

Trollugnsberget vindpark - klimatnytta och klimatpåverkan

2023-06-20

Structor

Beställare: OX2 AB

Konsultbolag: Structor Miljöpartner AB

Medverkande: Kajsa Andersson, Structor Miljöpartner – Miljökonsult och projektledare med flerårig erfarenhet av utveckling av vindkraftsprojekt och miljöbedömning, samt från arbete med tillsyn och prövningar på Länsstyrelse. Masterexamen inom biologi.

Alva Jakobsson, Structor Miljöpartner – Miljökonsult inom miljöbedömningar och tillståndsärenden, med särskild inriktning på konsekvensbedömning kopplat till klimataspekter. Masterexamen inom miljövetenskap med fördjupning i tillämpad klimatstrategi.

Medverkande från OX2:
Sara Österberg – Hållbarhetsstrateg
Jonathan Weck - Projektutveckling

Datum: 2023-06-20

Innehåll

1. Inledning	4
2. Förändringar i kllmatsystemet	4
2.1. Regionala konsekvenser av klimatförändringarna	5
3. Klimatomställningen	6
3.1. Klimatpolitik	6
3.2. Mål och strategier på regional och lokal nivå	7
3.3. Behov av vindkraftsutbyggnad	7
4. Vindkraftens klimatpåverkan	8
4.1. Vindkraftverk ur ett livscykelperspektiv	8
4.2. Påverkan från förändrad markanvändning.....	10
4.3. Vindkraft jämfört med andra energikällor	11
4.4. Återanvändning och återvinning av vindkraftverk	11
4.5. Beräkningar av klimatpåverkan för Trollugnsberget vindpark.....	12
5. Vindkraftens klimatnytta	13
5.1. Elektrifiering.....	13
5.2. Elexport	13
5.3. Beräkningar av klimatnytta Trollugnsberget vindpark	14
6. Samlad bedömning	15
7. Referenser	16

1. INLEDNING

Klimatförändringarna kräver en snabb omställning av många delar av samhället, varav energisektorn är en betydande del. Vikten av en utbyggnad av förnyelsebar energi har framhållits på såväl internationell, nationell som lokal nivå. Även vägledande myndigheter och praxis från domstolar lyfter på olika sätt fram att klimatpåverkan och klimatnytta behöver beaktas vid prövningar enligt miljöbalken.

Föreliggande bilaga till miljökonsekvensbeskrivning (MKB) för Trollugnsberget vindpark syftar till att tydliggöra vindkraftens klimatpåverkan och klimatnytta. Utredningen innehåller en kort sammanställning av klimatforskning, klimatpolitik och livscykelanalyser av olika energislag, samt beräkningar av växthusgasutsläpp och klimatnytta med Trollugnsberget vindpark.

Trollugnsberget vindpark utvecklas av OX2 AB och är belägen i Smedjebackens kommun, Dalarnas län. Vindparken planeras bestå av 30 vindkraftverk med en totalhöjd på maximalt 295 m. Den förväntade årsproduktionen är ca 800–950 GWh.

2. FÖRÄNDRINGAR I KLIMATSYSTEMET

Dagens globala uppvärmning är ett av vår tids största hot och är främst orsakad av människans utsläpp av växthusgaser. Historiska, nutida och framtida utsläpp kommer att fortsätta påverka atmosfärens sammansättning, och därmed klimatet, under lång tid framöver.¹ Två slutsatser i IPCC:s senaste rapport från 2023 lyder:

*”Omfattande och snabba förändringar i atmosfären, havet, kryosfären och biosfären har skett. Den antropogent orsakade klimatförändringen har redan inverkan på många väder- och klimatextremer i alla regioner jorden runt. Detta har orsakat utbredda skadliga konsekvenser och relaterade förluster och skador på naturen och samhällen.”*²

*”De beräknade koldioxidutsläppen från befintlig fossilbränslerelaterade infrastruktur, om ytterligare åtgärder för att minska utsläppen inte vidtas, skulle överskrida den återstående kolbudgeten för 1,5°C (50%)”.*³

Enligt IPCC fortsätter utsläppen att öka på grund av att världens energisystem baseras på fossila bränslen (samt utsläpp från förstörda ekosystem).⁴ IPCC belyser även att de globala utsläppen av växthusgaser har fortsatt att öka med stora historiska och pågående bidrag från bland annat ohållbar energianvändning.⁵ Den största källan till utsläpp av växthusgaser, som bidrar till klimatförändring, är fossila bränslen såsom kol, bensin,

¹ <https://www.smhi.se/kunskapsbanken/klimat/klimatet-forandras/klimatforandringarna-marks-redan-idag-1.1510>

² <https://www.smhi.se/nyhetsarkiv/huvudslutsatser-i-ipcc-s-rapport-klimat-i-forandring-2022-syntesrapport-1.194052>

³ <https://www.smhi.se/nyhetsarkiv/huvudslutsatser-i-ipcc-s-rapport-klimat-i-forandring-2022-syntesrapport-1.194052>

⁴ <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/>

⁵ <https://www.smhi.se/nyhetsarkiv/huvudslutsatser-i-ipcc-s-rapport-klimat-i-forandring-2022-syntesrapport-1.194052>

diesel och naturgas.⁶ En global uppvärmning på 1,5°C och 2°C kommer att överskridas under 2000-talet om inte kraftiga utsläppsminskningar av koldioxid och andra växthusgaser görs under de kommande årtiondena.⁷ För att minska växthusgasutsläppen i hela energisektorn krävs stora omställningar, bland annat en betydande minskning av den totala användningen av fossila bränslen, användning av energi med låga utsläpp m.m.⁸

2.1. Regionala konsekvenser av klimatförändringarna

Trollugnsberget vindpark är belägen i Dalarnas län. SMHI har i rapporten ”*Framtidsklimat i Dalarnas län – enligt RCP-scenarier*” beskrivit dagens och framtidens klimat i Dalarna baserat på observationer och beräkningar utifrån två olika antaganden om atmosfärens innehåll av växthusgaser (begränsade utsläpp RCP4.5 respektive höga utsläpp RCP8.5).^{9 10}

Analysen visar att medeltemperaturen för Dalarnas län beräknas öka med ca 3 grader enligt RCP4.5 och ca 5 grader enligt RCP8.5 till slutet av seklet. Den största uppvärmningen sker vintertid med upp mot 6 grader enligt RCP8.5.

Vegetationsperioden ökar med ca 30-50 dagar och antalet varma dagar blir fler. RCP8.5 visar ett årsmedelvärde på ca 10 dagar i följd med dygnsmedeltemperaturer på över 20°C i slutet av seklet.

En varmare atmosfär innebär högre avdunstning och snabbare cirkulation vilket leder till mer nederbörd. Analysen av årsmedelnederbörden visar större regnmängder i det framtida klimatet. Årsmedelnederbörden väntas öka med ca 20-30 % i Dalarna. Nederbörden ökar mest under vintertid där RCP8.5 visar på en 50 % ökning i västra delen av länet. Den kraftiga nederbörden ökar också, maximal dygnsnederbörd kan öka med 15- 20 % beroende på RCP-scenario.

