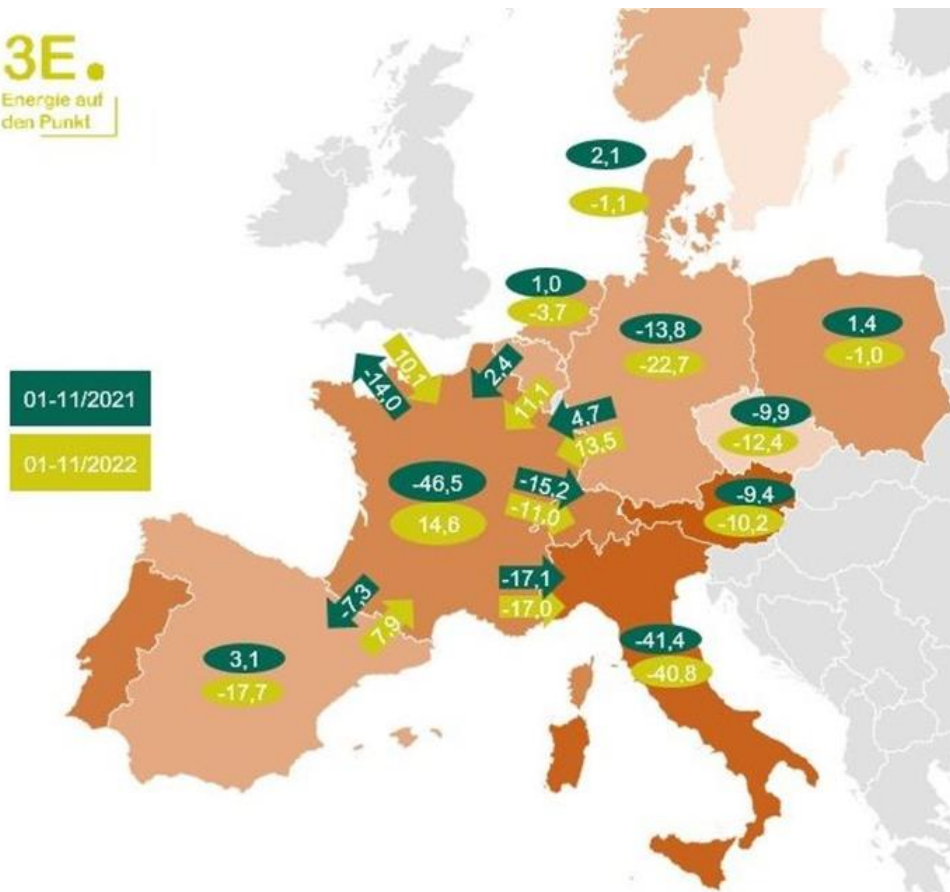
In de koude winterperiode van 7 tot 10 februari 2012 moest Frankrijk ondanks het grote aantal kerncentrales elk uur elektriciteit uit Duitsland, België, Italië en Zwitserland importeren.⁴³ Op 10 januari 2017 bedroeg de import volgens de Franse netbeheerder RTE 8.500 MW, terwijl maximaal 12.000 MW geïmporteerd kan worden.⁴⁴ Daarom werden oude oliecentrales met een vermogen van 2.000 MW weer geactiveerd. Op deze manier werd een dreigende totale stroomuitval (black-out) verhinderd.⁴⁵

Het Franse elektriciteitsbedrijf EDF rekende op 3 november 2022 voor dat de Franse kerncentrales in 2022 zo'n 275 tot 285 miljard kWh konden leveren, terwijl een eerdere analyse nog maximaal 300 miljard kWh noemde.⁴⁶ Op 18 november 2022 liet de netbeheerder RTE weten dat de Franse kerncentrales tussen half december 2022 en medio februari 2023 minder stroom konden leveren dan aanvankelijk gepland en dat dit een verhoogd risico op tekorten gaf.⁴⁷