Antalet dagar med snö varierar kraftigt över länet. Enligt klimatscenerierna minskar snötäcket generellt i länet men främst i den sydliga delen. Antalet dagar med låg markfuktighet ökar i framtiden, från dagens 5-10 dagar till 20-40 dagar mot slutet av seklet.

Sammanfattat kommer de regionala konsekvenserna av klimatförändringar att vara betydande enligt de scenarier som beskrivits ovan. Hur klimatet i Dalarnas län utvecklas

⁶ <https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/klimatomstallningen/omraden/klimatet-och-energin/fossila-branslen/>

⁷ <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>; <https://www.smhi.se/klimat/ipcc/huvudbudskap-1.174301>

⁸ <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/>

⁹ <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:948134/FULLTEXT01.pdf>

¹⁰ Förklaring av RCP: IPCC använder fyra scenarier för att beräkna framtida klimatförändringar, så kallade RCP:er, ”Representative Concentration Pathways”. RCP:erna ger information om klimatförändringarna vid olika halter av växthusgaser i atmosfären. <https://www.smhi.se/kunskapsbanken/klimat/klimatmodeller-och-scenarier/rcp-er-den-nya-generationen-klimatscenarier-1.32914#:~:text=RCP%3Aer%20%C3%A4r%20inte%20klimatpolitiska,eller%20scenarier%20f%C3%B6r%20samh%C3%A4llet%20klimatp%C3%A5verkan.>

beror på hur användningen av fossila bränslen utvecklas i framtiden, dvs. hur mängden växthusgaser ökar i atmosfären.¹¹

3. KLIMATOMSTÄLLNINGEN

3.1. Klimatpolitik

Under FN:s årliga klimattoppmöte samlas världens länder för att förhandla om det globala klimatarbetet. Det senaste klimattoppmötet (COP27) hölls i november 2022 i Sharm el-Sheikh i Egypten. Frågan som fick mest uppmärksamhet på mötet var att länder som drabbas av extremväder ska kunna få finansiering för att hantera skador på exempelvis bostäder, infrastruktur och natur.¹² Året innan hölls klimattoppmötet i Glasgow där mötets huvudsakliga framgångar innebar att länderna uppmanades skärpa sina klimatmål redan 2022, att stödet för klimatanpassning ska fördubblas till 2025 samt att fossila bränslens roll i klimatomställningen för första gången omnämns.¹³

För att minska utsläpp av växthusgaser behöver fossila bränslen ersättas med förnybar energi. I Paris i december 2015 enades världens länder om ett nytt klimatavtal. Parisavtalet är ett rättsligt bindande internationellt avtal som syftar till att den globala temperaturökningen ska hållas långt under 2 grader, och vi ska sträva efter att begränsa den till 1,5 grader.¹⁴ En grundtanke i Parisavtalet är att de länder som har bäst förutsättningar ska gå före och ta större ansvar i omställningen.¹⁵

Enligt Parisavtalet bör alla länder formulera och kommunicera långsiktiga strategier för att minska utsläpp av växthusgaser. I Sveriges långsiktiga klimatstrategi till FN understryks både det svenska målet om nettonollutsläpp år 2045 och målet om en helt förnybar elproduktion år 2040. Där står bl.a. att *”vindkraften genomgår en omfattande expansion som beräknas fortsätta och kommer att utgöra en betydande del av det framtida elsystemet”*.¹⁶

Riksdagens mål är 100% förnybar elproduktion i Sverige år 2040.¹⁷ Energimyndigheten skriver: *”Det är fullt möjligt att få ett fungerande 100 procent förnybart elsystem till 2040-talet. Men det kräver möjligheter för en fortsatt utbyggnad av vindkraft och av elnäten.”*¹⁸ Vindkraftsutbyggnaden bidrar även till Sveriges mål om att inte ha några nettoutsläpp av växthusgaser till atmosfären år 2045. För att nå detta mål krävs en

¹¹ <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:948134/FULLTEXT01.pdf>

¹² <https://www.energimyndigheten.se/klimat--miljo/internationella-klimatinsatser/fns-klimatkonferenser/cop27/>

¹³ Regeringskansliet, FN:s klimattoppmöte COP26 i Glasgow <https://www.regeringen.se/artiklar/2021/11/fns-klimattoppmote-cop26-i-glasgow/>

¹⁴ <https://www.regeringen.se/regeringens-politik/parisavtalet/>
<https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/klimatomstallningen/det-globala-klimatarbetet/parisavtalet/vad-argenomforandestod/>

¹⁵ <https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/klimatomstallningen/det-globala-klimatarbetet/parisavtalet/vad-argenomforandestod/>

¹⁶ https://unfccc.int/sites/default/files/resource/LTS1_Sweden.pdf

¹⁷ Partier har år 2019 lämnat energiöverenskommelsen. I Tidöavtalet som kom i samband med regeringsskiftet 2022 ändrades begreppet inom det energipolitiska målet från 100 procent förnybart till 100 procent fossilfritt för att inkludera kärnkraft (<https://energimyndigheten.a-w2m.se/Home.mvc?ResourceId=208636>).

¹⁸ <https://www.energimyndigheten.se/nyhetsarkiv/2019/sa-kan-100-procent-fornybar-elproduktion-se-ut/>

elproduktion med fortsatt låga växthusgasutsläpp samt kraftigt minskade utsläpp i transport-, industri- och jordbrukssektorn. För att användningen av fossila bränslen ska minska i dessa sektorer krävs bland annat en ökad elektrifiering. En ökad elektrifiering kommer innebära en ökad efterfrågan på el från vindkraft och andra förnybara källor.¹⁹

Parisavtalet är kopplat till FN:s Agenda 2030 som antogs av FN:s medlemsländer 2015, där ett av huvudmålen är att lösa klimatkrisen. SCB har tagit fram rapporten ”Genomförandet av Agenda 2030 i Sverige”, för att följa upp hur Sverige lever upp till de globala hållbarhetsmålen. I uppföljningen kommer SCB bland annat fram till att Sverige inte kommer att nå målet om noll nettoutsläpp av klimatgaser senast 2045 om minskningen av klimatgasutsläppen inte accelereras kraftigt. SCB kommer fram till att Sverige har en stor utmaning i och med att det är ”fortsatt svårt att se att många av de nationella miljömålen ska kunna uppnås”.²⁰

3.2. Mål och strategier på regional och lokal nivå

I energi- och klimatstrategin för Dalarna (2019) beskrivs att länet har goda förutsättningar för vindkraft, både på grund av vindläget och på grund av att en stor andel av länets yta är obebyggd. En framtida utbyggnad behöver dock ta hänsyn till de rika natur- och kulturvärden som finns i länet (Länsstyrelsen Dalarna, 2019).

År 2021 antogs den regionala utvecklingsstrategin *Dalastrategin 2030*. Dalastrategin handlar om det gemensamma regionala utvecklingsarbetet och innehåller mål och prioriteringar fram till år 2030. I strategin framkommer det att regionen behöver öka befintlig och potentiell produktion av förnybar energi för att bidra till att minska utsläppen samt öka självförsörjningsgraden (Region Dalarna, 2021).

Smedjebackens kommun skriver i översiktsplanen (ÖP) från 2018 att kommunen arbetar strategiskt för att nå klimatmålen genom att öka andelen förnybara och återvinna energikällor, samtidigt som fossila bränslen fasas ut och energianvändningen systematiskt effektiviseras. Vidare beskrivs att vindkraft är en förnyelsebar energikälla som med god planering ger liten negativ miljöpåverkan (Smedjebackens kommun, 2018).

3.3. Behov av vindkraftsutbyggnad

Energimyndigheten och Naturvårdsverket antog år 2021 en nationell strategi för hållbar vindkraftsutbyggnad som utgår från ett utbyggnadsbehov av vindkraft motsvarande minst 100 TWh till 2040-talet, varav cirka 80 TWh för landbaserad vindkraft. Utbyggnadsbehovet motsvarar ca 70 procent av dagens elanvändning. Nivån om minst 100 TWh vindkraft på 2040-talet har ett samband med myndigheternas bedömning av hur mycket elproduktion som kommer att tas ur drift och hur elanvändningen kommer att utvecklas. De utgår från att elanvändningen ska öka med 20 TWh jämfört med idag och därmed

¹⁹ http://www.energimyndigheten.se/globalassets/fornybart/strategi-for-hallbar-vindkraftsutbyggnad/er-2021_02.pdf

²⁰ <https://www.scb.se/hitta-statistik/statistik-efter-amne/miljo/miljoekonomi-och-hallbar-utveckling/indikatorer-for-hallbar-utveckling/pong/publikationer/uppfoljning-av-agenda-2030/>

uppgå till 160 TWh på 2040-talet. Strategin pekar också på att nya prognoser antar att elanvändningen kommer att öka ännu mer.²¹

Enligt Svenskt Näringslivs prognos, efter att flera stora industrisatsningar offentliggjorts under 2020/2021, förväntas elanvändningen uppgå till 240 TWh till år 2045.²² Scenarion av Svenska Kraftnät visar på ett totalt elbehov mellan 173–286 TWh vid 2045.²³ Vartannat år presenterar Energimyndigheten långsiktiga scenarier över Sveriges energianvändning. I mars 2023 presenterade Energimyndigheten sina nya långtidsscenarier, där det lägst scenariot för elanvändningen 2050 ligger på 228 TWh medan det så kallade högelektrifieringsscenariot landar på 349 TWh.²⁴

Det ökade behovet av elproduktion beror i samtliga scenarier till stor del på behovet av att fasa ut fossila bränslen, till förmån för elektrifiering. Elektrifiering innebär samtidigt energieffektivisering, då klassiska förbränningsprocesser som präglas av värmeförluster ersätts med processer som drivs genom elektrisk energi, däremot måste andelen elektrisk energi i energimixen höjas avsevärt. Elektrifieringen omfattar flertalet sektorer, bl.a. transporter och industri. Läs mer om elektrifiering under avsnitt 5.1 nedan.

Befintlig vindkraft måste ersättas och det behöver tillkomma stora mängder av ny vindkraft. En viktig aspekt är att utbyggnaden av vindkraft fördelas på ett lämpligt sätt över landet utifrån ett elförsörjningsperspektiv och med hänsyn till markanvändningsintressen. Enligt den nationella strategin för vindkraft har Dalarnas län ett utbyggnadsbehov på 7,5 TWh.²⁵

4. VINDKRAFTENS KLIMATPÅVERKAN

4.1. Vindkraftverk ur ett livscykelperspektiv

Vid elproduktionen från ett vindkraftverk uppstår i princip inga växthusgasutsläpp. Genom livscykelanalys har det konstaterats att utsläppen är en följd av tillverkning, råmaterial, montering, underhåll, nedmontering och materialåtervinning. Vindkraften är sammantaget bland de kraftslagen med lägst växthusgasutsläpp.²⁶ Se stycke 2.5.3 för jämförelse med andra kraftslag.

Energi

Energi används när vindkraftverk tillverkas, vid utvinning av metaller och material, installation, transport, nedmontering och avfallshantering/återvinning. Den mängd energi som går åt vid dessa processer brukar jämföras med hur mycket energi som

²¹ Energimyndigheten & Naturvårdsverket, 2021, Nationell strategi för en hållbar vindkraft

²² https://www.svensktnaringsliv.se/bilder_och_dokument/4zb3wy_sn-21050-240-twh-rapportpdf_1172030.html/SN+21050+240+TWh+Rapport.pdf

²³ https://www.svk.se/siteassets/om-oss/rapporter/2021/langsiktig-marknadsanalys-2021_executive-summary.pdf

²⁴ <https://www.energi.se/artiklar/2023/mars-2023/elanvandningen-okar-kraftigt-till-2050-men-manga-osakerhetsfaktorer/>

²⁵ Energimyndigheten & Naturvårdsverket, 2021, Nationell strategi för en hållbar vindkraft

²⁶ http://www.energimyndigheten.se/globalassets/fornybart/strategi-for-hallbar-vindkraftsutbyggnad/vindkraftens-resursanvandning_slutversion-20210127.pdf

produceras under vindkraftens livslängd. När det gäller landbaserad vindkraft tar det runt ett halvår för vindkraftverket att producera den mängd energi som förbrukats vid tillverkning, uppförande och nedmontering av verket.²⁷

Större vindkraftverk (med större installerad effekt) är mer effektiva ur detta perspektiv, då det tar kortare tid för dem att producera lika mycket energi som insatsenergin. Vindkraftverken som byggs i Sverige idag har i stor utsträckning en effekt på över 4 MW, det innebär att de producerar el motsvarande sin insatsenergi på runt 3 månader. I produktionsberäkningar för Trollugnsberget vindpark har man utgått från turbiner med en effekt på 8-10 MW. Turbiner med denna effekt skulle sannolikt innebära att växthusgasutsläppen minskar ytterligare per producerad kilowattimme.

Tidigare uppförda vindkraftverk har en livslängd på mellan 20–25 år vilket betyder att verken producerar el motsvarande 20 till 100 gånger mer än den energin som krävs för tillverkning, uppförande och nedmontering.²⁸ Den tekniska livslängden för moderna vindkraftverk är cirka 30-35 år och bedöms vara cirka 40–45 år vid tiden för eventuell byggnation av Trollugnsberget.