Eind november 2022 liet de Franse regering weten dat rekening gehouden moest worden met een tekort aan stroom. Regionaal kan de stroom maximaal twee uur onderbroken worden. Scholen, universiteiten, spoorwegen en de metro kunnen dan uitvallen. Om de bevolking te waarschuwen is er een speciale app in het leven geroepen, genaamd EcoWatt, waarmee de bevolking een dag van tevoren wordt gewaarschuwd.⁴⁸

In 2022 werd Frankrijk stroom-importeur in plaats van -exporteur. Vanaf januari tot eind november 2021 exporteerde Frankrijk 46,5 miljard kWh. In 2022 importeerde Frankrijk tot eind november 14,6 miljard kWh. Dat is een verschil van 61 miljard kWh (zie figuur 2).⁴⁹ In december 2022 was het relatief koud in Frankrijk, met als gevolg dat ook toen Frankrijk elektriciteit importeerde uit de omliggende landen.⁵⁰

Figuur 2 In- en uitvoer Franse elektriciteit 2021/2022 in miljard kWh



Bron: <https://www.klimareporter.de/europaische-union/der-franzoesische-patient-wie-krank-er-wirklich-ist-und-wie-europa-die-energiekrisen-lindert>, 5 december 2022.

Alles op kernenergie?

Vanaf 1974 was het Franse energiebeleid kort samengevat: “tout électrique - tout nucléaire”.⁵¹

⁵² Het beleid kwam erop neer dat de gehele energievoorziening op kernenergie zou draaien. Maar daarmee worden kerncentrales storingsgevoeliger.

Er is de hele dag door vraag naar elektriciteit. Maar 's nachts is de vraag lager dan overdag en in de winter is de vraag hoger dan in de zomer. De hoeveelheid elektriciteit die altijd nodig is heet de basislast. Daarvoor werden traditioneel basislastcentrales gebruikt, centrales met hoge kapitaalkosten en lage bedrijfskosten, want op die manier is hun elektriciteit het goedkoopst. Maar het is ook technisch de beste manier, omdat kerncentrales net als kolencentrales hun productie niet gemakkelijk kunnen veranderen in vergelijking met gascentrales. De grote Franse afhankelijkheid van kernenergie maakt de elektriciteitsvoorziening er dan ook nite eenvoudiger op, vooral als dit land zou blijven streven naar 100% kernenergie.

Veel Fransen gebruiken elektrische verwarming en één graad lagere temperatuur in de winter betekent dat de vraag met ongeveer 2400 Megawatt toeneemt. Frankrijk heeft de meest temperatuurgevoelige vraag naar elektriciteit van heel Europa.⁵³ Daarom worden verschillende, technisch ingewikkelde, manieren toegepast om de kerncentrales meer of minder stroom te kunnen laten leveren.

Bij de kerncentrales die nu in bedrijf zijn lukt dat vooral als ze net verse brandstofelementen hebben gekregen. Dan kunnen ze de stroomlevering in 30 minuten terugbrengen van 100% naar 30%. Maar wanneer ze voor 65% zijn gebruikt, wordt de reactor minder flexibel en bij 90% gebruik is verandering in de elektriciteitsproductie niet meer toegestaan.⁵⁴

De Europese Unie eist sinds 2001 dat nieuwe kerncentrales geschikt zijn om veranderingen in de vraag op te vangen. Volgens het ontwerp voldoet de EPR aan die eis en kan dat beter dan

de bestaande kerncentrales. Stel dat de EPR op 25% van de maximale capaciteit werkt. Dan kan de capaciteit binnen een half uur toenemen tot 100%. Dat betekent echter wel dat onderdelen van de kerncentrale eerder slijten.⁵⁵ Of deze beweringen over de EPR kloppen, is onbekend en feiten hierover ontbreken. Daar komt nog bij dat de kosten per kWh toenemen. Immers hoe minder stroom er opgewekt kan worden door een kerncentrale terwijl de vaste kosten gelijk blijven, hoe hoger de kosten per kWh.