Växthusgasutsläpp

Utsläppen av växthusgaser från vindkraftverken uppkommer vid tillverkning där råmaterialen bryts och förädlas, i fabriken där vindkraftverket produceras, när de sätts upp, vid underhåll och reparationer samt vid nedmontering och materialåtervinning. Genom livscykelanalys kan den samlade påverkan per kWh producerad el beräknas och jämföras med andra kraftslag. IPCC har i deras syntesrapport (AR5) sammanställt livscykelutsläpp för olika elproduktionsslag, vilket bygger på studier genomförda över hela världen. Växthusgasutsläppen räknas i form av gram koldioxidekvivalenter per kilowattimme (gCO₂e/kWh). När det gäller vindkraft är utsläppen, enligt deras studie, ca 11 gCO₂e/kWh. Det finns även livscykelanalyser som resulterar i utsläpp av växthusgaser på mellan 7 och 56 gCO₂e/kWh för vindkraft, beroende på typ av vindkraftverk och andra förhållanden. Det är små vindkraftverk som står för det högre intervallet.²⁹ En annan rapport av FN (2021) visar att växthusgasutsläpp från vindkraft ligger på mellan 7.8 och 16 g CO₂e/kWh för landbaserad vindkraft respektive mellan 12 och 23 CO₂e/kWh för havsbaserad vindkraft.³⁰

Vattenfall AB har genomfört livscykelanalyser för nyare vindkraftverk, som resulterat i lägre växthusgasutsläpp, på 6–7 g CO₂e/kWh. Anledningen till de betydligt lägre utsläppen bedöms främst vara att turbinerna är större och kommer generera mer energi.³¹

²⁷ http://www.energimyndigheten.se/globalassets/fornybart/strategi-for-hallbar-vindkraftsutbyggnad/vindkraftens-resursanvandning_slutversion-20210127.pdf

²⁸ http://www.energimyndigheten.se/globalassets/fornybart/strategi-for-hallbar-vindkraftsutbyggnad/vindkraftens-resursanvandning_slutversion-20210127.pdf

²⁹ http://www.energimyndigheten.se/globalassets/fornybart/strategi-for-hallbar-vindkraftsutbyggnad/vindkraftens-resursanvandning_slutversion-20210127.pdf https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc_wg3_ar5_full.pdf

³⁰ <https://unece.org/sites/default/files/2021-10/LCA-2.pdf>

³¹ <https://group.vattenfall.com/se/nyheter-och-press/nyheter/2019/nya-vindkraftverk-ger-lagre-klimatavtryck>

Svavelhexafluorid (SF₆) är en gas som har en betydande växthuseffekt. Gasen används i dagsläget i ställverk som finns i vindparker samt förekommer vid andra kraftslag, men arbete pågår att hitta mer hållbara alternativ. Vid livscykelanalyser för vindkraftverk har ett totalt läckage av SF₆ uppgått till 5 procent. Det innebär att utsläpp av SF₆ på ca 0,08 g CO₂e/kWh för vindkraftverk, knappt utgör en procent av det totala livscykelutsläppet för ett vindkraftverk. Det har även räknats på att om all SF₆ från en vindpark skulle släppas ut skulle utsläppen öka med 1–2 g CO₂e/kWh. Det pågår på flera håll initiativ för att hitta ekonomiskt gångbara alternativ för att ersätta SF₆-gas som isolations- och brytmedium inom exempelvis ställverk. Ställverk utan SF₆-gaser har bland annat nyltjats vid vindkraftsinstallationer i Danmark.³²

4.2. Påverkan från förändrad markanvändning

Etablering av vindparker innebär ett koldioxidavtryck på grund av förändrad markanvändning. Påverkan uppkommer då skog avverkas för att möjliggöra anläggning av hårdgjorda ytor som vägar och uppställningsplatser.

Skogen bidrar till att bromsa klimatförändringen då träd och andra växter tar upp koldioxid som lagras i olika kolföreningar när de växer. Utan den svenska skogen skulle landets koldioxidutsläpp till atmosfären vara mycket större än vad de idag är.³³ En uppskattning är att skogen binder 1,375 ton koldioxid per m³, motsvarande 279 ton/ha.^{34 35} Vid anläggande av en vindpark behöver ytor hårdgöras, vilket resulterar i mindre ytor för träd/kolsänkor.

För anläggningen av en vindpark behöver en yta på omkring 2,5–3,5 ha per turbin avverkas, *se teknisk beskrivning i bilaga B till ansökan*. Hela denna yta kommer dock inte att utgöra hårdgjorda ytor. Den tekniska livslängden för moderna vindkraftverk är cirka 30 år och bedöms vara cirka 40-45 år vid tiden för byggnation av Trollugnsberget vindpark.

Med antagandet att Trollugnsberget vindpark har en livslängd på 45 år, med en turbin som producerar 28 GWh/år (vilket beräknas vara i det lägre intervallet för Trollugnsberget vindpark) blir koldioxidavtrycket på grund av förändrad markanvändning 0,8 g/kWh. Se tabell 1 nedan för beräkningsexempel.

³² http://www.energimyndigheten.se/globalassets/fornybart/strategi-for-hallbar-vindkraftsutbyggnad/vindkraftens-resursanvandning_slutversion-20210127.pdf

³³ <https://www.skogsstyrelsen.se/globalassets/mer-om-skog/skogsskotselserien/skogsskotselserien-21-skogens-kolbalans-och-klimatet-2020-.pdf>

³⁴ <https://www.naturvardsverket.se/data-och-statistik/klimat/vaxthusgaser-nettoutslass-och-nettoupptag-fran-markanvandning/>

³⁵ <https://www.slu.se/centrumbildningar-och-projekt/riksskogstaxeringen/statistik-om-skog/senaste-statistiken/produktiv-skogsmark/>
https://www.slu.se/globalassets/ew/org/centrb/rt/dokument/skogsdata/skogsdata_2020_webb.pdf

Tabell 1. Beräkningsexempel för förändrad markanvändning

Förändrad markanvändning		
Skogens CO ₂ -bindning	1,375	ton/m ³
Volym skog/ha	203	m ³ /ha
Uteblivet upptag per yta	279	ton/ha
Avverkning per turbin	3,5	ha
Uteblivet upptag per turbin	977	ton
Produktion per turbin	28	GWh/år
Livslängd	45	år
Koldioxidavtryck avverkning	0,8	g/kWh

4.3. Vindkraft jämfört med andra energikällor

Jämfört med fossil elproduktion har förnybar el och kärnkraftsel runt hundra gånger lägre utsläpp per kilowattimme. När det gäller solceller, vindkraftverk och kärnkraftverk sker i princip inga utsläpp vid elproduktionen, utan utsläppen orsakas framför allt vid uppförande av anläggningarna. Det spelar därmed stor roll vilka energikällor som används vid produktion. Ett exempel är solceller som produceras i Kina där kolkraft används och dessa bidrar därmed till högre utsläpp. IPCC har genom en sammanställning påvisat att elproduktion från solceller genererar utsläpp på runt 41 g CO₂e/kWh. Utsläppen för kärnkraft och vindkraft är ca 12 g CO₂e/kWh respektive 11 g CO₂e/kWh.³⁶

En annan studie av FN (2021) visar att kärnkraft står för ca 5.1-6.4 g CO₂e/kWh, att solceller ligger på mellan 8 och 83 g CO₂e/kWh medan växthusgasutsläpp från vindkraft ligger på mellan 7.8 och 16 g CO₂e/kWh för landbaserad vindkraft respektive mellan 12 och 23 CO₂e/kWh för havsbaserad vindkraft.³⁷

4.4. Återanvändning och återvinning av vindkraftverk

I de fall då vindkraftverk monteras ned innan komponenternas tekniska livslängd är slut kan de säljas vidare i sitt fullständiga skick eller säljas komponentvis (återanvändning). Det finns en fungerande andrahandsmarknad där vindkraftverk kan renoveras för att sedan monteras upp på andra platser. Det är svårare att förutse marknaden för större vindkraftverk, men även dessa har flyttats till andra platser och detta kan vara en möjlighet för större vindkraftverk i Sverige framöver.³⁸

Även komponenterna som återfinns i vindkraftverken kan renoveras och säljas vidare. Andrahandsmarknad för komponenterna finns och företag erbjuder också ombyggnadsservice av komponenterna. Om det inte finns möjlighet till återanvändning är de flesta delarna i ett vindkraftverk återvinningsbara. Materialet består främst av stål

³⁶ http://www.energimyndigheten.se/globalassets/fornybart/strategi-for-hallbar-vindkraftsutbyggnad/vindkraftens-resursanvandning_slutversion-20210127.pdf

³⁷ <https://unece.org/sites/default/files/2021-10/LCA-2.pdf>

³⁸ Ibid.

och järn, även mindre delar koppar och aluminium, vilka kan återvinnas i välbeprövade processer.

Återvinning av rotorblad (som huvudsakligen består av glasfiberkomposit) är svårare då incitamenten för återvinning varit låga eftersom kostnaden för jungfruligt material är relativt låg. Redan idag används komposit för så kallad återvinning t.ex. i cementindustrin. Det finns ett flertal olika kemiska återvinningsprocesser som är under utveckling där också materialströmmar från andra användningsområden för glasfiberkomposit kan tas omhand. Specifikt för rotorblad finns det olika initiativ för att återanvända hela eller delar av rotorblad som delar i andra strukturer, t.ex. broar.^{39 40} Den europeiska branschorganisationen Wind Europe gick 2021 ut med att de vill verkställa ett branschöverskridande deponiförbud för nedmonterade rotorblad från år 2025, vilket väntas öka investeringarna i forskning och utveckling av teknologier för återvinning.⁴¹

Ett forskningsprojekt av Research Institutes of Sweden (RISE) har exempelvis undersökt marknaden för återvunnet material från rotorbladen samt olika metoder för återvinning.⁴² Ett annat projekt som koordineras av RISE arbetar med återvinning av glasfiberkomposit där de även täcker in uttjänta glasfiberkomposit från vind-, båt-, fordons- och byggnadsindustrin.⁴³ Det har även utvecklats en ny teknik för återvinning av materialet i vindkraftverk som ska göra rotorbladen helt återvinningsbara.⁴⁴ Med denna teknik ska det bli möjligt att ta vara på alla epoxibaserade rotorblad, oavsett om de sitter i vindparker i dag eller har lagts på deponi. Det pågår också forskning inom återvinningsbara material som drivs av vindkraftstillverkare och det finns företag som redan idag tillverkar och installerar återvinningsbara rotorblad.⁴⁵

4.5. Beräkningar av klimatpåverkan för Trollugnsberget vindpark

Som nämns ovan så finns det livscykelanalyser som resulterar i utsläpp av växthusgaser på mellan 7 och 56 g CO₂e/kWh för vindkraft (beroende på typ av vindkraftverken och andra förhållanden, de små vindkraftverk står för det högre intervallet).

Livscykelanalyser som Vattenfall nyligen genomfört visar på CO₂ utsläpp på 6-7 gCO₂e/kWh⁴⁶.

Anläggningen av Trollugnsberget vindpark ligger flera år fram i tiden och det bedöms rimligt att använda beräkningar för växthusgasutsläpp som baseras på nyast möjliga data.

Förutsatt att växthusgasutsläpp är i samma storleksordning som Vattenfalls (7 gCO₂e/kWh) och att den förändrade markanvändningen medför ett koldioxidavtryck på

³⁹ Ibid.

⁴⁰ <https://www.compositesworld.com/news/anmet-installs-first-recycled-wind-turbine-blade-based-pedestrian-bridge>

⁴¹ <https://windeurope.org/newsroom/press-releases/wind-industry-calls-for-europe-wide-ban-on-landfilling-turbine-blades/>

⁴² <https://news.cision.com/se/ribe/r/sverige-behoover-ett-system-for-atervinning-av-vindturbinblad,c3250198>

⁴³ <https://www.vinnova.se/p/recomp---cirkulara-strommar-fran-glasfiberkomposit/>

⁴⁴ <https://www.vestas.com/en/media/company-news/2023/vestas-unveils-circularity-solution-to-end-landfill-for-c3710818>

⁴⁵ <https://www.siemensgamesa.com/newsroom/2022/09/092222-siemens-gamesa-press-release-onshore-recyclable-blade>

⁴⁶ <https://group.vattenfall.com/se/nyheter-och-press/nyheter/2019/nya-vindkraftverk-ger-lagre-klimatavtryck>

0,8 gCO₂e/kWh, så skulle Trollugnsberget vindpark bidra till koldioxidutsläpp på ca 7,8 gCO₂e/kWh.

5. VINDKRAFTENS KLIMATNYTTA

I IPCC:s rapport från 2022 beskrivs att kostnaderna för förnybar energi sjunkit kraftigt och att klimatlösningar som sol- och vindkraft, elfordon och batterilagring har utvecklats snabbt men att mer behöver göras för att fasa ut kol, olja och gas. Vind- och solkraft beskrivs som billiga åtgärder för att minska utsläppen av koldioxid.⁴⁷

5.1. Elektrifiering

Elanvändningen bedöms öka betydligt de närmsta åren, vilket innebär utmaningar för kraftsystemet.⁴⁸ När elanvändningen ökar i Sverige behöver elproduktionen i landet byggas ut i motsvarande grad, eftersom det annars skulle krävas import av el, som skulle kunna komma från fossila källor.

Det är i första hand industri- och transportsektorn som kommer att stå för merparten av tillkommande elanvändning.⁴⁹

Personbilar och andra lätta fordon släpper ut ca 12 miljoner ton koldioxid per år och en elektrifiering av dessa transporter skulle kräva en elproduktion på ca 12 TWh. Svensk ståltillverkning genererar koldioxidutsläpp på ca 5,8 miljoner ton (2016) och för att bli fossilfri bedömer industrin att ca 15 TWh el krävs för vätgasproduktion. En sådan elektrifiering, som dessa två exempel, kan innebära att 1 TWh vindkraft kan minska utsläppen av koldioxid med ca 600 000 ton. Klimatnyttan för elektrifiering är i samma storleksordning som när vindkraft ersätter kol- och gaskraft genom elexport till Europa.⁵⁰

När industriella verksamheter söker nya etableringsplatser är det numera en viktig faktor att den tillgängliga elen visar så låga koldioxidutsläpp som möjligt. Därav är regioner och kommuner med nästan 100 % förnybar energi från vattenkraft och vindkraft särskilt attraktiva för både nyetableringar och expansion av verksamheter.