Steeds toenemende kwetsbaarheid stroomvoorziening

De meeste Franse kerncentrales betrekken het benodigde koelwater uit rivieren (figuur 1), zoals de Rhône die in de Zwitserse Alpen ontspringt bij de Rhône-gletsjer. Over de gevolgen van klimaatverandering voor de Rijn, die ook in Zwitserland begint, zijn recentelijk onderzoeksrapporten verschenen. Smeltende sneeuw heeft een groot aandeel in de hoeveelheid water die jaarlijks in Zwitserse rivieren komt, blijkt uit rapporten van de Internationale Kommission für die Hydrologie des Rheingebietes (KHR). Smeltende sneeuw zorgt voor 39% van het water in de Rijn, terwijl gletsjers goed zijn voor 2%, en 59% uit regenwater bestaat. Uit deze studies volgt onder meer dat de winters vochtiger en de zomers droger zullen worden. De sneeuw smelt eerder in het voorjaar dan in het verleden het geval was. De laag sneeuw op de gletsjers verdwijnt daardoor eerder met als gevolg dat de gletsjers sneller smelten.^{56 57} Het aandeel rivierwater door de gesmolten sneeuw en gletsjers zal daardoor al vanaf het voorjaar dalen. In de zomer zal men het moeten hebben van regenwater, maar omdat de zomers droger worden zal de waterstand in de zomer lager worden. Het gevolg daarvan is minder beschikbaar koelwater voor elektriciteitscentrales.⁵⁸ En dat terwijl de vraag naar elektriciteit bij steeds warmere zomers toeneemt door de stijging van het aantal airco's.

Op deze manier wordt ook de Franse elektriciteitsvoorziening steeds kwetsbaarder, vooral omdat vaak meerdere kerncentrales bij elkaar staan en daardoor extra veel koelwater nodig is. Op den duur zal een elektriciteitsvoorziening die geen grootschalige koeling nodig heeft, steeds belangrijker worden.

¹ <https://www.world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-a-f/france.aspx>, mei 2023.

² <https://www.world-nuclear-news.org/Articles/French-regulator-gives-update-on-corrosion-issue>, 18 mei 2022.

³ www.gasterra.nl/uploads/fckconnector/9e194c95-5ac6-5d1b-b69f-1cd766e4a79a

⁴ <https://www.kivi.nl/uploads/media/5d48107a860fe/Factsheet%20Kernenergie%20GEN%203.pdf>

⁵ <https://www.essent.nl/content/overessent/actueel/archief/2012/essent-opent-grootste-en-duurzaamste-gascentrale-van-nederland.html#>, 26 juni 2012; <https://www.nuon.com/activiteiten/productie/gas/gasgestookte-centrales/>.

⁶ <https://energytransition.org/2015/08/european-power-sector-heat-wave/>, 26 augustus 2015.

⁷ <http://www.spiegel.de/wirtschaft/unternehmen/kraftwerke-muessen-ihre-leistung-wegen-hitzewelle-drosseln-a-1220404.html>, 26 juli 2018.

⁸ <https://www.reuters.com/business/energy/warming-rivers-threaten-frances-already-tight-power-supply-2022-07-15/>, 15 juli 2022.

⁹ <https://www.asn.fr/l-asn-informe/actualites/centrales-nucleaires-de-blavais-golfch-et-saint-alban-prescriptions-temporaires-de-l-asn>, 15 juli 2022.

¹⁰ <https://www.edf.fr/en/the-edf-group/who-we-are/activities/optimisation-and-trading/list-of-outages-and-messages/list-of-outages>

¹¹ https://twitter.com/Reliable_nukes

¹² <https://reneweconomy.com.au/frances-troubled-nuclear-fleet-a-bigger-problem-for-europe-than-russia-gas/>, 5 augustus 2022.

¹³ <https://www.gouvernement.fr/communiqu%C3%A9/secheresse-historique-en-france-la-premiere-ministre-active-la-cellule-interministerielle-de-crise-cic>, 5 augustus 2022.

¹⁴ https://www.focus.de/klima/news/investitionen-in-kuehlwasser-frankreich-will-atomkraftwerke-besser-fuer-hitzewellen-ruesten_id_194137191.html, 19 mei 2023.

-
- ¹⁵ <https://www.klimareporter.de/europaische-union/der-franzoesische-patient-wie-krank-er-wirklich-ist-und-wie-europa-die-energiekrisen-lindert>, 5 december 2022.
- ¹⁶ <https://www.world-nuclear-news.org/Articles/EDF-sues-French-government-over-electricity-sales>, 10 augustus 2022.
- ¹⁷ <https://www.nau.ch/news/wirtschaft/frankreich-produziert-wegen-alternder-atomkraftwerke-historisch-wenig-strom-66423664>, 16 februari 2023.
- ¹⁸ <https://www.world-nuclear-news.org/Articles/EDF-posts-record-loss-in-France-due-to-reactor-out>, 17 februari 2023.
- ¹⁹ <https://www.world-nuclear-news.org/Articles/EDF-posts-record-loss-in-France-due-to-reactor-out>, 17 februari 2023.
- ²⁰ <https://www.bloomberg.com/news/articles/2023-04-19/french-winter-power-twice-as-pricey-as-germany-s-on-nuclear-woes?leadSource=uverify%20wall>, 19 april 2023.
- ²¹ <https://www.worldnuclearreport.org/Teurer-Atomstrom-Ausfalle-von-Atomkraftwerken-Frankreich-zahlt-exorbitante.html>, 14 april 2022.
- ²² <https://www.heise.de/tp/features/Atom-Frankreich-Dann-waren-nur-28-Reaktoren-am-Netz-7070261.html>, 30 april 2022.
- ²³ <https://www.actu-environnement.com/ae/news/nucleaire-corrosion-sous-contrainte-tous-modeles-reacteurs-39539.php4>, 28 april 2022.
- ²⁴ <https://www.world-nuclear-news.org/Articles/French-regulator-gives-update-on-corrosion-issue>, 18 mei 2022.
- ²⁵ <https://www.bloomberg.com/news/features/2023-01-28/inside-edf-s-race-to-fix-france-s-nuclear-reactors>, 28 januari 2023.
- ²⁶ <https://www.grs.de/de/aktuelles/sicherheitsrelevante-schaeden-im-sicherheits-einspeisesystem-franzoesischer>, 19 mei 2022.
- ²⁷ https://www.agora-energiende.de/service/agorameter/chart/power_import_export/01.01.2022/30.06.2022/today/
- ²⁸ <https://www.world-nuclear-news.org/Articles/French-regulator-approves-EDF-schedule-for-weld-ch>, 27 april 2023.
- ²⁹ <https://www.montelnews.com/de/news/1319355/temperaturen-um-30-c-knnen-kkw-betrieb-drosseln--edf>, 10 mei 2022.
- ³⁰ <https://www.bloomberg.com/news/articles/2022-05-10/edf-warns-of-nuclear-output-cuts-on-rising-river-temperatures>, 10 mei 2022.
- ³¹ <https://www.n-tv.de/wirtschaft/Deutsche-Solaranlagen-haengen-Frankreichs-AKW-ab-article23450534.html>, 8 juli 2022.
- ³² <https://www.laka.org/nieuws/2019/kerncentrales-dicht-door-klimaatverandering-10963>.
- ³³ <https://www.reuters.com/business/energy/warming-rivers-threaten-frances-already-tight-power-supply-2022-07-15/>, 15 juli 2022.
- ³⁴ <https://reneweconomy.com.au/frances-troubled-nuclear-fleet-a-bigger-problem-for-europe-than-russia-gas/>, 5 augustus 2022.
- ³⁵ <https://www.gouvernement.fr/communiqu/secheresse-historique-en-france-la-premiere-ministre-active-la-cellule-interministerielle-de-crise-cic>, 5 augustus 2022.
- ³⁶ <https://orf.at/stories/3280089/>, 8 augustus 2022.
- ³⁷ https://www.focus.de/klima/news/investitionen-in-kuehlwasser-frankreich-will-atomkraftwerke-besser-fuer-hitzewellen-ruesten_id_194137191.html, 19 mei 2023.
- ³⁸ <https://energytransition.org/2015/08/european-power-sector-heat-wave/>, 26 augustus 2015.
- ³⁹ <https://www.reuters.com/article/us-france-nuclearpower-weather/frances-edf-may-halt-four-nuclear-reactors-due-to-heatwave-idUSKBN1KM56C>, 1 augustus 2018.
- ⁴⁰ <https://uk.reuters.com/article/uk-france-nuclearpower-weather/frances-edf-halts-four-nuclear-reactors-due-to-heatwave-idUKKBN1KP0EV>, 4 augustus 2018.
- ⁴¹ https://twitter.com/energy_charts/status/1026370663811096576
- ⁴² <https://world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-a-f/france.aspx>, december 2022.
- ⁴³ <https://www.iwrpressdienst.de/energie-themen/pm-4047-kaltreserve-deutschland-exportierte-die-ganze-zeit-strom-ins-ausland>, 11 februari 2012.
- ⁴⁴ <https://www.iwr.de/news/akw-ausfalle-frankreich-auf-massive-stromimporte-angewiesen-news32860>, 6 januari 2017
- ⁴⁵ <https://www.iwr.de/news/frankreich-droht-atomkraft-blackout-im-winter-news32492>, 10 november 2016.
- ⁴⁶ <https://www.edf.fr/en/the-edf-group/dedicated-sections/journalists/all-press-releases/edf-updates-its-2022-french-nuclear-output-estimate-0>, 3 november 2022.
- ⁴⁷ <https://www.tagesschau.de/ausland/europa/akw-frankreich-stromversorgung-101.html>, 18 november 2022.
- ⁴⁸ <https://www.onvista.de/news/2022/11-30-frankreich-trifft-vorbereitungen-zum-unterbrechen-der-stromversorgung-10-26071173>, 30 november 2022.