5.2. Elexport

Samtidigt som vi ersätter fossila bränslen med el i transportsektorn och industrin, behöver vi också ställa om från fossil till förnybar elproduktion.⁵¹ Den klimatpolitiska handlingsplanen som togs fram av tidigare regering (2019) anger: *”Klimatpolitiken ska inte utformas så att utsläppen bara flyttar någon annanstans på grund av att t.ex.*

⁴⁷ <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/>

⁴⁸ <https://www.energimyndigheten.se/contentassets/ad60a337c1a74547b0a9438c50dccc4c/en-studie-av-elanvandningens-utveckling-per-lan-till-ar-2030.pdf>

⁴⁹ <https://www.energimyndigheten.se/contentassets/ad60a337c1a74547b0a9438c50dccc4c/en-studie-av-elanvandningens-utveckling-per-lan-till-ar-2030.pdf>

⁵⁰ https://7f94ab9b-b2cc-453c-8243-dd17bd82407f.filesusr.com/ugd/361822_ae969621597f47cc81601981ad4eae47.pdf

⁵¹ https://7f94ab9b-b2cc-453c-8243-dd17bd82407f.filesusr.com/ugd/361822_ae969621597f47cc81601981ad4eae47.pdf

industri eller andra verksamheter flyttar till länder med lägre miljökrav. Tvärtom kan Sverige bidra till minskade utsläpp även utanför Sverige genom att bidra till att klimatpolitiken kan skärpas inom EU och i andra länder, liksom genom att exportera klimatsmart energi och andra klimatsmarta lösningar.”⁵²

Fossila bränslen såsom kol, olja och gas uppgick 2020 till 37 procent av elproduktionen i EU.⁵³ En ökad vindkraftsproduktion i Sverige, och en ökad elexport, kan ersätta fossil elproduktion även i Europa. Genom ökad elexport underlättar vi för länder med fossil elproduktion, vilket ökar sannolikheten att dessa länder bidrar till ett mer ambitiöst klimatmål för EU och i förlängningen det globala klimatsamarbetet.⁵⁴ Energimyndighetens prognos är en framtida kraftigt ökad elexport bland annat på grund av den ökade elproduktionen från sol och vind. Produktionen av vindkraftsel förväntas öka med nästan det dubbla, från 27 TWh till 50 TWh till år 2025.⁵⁵

Den exakta CO₂-besparingen från elexporten är svår att beräkna och beror på vilka antaganden som görs om hur elsystemet utvecklas på kort och lång sikt, samt vilka begränsningar som finns när det gäller överföringskapacitet, inom och mellan länder. Utsläpp av koldioxid från kolkraften är ca 780 – 1000 gram per kWh, det kan dock inte antas att all svensk elexport reducerar kolkraft. Ett antagande är däremot att 1 TWh vindkraft minskar utsläppen med omkring 600 000 ton koldioxid.⁵⁶ Detta antagande baseras på flera olika studier, bland annat livscykelanalyser från Vattenfall, samt analyser av North European Energy Perspectives Project som kommit fram till att svensk elexport ersätter en produktionsmix som till 70–80 procent kommer från fossilbaserade kraftverk.⁵⁷

5.3. Beräkningar av klimatnytta Trollugnsberget vindpark

Den förväntade årsproduktionen för Trollugnsberget vindpark är ca 800 GWh/år. En vindkraftpark vid Trollugnsberget kan minska utsläppen av koldioxid med ca 480 000 ton/år. En mängd som motsvarar 240 procent av de samlade koldioxidutsläppen för hela det svenska inrikesflyget under 2020 (ca 200 000 ton)⁵⁸ eller motsvarar mer än 32 procent av de territoriella utsläppen av växthusgaser i Dalarna som 2020 uppgick till ca 1 480 000 ton.⁵⁹

Beräkningarna i avsnitt 3.3 grundar sig på bedömningen från Nätverket vindkraftens klimatnytta (2019), av att den samlade klimatnyttan med vindkraft är i storleksordningen 600 g/kWh. Detta är en samlad bedömning utifrån flera olika studier. Läs mer under avsnitt 2.5 Vindkraftens klimatnytta.

⁵² Referens: Klimatpolitisk handlingsplan (2019)

⁵³ https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/sv/ip_21_5554

⁵⁴ https://svenskvindenergi.org/wp-content/uploads/2019/10/Svensk_Vindenergi_F%C3%84RDPLAN_2040_rev-1.pdf

⁵⁵ <https://www.energimyndigheten.se/nyhetsarkiv/2022/prognos-kraftigt-okad-elexport-och-en-transportsektor-i-omvandling/>

⁵⁶ <https://svenskvindenergi.org/wp-content/uploads/2019/04/N%C3%A4tverket-Vindkraftens-klimatnytta-2019-04-16.pdf>

⁵⁷ <https://svenskvindenergi.org/wp-content/uploads/2019/04/N%C3%A4tverket-Vindkraftens-klimatnytta-2019-04-16.pdf>

⁵⁸ <https://www.naturvardsverket.se/data-och-statistik/klimat/vaxthusgaser-utslapp-fran-inrikes-transporter/>

⁵⁹ <https://nationellaemissionsdatabasen.smhi.se/>

Med antagandet att elförbrukningen för ett hushåll är 5 000 kWh/år^{60 61}, kan vindkraftverken förse 160 000 hushåll med el, eller räckta för att driva cirka 333 000 elbilar (baserat på att en bil i snitt kör 1 200 mil per år och att elbilen använder 2 kWh/mil).⁶²

Förklaring:

Rimlig ersättningsmix/elektrifiering = 600 g/kWh = 600 ton/GWh

800 GWh (vindkraftens produktion) * 600 ton/GWh (klimatnytta) =
480 000 ton CO₂ besparing per år

Befolkningsmängden i Smedjebackens kommun är 10 922 invånare (2022)⁶³. Förutsatt att den genomsnittliga invånaren i kommunen orsakar 10 ton konsumtionsbaserade utsläpp per person och år, blir de sammanlagda koldioxidutsläppen för invånarna i Smedjebackens kommun cirka 109 220 ton per år. Vindkraftverken i Trollugnsberget vindpark kan bidra till att minska utsläppen med cirka 480 000 ton, vilket motsvarar ca 439 procent av de konsumtionsbaserade utsläppen i kommunen.

6. SAMLAD BEDÖMNING

Etablering av vindparken Trollugnsberget kommer att innebära begränsad klimatpåverkan, i form av bl.a. utsläpp som genereras under framställningen av vindkraftverkens komponenter, anläggandet av vindparken, samt förändrad markanvändning (som innebär ett uteblivet koldioxidupptag). Baserat på de beräkningar som presenterats i aktuellt underlag genererar vindkraften utsläpp av växthusgaser motsvarande 7,8 gCO₂e/kWh (beräkningar från livscykelanalys + förändrad markanvändning).