-
- ⁴⁹ <https://www.klimareporter.de/europaische-union/der-franzoesische-patient-wie-krank-er-wirklich-ist-und-wie-europa-die-energiekrisen-lindert>, 5 december 2022.
- ⁵⁰ <https://www.nd-aktuell.de/artikel/1169817.energie-das-atomproblem-setzt-sich-fort.html>, 3 januari 2023.
- ⁵¹ <https://blogs.mediapart.fr/edition/les-invites-de-mediapart/article/231208/tout-electrique-tout-nucleaire-tout-effet-de-se>, 23 december 2008.
- ⁵² <https://fr.wikipedia.org/wiki/Tout-nucl%C3%A9aire>.
- ⁵³ <https://world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-a-f/france.aspx>, december 2022.
- ⁵⁴ <https://www.world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-a-f/france.aspx>.
- ⁵⁵ <https://world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/nuclear-power-reactors/advanced-nuclear-power-reactors.aspx>, april 2021.
- ⁵⁶ <https://www.chr-khr.org/de/veroeffentlichung/auswirkungen-des-klimawandels-auf-die-abflussanteile-aus-regen-schnee-und?from=publications>, 1 juni 2022.
- ⁵⁷ https://www.chr-khr.org/sites/default/files/chrpublications/ASG-II_Synthese_EN_mit-Links.pdf, 1 juni 2022.
- ⁵⁸ <https://www.chr-khr.org/en/news/when-melt-water-missing-more-often-low-water-expected-rhine-future>, 11 juli 2022.