En vindkraftpark som Trollugnsberget kan bidra till att Sverige kan uppnå sina klimatmål, det nationella behovet av landbaserad vindkraft och riksdagens mål om helt förnybar elproduktion år 2040. Trollugnsberget kan även bidra till Dalarnas utbyggnadsbehov (7,5 TWh) och förse länen totalt med omkring 800 GWh elproduktion om året, samt minska utsläppen av koldioxid med 480 000 ton om året genom att bidra till elektrifiering och undantränga kol- och gaskraft genom elexport.

Även om klimatpåverkan från vindparken är mycket begränsad, i förhållande till den stora klimatnytta som den bedöms medföra, så kan klimatpåverkan minskas ytterligare. Den största delen av vindparkens klimatpåverkan utgörs av materialutvinning och

⁶⁰ <https://www.energimarknadsbyran.se/el/dina-avtal-och-kostnader/elkostnader/elforbrukning/normal-elforbrukning-och-elkostnad-for-villa/>

⁶¹ <https://www.energimarknadsbyran.se/el/dina-avtal-och-kostnader/elkostnader/elforbrukning/normal-elforbrukning-och-elkostnad-for-lagenhet/>

⁶² Vattenfall, Räcker elen till bilarna <https://www.vattenfall.se/fokus/eldrivna-transporter/racker-elen-till-elbilarna/>

⁶³ <https://www.smedjebacken.se/kommun-och-politik/fakta-om-kommunen/befolkningsstatistik.html>

tillverkning av vindkraftverkens olika delar samt betong till fundament.⁶⁴ OX2 arbetar med att sänka klimatpåverkan hos leverantörer genom branschorganisationer och miljökrav i upphandlingar. Även om utsläppen som uppstår på byggarbetsplatsen är små i förhållande till helheten så vidtas även åtgärder för att t.ex. begränsa och effektivisera transporter, ställa om till mer elektrifierade transporter och förbättra avfallshanteringen.

7. REFERENSER

Composites World (2021) Anmet installs first recycled wind turbine blade-based pedestrian bridge. Materials. <https://www.compositesworld.com/news/anmet-installs-first-recycled-wind-turbine-blade-based-pedestrian-bridge>

Energimarknadsbyrån (2021) Normal elförbrukning och elkostnad för villa <https://www.energimarknadsbyran.se/el/dina-avtal-och-kostnader/elkostnader/elforbrukning/normal-elforbrukning-och-elkostnad-for-villa/>

Energimarknadsbyrån (2021) Normal elförbrukning och elkostnad för lägenhet <https://www.energimarknadsbyran.se/el/dina-avtal-och-kostnader/elkostnader/elforbrukning/normal-elforbrukning-och-elkostnad-for-lagenhet/>

Energimyndigheten (2021) Vindkraftens resursanvändning – underlag till Nationell strategi för en hållbar vindkraftsutbyggnad. Ett livscykelperspektiv på vindkraftens resursanvändning och växthusgasutsläpp http://www.energimyndigheten.se/globalassets/fornybart/strategi-for-hallbar-vindkraftsutbyggnad/vindkraftens-resursanvandning_slutversion-20210127.pdf

Energimyndigheten (2022) Energimyndighetens prognos: kraftigt ökad elexport och en transportsektor i omvandling <https://www.energimyndigheten.se/nyhetsarkiv/2022/prognos-kraftigt-okad-elexport-och-en-transportsektor-i-omvandling/>

Energimyndigheten (2022) COP27 FN:s klimatmöte 2022 <https://www.energimyndigheten.se/klimat--miljo/internationella-klimatinsatser/fns-klimatkonferenser/cop27/>

Energimyndigheten (2022) Energiläget 2022 – en översikt <https://energimyndigheten.a-w2m.se/Home.mvc?ResourceId=208636>

Energimyndigheten (2020) En studie av elanvändningens utveckling per län till år 2030 <https://www.energimyndigheten.se/contentassets/ad60a337c1a74547b0a9438c50dccc4c/en-studie-av-elanvandningens-utveckling-per-lan-till-ar-2030.pdf>

⁶⁴ <https://unece.org/sites/default/files/2021-10/LCA-2.pdf>

Energimyndigheten (2019) Så kan 100 procent förnybar elproduktion se ut
<https://www.energimyndigheten.se/nyhetsarkiv/2019/sa-kan-100-procent-fornybar-elproduktion-se-ut/>

Energimyndigheten & Naturvårdsverket (2021) Nationell strategi för en hållbar vindkraft http://www.energimyndigheten.se/globalassets/fornybart/strategi-for-hallbar-vindkraftsutbyggnad/er-2021_02.pdf

EPD (2019) Certified Environmental Product Declaration EPD of Electricity from Vattenfalls Wind Farms. <https://gryphon4.environdec.com/system/data/files/6/15230/S-P-01435%20EPD%20Electricity%20from%20Vattenfall%20wind%20farms.pdf>

European Commission (2020) Tillståndet i energiunionen 2021: mer energi från förnybara källor än från fossila bränslen i EU
https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/sv/ip_21_5554

FN (United Nations Economic Commission For Europe) (2021) Life Cycle Assessment of Electricity Generation Options <https://unece.org/sites/default/files/2021-10/LCA-2.pdf>

IPCC (2014) Climate change 2014 mitigation of climate change – Working group III contribution to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change , chapter 7.8.1,
https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc_wg3_ar5_full.pdf

IPCC (2021) AR6 Climate Change 2021: The Physical Science Basis
<https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>

IPCC (2022) Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability
<https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/>

Länsstyrelsen Dalarnas län (2019) Regional energi- och klimatstrategi 2019 – På väg mot ett energiintelligent och klimatsmart Dalarna 2045
<https://www.lansstyrelsen.se/dalarna/tjanster/publikationer/2019/regional-energi--och-klimatstrategi-2019.-pa-vag-mot-ett-energiintelligent-och-klimatsmart-dalarna-2045.html>

Naturvårdsverket (u.å.) Fossila bränslen
<https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/klimatomstallningen/omraden/klimatet-och-energin/fossila-branslen/>

Naturvårdsverket (u.å.) Vad är genomförandestöd?
<https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/klimatomstallningen/det-globala-klimatarbetet/parisavtalet/vad-ar-genomforandestod/>

Naturvårdsverket (u.å.) Data och statistik <https://www.naturvardsverket.se/data-och-statistik/>

Naturvårdsverket (u.å.) Nettoutsläpp och nettoupptag av växthusgaser från markanvändning (LULUCF) <https://www.naturvardsverket.se/data-och-statistik/klimat/vaxthusgaser-nettoutslopp-och-nettoupptag-fran-markanvandning/>

Nätverket Vindkraftens klimatnytta (2019) Svensk vindkraft kan minska klimatutsläppen med 50 procent <https://svenskvindenergi.org/wp-content/uploads/2019/04/N%C3%A4tverket-Vindkraftens-klimatnytta-2019-04-16.pdf>

Regeringskansliet (u.å.) Parisavtalet <https://www.regeringen.se/regeringspolitik/parisavtalet/>

Regeringskansliet (2021) FN:s klimattoppmöte COP26 i Glasgow <https://www.regeringen.se/artiklar/2021/11/fns-klimattoppmote-cop26-i-glasgow/>

Regeringskansliet (2019) Regeringens proposition 2019/20:65 En samlad politik för klimatet – klimatpolitisk handlingsplan <https://www.regeringen.se/4a9c81/contentassets/61f93d2abb184289a0c81c75395207b6/en-samlad-politik-for-klimatet--klimatpolitisk-handlingsplan-prop.-20192065>

Region Dalarna (2021) Dalastrategin 2030 <https://www.regiondalarna.se/dalastrategin/>

RISE (2020) Sverige behöver ett system för återvinning av vindturbinblad <https://news.cision.com/se/rise/r/sverige-behoover-ett-system-for-atervinning-av-vindturbinblad,c3250198>

RISE (2018) ReComp - Cirkulära strömmar från glasfiberkomposit <https://www.vinnova.se/p/recomp---cirkulara-strommar-fran-glasfiberkomposit/>

SCB (2019) Genomförandet av Agenda 2030 i Sverige Statistisk lägesbild 2019 <https://www.scb.se/hitta-statistik/statistik-efter-amne/miljo/miljoekonomi-och-hallbar-utveckling/indikatorer-for-hallbar-utveckling/pong/publikationer/uppfoljning-av-agenda-2030/>

Siemens Gamesa (2022) Commanding circularity: Siemens Gamesa announces RecyclableBlade for onshore wind power projects <https://www.siemensgamesa.com/newsroom/2022/09/092222-siemens-gamesa-press-release-onshore-recyclable-blade>

Skogsstyrelsen (2020) Skogens kolbalans och klimatet <https://www.skogsstyrelsen.se/globalassets/mer-om-skog/skogsskotselserien/skogsskotselserien-21-skogens-kolbalans-och-klimatet-2020.pdf>

SLU (u.å.) Produktiv skogsmark <https://www.slu.se/centrumbildningar-och-projekt/riksskogstaxeringen/statistik-om-skog/senaste-statistiken/produktiv-skogsmark/>

SLU (2020) Skogsdata 2020

https://www.slu.se/globalassets/ew/org/centrb/rt/dokument/skogsdata/skogsdata_2020_webb.pdf

Smedjebackens kommun (2022) Befolkningsstatistik

<https://www.smedjebacken.se/kommun-och-politik/fakta-om-kommunen/befolkningsstatistik.html>

Smedjebackens kommun (2018) Översiktsplan

<https://www.smedjebacken.se/download/18.6876748b1764c6eeaae724ac/1608201102615/C3%96versiktsplan.pdf>

SMHI (2022) Nationella emissionsdatabasen

<https://nationellaemissionsdatabasen.smhi.se/>

SMHI (2021) Huvudbudskap FNs klimatpanels rapport 2021 ”Den naturvetenskapliga grunden” <https://www.smhi.se/klimat/ipcc/huvudbudskap-1.174301>

SMHI (2023) Huvudslutsatser i IPCC:s rapport ”Klimat i förändring 2023 – Syntesrapport” <https://www.smhi.se/nyhetsarkiv/huvudslutsatser-i-ipcc-s-rapport-klimat-i-forandring-2022-syntesrapport-1.194052>

SMHI (2021) Klimatförändringen är tydlig redan idag

<https://www.smhi.se/kunskapsbanken/klimat/klimatet-forandras/klimatforandringarna-marks-redan-idag-1.1510>

SMHI (2021) RCP scenarier

<https://www.smhi.se/kunskapsbanken/klimat/klimatmodeller-och-scenarier/rcp-er-den-nya-generationen-klimatscenarier-1.32914#:~:text=RCP%3Aer%20C3%A4r%20inte%20klimatpolitiska,eller%20scenarier%20f%C3%B6r%20samh%C3%A4llets>

SMHI (2015) Framtidsklimat i Dalarnas län – enligt RCP-scenarier

https://www.smhi.se/polopoly_fs/1.165050!/Klimatologi_16%20Framtidsklimat%20i%20Dalarnas%20l%C3%A4n%20-%20enligt%20RCP-scenarier.pdf

Svensk Vindenergi (2019) 100 procent förnybart 2040 - Vindkraft för klimatnytta och konkurrenskraft https://svenskvindenergi.org/wp-content/uploads/2019/10/Svensk_Vindenergi_F%C3%84RDPLAN_2040_rev-1.pdf

Svenska Kraftnät (2019) Långsiktig marknadsanalys 2021 Executive summary -

Scenarier för elsystemets utveckling fram till 2050 https://www.svk.se/siteassets/om-oss/rapporter/2021/langsiktig-marknadsanalys-2021_executive-summary.pdf

Svenskt Näringsliv (2021) Vad innebär en elanvändning om 240 TWh år 2045 för det svenska elsystemet?

https://www.svensktnaringsliv.se/bilder_och_dokument/4zb3wy_sn-21050-240-twh-rapportpdf_1172030.html/SN+21050+240+TWh+Rapport.pdf

Sveriges miljömål (u.å.) Sveriges miljömål <https://sverigesmiljomal.se/miljomalen/>

Tidningen Energi (2023) Elanvändningen ökar kraftigt till 2050 – men många osäkerhetsfaktorer <https://www.energi.se/artiklar/2023/mars-2023/elanvandningen-okar-kraftigt-till-2050-men-manga-osakerhetsfaktorer/>

UNFCCC (2020) Sweden's long-term strategy for reducing greenhouse gas emissions https://unfccc.int/sites/default/files/resource/LTS1_Sweden.pdf

Vattenfall (2019) Nya vindkraftverk ger lägre klimatavtryck <https://group.vattenfall.com/se/nyheter-och-press/nyheter/2019/nya-vindkraftverk-ger-lagre-klimatavtryck>

Vattenfall (u.å.) Räcker elen till elbilarna? <https://www.vattenfall.se/fokus/eldrivna-transporter/racker-elen-till-elbilarna/>

Vestas (2023) Vestas unveils circularity solution to end landfill for turbine blades <https://www.vestas.com/en/media/company-news/2023/vestas-unveils-circularity-solution-to-end-landfill-for-c3710818>

Vestas (2017) Life Cycle Assessment of Electricity Production from an onshore V112-3.45 MW Wind Plant https://www.vestas.com/~/_media/vestas/about/sustainability/pdfs/v1123%2045mw_mk3a_iso_lca_final_31072017.pdf

Wind Europe (2021) Wind industry calls for Europe-wide ban on landfilling turbine blades <https://windeurope.org/newsroom/press-releases/wind-industry-calls-for-europe-wide-ban-on-landfilling-turbine-blades/>